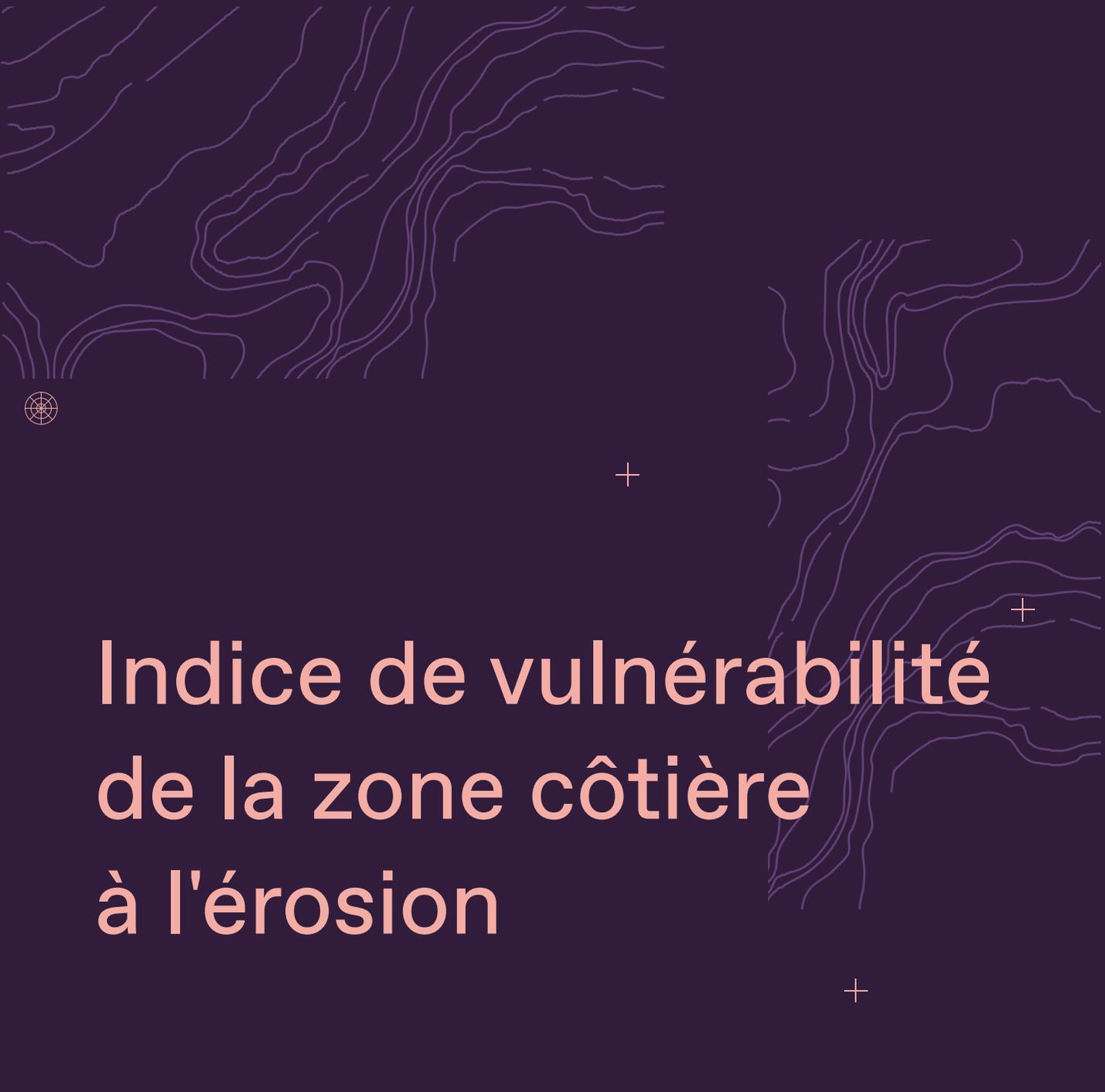




projet  
résilience  
côtière



# Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion



Laboratoire de dynamique  
et de gestion intégrée  
des zones côtières

Université du Québec  
à Rimouski

Septembre  
2021





# Projet Résilience côtière

## Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion

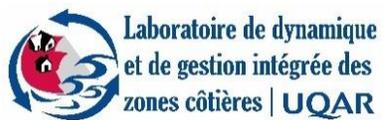
Rapport méthodologique

Présenté au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements  
climatiques



Sous la direction de :  
Guillaume Marie, Ph. D.

Septembre 2021



## **ÉQUIPE DE RÉALISATION**

### Responsables du projet Résilience côtière

**Pascal Bernatchez**, Ph. D.

Université du Québec à Rimouski

Département de biologie, chimie et géographie

Chaire de recherche en géoscience côtière

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC)

300, allée des Ursulines, case postale 3300

Rimouski (Québec) G5L 3A1

Téléphone : (418) 723-1986, poste 1257 (bureau) ou poste 1206 (laboratoire)

Télécopieur : (418) 724-1847

Courriel : [pascal\\_bernatchez@uqar.qc.ca](mailto:pascal_bernatchez@uqar.qc.ca)

<https://ldgizc.uqar.ca/Web/>

**Guillaume Marie**, Ph. D.

Université du Québec à Rimouski

Département de biologie, chimie et géographie

Chaire de recherche en géoscience côtière

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC)

Laboratoire d'Archéologie et de Patrimoine

Groupe de recherche sur les environnements nordiques Boréas

Groupe de recherche sur le patrimoine Archipel

300, allée des Ursulines, case postale 3300

Rimouski (Québec) G5L 3A1

Téléphone : (418) 723-1986, poste 1180 (bureau) ou poste 1206 (laboratoire)

Télécopieur : (418) 724-1847

Courriel : [guillaume\\_marie@uqar.qc.ca](mailto:guillaume_marie@uqar.qc.ca)

<https://ldgizc.uqar.ca>

### Coordination du projet Résilience côtière

**Susan Drejza**, M. Sc. Géographie, professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR

**Christian Fraser**, M. Sc., professionnel de recherche, LDGIZC, UQAR

### Recherche, analyse, rédaction

**Guillaume Marie**, Ph. D., professeur en géographie, UQAR

**Susan Drejza**, M. Sc. Géographie, professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR

**Clara Pelletier-Boily**, étudiante à la maîtrise en géographie, LDGIZC, UQAR

### Soutien géomatique

**Christophe Renaud**, étudiant au baccalauréat en géographie, LDGIZC, UQAR

**Marie-Claude Lévesque**, étudiante au baccalauréat en géographie, LDGIZC, UQAR

### Autres collaborateurs

**Céline Jacob**, Ph. D. Géographie, stagiaire postdoctorale au LDGIZC, UQAR et UQO

**Catherine Paul-Hus**, M. Env., Géographe, professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR

**Julia Verdun**, M. Env., professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR

### Chargés de projet au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)

**Guillaume Jeanmoye-Turcotte**, Géomorphologue, M. Sc. Géogr., M. Sc. Eau, DEH

**Sarah Aubé-Michaud**, Géomorphologue, M. Sc. Géogr., DEH

**Francis Bourret**, Biologiste, M. Sc, DAEMH

**Jean-Denis Bouchard**, Géologue, M. Sc., DEH

Version du 17 septembre 2021

### **RÉFÉRENCE COMPLÈTE**

Drejza, S., Marie, G., C. Pelletier-Boily, Fraser, C. et P. Bernatchez (2021) *Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion - Rapport méthodologique*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, septembre 2021, 209 p.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions les professeurs **Manon Savard** et **Richard St-Louis** de l'UQAR qui nous ont respectivement aidés à la notation des paramètres concernant les enjeux patrimoniaux et les risques pour l'environnement causés par les activités humaines.

Nous remercions également **Philippe Sauvé**, pour les échanges sur les ouvrages de protection côtière.

Nos remerciements s'adressent également à toutes les personnes des **municipalités, MRC et communautés autochtones** dans nos sites témoins qui nous ont aidés à obtenir tous les renseignements nécessaires à nos analyses en nous partageant les documents, cartes, photographies et autres documents pertinents.

Finalement, nous remercions tous les professionnels pour leurs réponses à notre sondage de pondération et à leur intérêt de nous aider à produire un outil qui leur sera utile.

Nous tenons à remercier le Gouvernement du Québec qui a financé ce projet via le PACC 2013-2020 -mesure 2.6



### Photographies de la page de couverture :

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR, septembre 2017 :  
MRC des Basques

## TABLE DES MATIÈRES

<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	9
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	11
<b>LISTE DES ÉQUATIONS</b> .....	13
AVANT-PROPOS .....	14
AVERTISSEMENT .....	15
1. Introduction.....	16
1.1 Qu'est-ce que la vulnérabilité aux aléas naturels ?.....	16
1.2 Pourquoi une analyse de vulnérabilité ?.....	17
1.3 Organisation du rapport.....	18
2. Les indices de vulnérabilité .....	19
2.1 À quoi servent les indices de vulnérabilité ? .....	19
2.2 Les différents types d'indices de vulnérabilité aux aléas côtiers .....	20
2.3 Les questions scientifiques.....	22
2.3.1 Comment adapter les indices à l'échelle géographique d'analyse ? .....	22
2.3.2 Comment prendre en compte de l'adaptation dans un indice de vulnérabilité ?	22
2.3.3 Comment intégrer la perception des risques et leur représentation dans un objectif de priorisation des sites ?.....	25
2.3.4 Comment intégrer les données socio-économiques de façon non redondante et pertinente ?.....	25
2.3.5 Comment intégrer les besoins des communautés via une pondération des indices par les acteurs ?.....	27
3. Méthodologie de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion.....	28
3.1 Principes généraux .....	28
3.1.1 Échelle de travail .....	29
3.1.2 Horizons de temps.....	29
3.1.3 Unité de base.....	30
3.1.4 Équation théorique.....	30
3.1.5 Système de notation des différents paramètres.....	31
3.1.6 Pondération par les futurs utilisateurs de l'indice .....	32

3.2	Liste des paramètres pris en compte dans notre indice .....	32
3.2.1	Nombre de paramètres retenus et choix des paramètres .....	32
3.2.2	Liste des paramètres .....	33
3.3	Description et notation de chacun des 22 paramètres de l'indice .....	35
3.3.1	Informations disponibles pour chacun des 22 paramètres.....	35
3.3.2	Paramètre E1 : Nombre d'habitants exposés.....	37
3.3.3	Paramètre E2 : Proportion de population vulnérable .....	41
3.3.4	Paramètre E3 : Niveau d'instruction de la population .....	44
3.3.5	Paramètre E4 : Bâtiment abritant des personnes sensibles .....	47
3.3.6	Paramètre E5 : Usages sociaux et récréotouristiques.....	50
3.3.7	Paramètre E6 : Enjeux patrimoniaux.....	54
3.3.8	Paramètre E7 : Enjeux économiques.....	58
3.3.9	Paramètre E8 : Réseaux d'infrastructures.....	61
3.3.10	Paramètre E9 : Niveau d'impact de la rupture du service routier .....	65
3.3.11	Paramètre E10 : Enjeux stratégiques .....	68
3.3.12	Paramètre E11 : Risques pour l'environnement causés par les activités humaines. .....	71
3.3.13	Paramètres E12 : Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion côtière .....	74
3.3.14	Paramètre A1 : Niveau de zonage des risques d'érosion côtière.....	79
3.3.15	Paramètre A2 : Niveau de réglementation liée aux risques naturels .....	81
3.3.16	Paramètre A3 : Mesures de protection structurelles.....	83
3.3.17	Paramètre A4 : Mesures de protection alternatives.....	85
3.3.18	Paramètre A5 : Existence de relocalisations .....	87
3.3.19	Paramètre A6 : Accès à l'information concernant les risques côtiers.....	89
3.3.20	Paramètre A7 : Niveau de préparation à une crise éventuelle .....	92
3.3.21	Paramètre A8 : Démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière ...	95
3.3.22	Paramètre A9 : Importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables / Connaissances des mesures d'adaptation les plus durables (pour la MRC GSL) .....	98
3.3.23	Paramètre A10 : Connaissance de l'érosion côtière (hors Basse-Côte-Nord).....	105
3.4	Pondération des paramètres par les acteurs du territoire .....	109
3.4.1	Les acteurs ayant participé à la pondération .....	109
3.4.2	Déroulement de la consultation des acteurs du territoire.....	110

3.4.3	Résultats de la pondération .....	111
3.4.4	Perception qu'ont les acteurs du territoire de la vulnérabilité à l'érosion côtière... .....	112
3.4.5	Limites de la méthode .....	113
3.5	Création des polygones de secteurs d'érosion.....	115
3.5.1	Justification du choix de la méthode.....	115
3.5.2	Détermination de l'évolution future de la côte .....	116
3.5.3	Présence de structures de protection .....	117
3.5.4	Divisions de la côte en secteurs d'analyse .....	118
3.5.5	Création des zones tampons (buffer) .....	119
3.5.6	Fichiers numériques produits.....	121
3.6	Équation pour les sous-indices.....	121
3.6.1	Sous-Indice des enjeux exposés .....	122
3.6.2	Sous-indice du niveau d'adaptation .....	123
3.6.3	Discrétisation des sous-indices.....	123
3.7	Matrice du niveau de vulnérabilité intégrant les deux sous-indices.....	125
3.8	Limites de la méthode .....	127
3.8.1	Évolution future des populations et activités économiques.....	127
3.8.2	Effet domino .....	127
4.	Territoires de développements retenus : 8 sites témoins .....	128
4.1	Site de Notre-Dame-des-Neiges/Trois-Pistoles (MRC des Basques) .....	130
4.1.1	Description du site.....	130
4.1.2	Résultats .....	132
4.2	Site de Mont-Louis/Sainte-Madeleine-de-la-Rivière-Madeleine (MRC de la Haute-Gaspésie) .....	137
4.2.1	Description du site.....	137
4.2.2	Résultats .....	140
4.3	Site de Baie-des-Sables, Saint-Ulric et Matane (MRC de La Matanie) .....	143
4.3.1	Description du site.....	143
4.3.2	Résultats .....	146

4.4	Site de Havre-Saint-Pierre (MRC de la Minganie) .....	150
4.4.1	Description du site.....	150
4.4.2	Résultats .....	152
4.5	Sites de la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent (Basse-Côte-Nord) .....	156
4.5.1	Choix des quatre villages étudiés .....	156
4.5.2	Kegaska.....	157
4.5.3	La Romaine/Unamen Shipu.....	161
4.5.4	Chevery.....	165
4.5.5	Blanc-Sablon .....	167
4.5.6	Résultats pour les sites de la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent.....	172
4.5.7	Particularités des villages isolés .....	174
4.6	Synthèse des résultats.....	176
5.	Conclusion .....	179
6.	Références.....	180
7.	Annexe : description des données numériques .....	190
7.1	Métadonnées pour les enjeux actuels et futurs.....	191
7.2	Métadonnées pour l'adaptation .....	199
7.3	Métadonnées pour les résultats.....	206

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Sites témoins .....	18
Figure 2. Représentation graphique de la conceptualisation de la vulnérabilité aux changements climatiques (Ionescu et al., 2009).....	23
Figure 3. Les différentes composantes de la vulnérabilité systémique (Meur-Ferec et al., 2020)	23
Figure 4. Exemple d'un indice de vulnérabilité appliqué à un enjeu spécifique : les infrastructures routières (Drejza et al., 2015).....	24
Figure 5. Schéma conceptuel de la quantification de la vulnérabilité .....	30
Figure 6. Schéma des différents réseaux qui peuvent être installés avec les mêmes poteaux ....	63
Figure 7. Répartition du score d'importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables pour les 15 MRC testées.....	100
Figure 8. Répartition du score de connaissance de l'érosion côtière pour les 15 MRC testées .	108
Figure 9. Structures des personnes ayant participé à la pondération .....	110
Figure 10. Graphique du résultat de la pondération du paramètre E3.....	113
Figure 11. Suite à la tempête du 6 décembre 2010 en Haute-Gaspésie, murs de béton et route partiellement détruits (Source des photos : MTQ) .....	117
Figure 12. Schéma méthodologique de division de la zone exposée à l'érosion en secteurs de 500 m.....	118
Figure 13. Schématisation des calculs des zones tampons .....	120
Figure 14. Matrice du niveau de vulnérabilité en fonction des niveaux d'Enjeux exposés et de Niveau d'adaptation .....	126
Figure 15. Carte de localisation du site des Basques .....	130
Figure 16. Vue hélicoptère oblique sur le site témoin des Basques .....	131
Figure 17. Limite est du site d'étude, quai du traversier de Trois-Pistole. Vue vers le secteur de côtes rocheuses sans falaises densément bâti.....	131
Figure 18. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2020 : Les Basques.....	132
Figure 19. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2070 : Les Basques.....	133
Figure 20. Vulnérabilité du secteur NDN-007 (BAS).....	134
Figure 21. Vulnérabilité du secteur NDN-002 (BAS).....	135
Figure 22. Vue vers les résidences du secteur TRP-003 (© LDGIZC, 2017) .....	136
Figure 23. Carte du site de la Haute-Gaspésie .....	137
Figure 24. Vue vers le fond de la baie de Mont-Louis.....	138
Figure 25. Route 132 située sur un remblai en pied d'une haute falaise rocheuse.....	138
Figure 26. Bas plateau habité bordé par une falaise est un estran rocheux.....	139
Figure 27. Flèche littorale de la rivière Madeleine et vue vers le village en arrière-plan .....	139
Figure 28. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2020 : Haute-Gaspésie...	140
Figure 29. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2070 : Haute-Gaspésie...	141
Figure 30. Carte de localisation du site de Baie-des-Sables, Saint-Ulric et Matane.....	144
Figure 31. Vue vers l'ouest sur les secteurs ULR-023, 024 et 025.....	145
Figure 32. Vue vers l'est sur le village de Baie-des-Sables (BDS-001) .....	145
Figure 33. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2020 : La Matanie .....	146

Figure 34. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2070 : La Matanie .....	147
Figure 35. Secteurs du centre du village de Saint-Ulric (2070) .....	148
Figure 36. Vulnérabilité du secteur BDS-001 (MAT).....	149
Figure 37. Carte de localisation du site de la Minganie .....	150
Figure 38. Secteur du centre-ville de Havre-Saint-Pierre.....	151
Figure 39. Vue vers l'est, secteurs ouest.....	152
Figure 40. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2020 : La Minganie .....	153
Figure 41. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2070 : La Minganie .....	154
Figure 42. Localisation des sites d'études de la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent.....	157
Figure 43. Localisation et type de côte, Kegaska.....	158
Figure 44. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion, Kegaska.....	159
Figure 45. Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière-segment KEG-005 et KEG- 010 .....	160
Figure 46. Exemple de déchets et d'ouvrage de protection côtière mal adaptés, segment KEG-005, Kegaska .....	161
Figure 47. Localisation et type de côte, La Romaine/Unamen Shipu.....	162
Figure 48. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion, Unamen Shipu/ La Romaine..	163
Figure 49. Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière, segment ROM-010.....	164
Figure 50. Photo oblique du segment ROM-010, 2019.....	164
Figure 51. Localisation et type de côte, Chevery .....	165
Figure 52. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion, Chevery.....	166
Figure 53:Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière, segment CHV-006, Chevery.....	167
Figure 54. Blanc-Sablon .....	168
Figure 55. Plage de l'ouest du village de Blanc-Sablon .....	169
Figure 56. Plage à l'ouest de Lourdes-de-Blanc-Sablon .....	169
Figure 57. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion, Blanc-Sablon.....	170
Figure 58. Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière, segment BSN-002, Blanc-Sablon.....	171
Figure 59. Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière, segment BSN-11, Blanc-Sablon.....	172
Figure 60. Synthèse des résultats de l'indice pour les sites de la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent .....	173
Figure 61. Synthèse des niveaux moyen des sous-indices d'Enjeux exposés, d'Adaptation et de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour les 8 sites témoins .....	177

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Paramètres étudiés.....	34
Tableau 2: Type de bâtiments selon les codes associés du rôle d'évaluation municipal.....	38
Tableau 3: Détails du score : « Nombre d'habitants exposés » .....	39
Tableau 4. Statistiques descriptives de la proportion de population vulnérable pour les aires de diffusion de l'Est du Québec.....	42
Tableau 5: Détails du score: « Population vulnérable » (<10ans et les 65 ans et +).....	42
Tableau 6. Statistiques descriptives des données d'éducation pour les aires de diffusion de l'Est du Québec .....	45
Tableau 7. Score du niveau d'instruction .....	45
Tableau 8. Liste des éléments retenus pour les bâtiments abritant des personnes sensibles .....	48
Tableau 9. Pointage des types d'éléments des enjeux sociaux.....	48
Tableau 10. Scores des secteurs pour la somme des enjeux sociaux .....	48
Tableau 11. Liste des éléments pouvant être retenus pour les usages sociaux et activités récréotouristiques .....	52
Tableau 12. Scores des usages sociaux et activités récréotouristiques .....	52
Tableau 13: Pointage des types d'enjeux patrimoniaux .....	56
Tableau 14. Scores des secteurs pour la somme des enjeux patrimoniaux.....	57
Tableau 15. Score attribué pour les enjeux économiques.....	60
Tableau 16. Scores si le réseau le plus affecté est un chemin non asphalté .....	63
Tableau 17. Scores si le réseau le plus affecté est une route municipale ou un réseau de distribution électrique, téléphone, câble, internet, aqueduc ou égout.....	63
Tableau 18. Scores si le réseau le plus affecté est une route nationale ou autoroute .....	64
Tableau 19. Scores de base pour paramètre E9 Niveau d'impact de la rupture de service .....	66
Tableau 20. Facilité à rétablir le service (et donc durée potentielle de la crise) .....	67
Tableau 21. Scores pour les enjeux stratégiques .....	69
Tableau 22. Scores des secteurs pour la somme des enjeux stratégiques .....	70
Tableau 23. Liste des éléments retenus pour les enjeux à risque environnemental.....	72
Tableau 24. Scores des secteurs pour la somme des enjeux à risque environnementaux.....	73
Tableau 25. Scores du principal écosystème selon la menace pesant sur celui-ci .....	76
Tableau 26. Pondération du score du principal écosystème selon sa valeur écologique.....	76
Tableau 27. Pondération du score du principal écosystème s.....	77
Tableau 28. Scores des niveaux de zonage des risques d'érosion côtière.....	80
Tableau 29. Scores des niveaux de réglementation liée aux risques côtiers .....	82
Tableau 30. Scores des types de solutions structurelles.....	84
Tableau 31. Scores des types de solutions d'adaptation alternatives adaptées au site (relocalisations, recharges, épis en bois/branches, génie écologique, banc d'essai, plantations végétales, restauration.....)	86
Tableau 32. Scores des expériences de relocalisation .....	88
Tableau 33. Pointage des types d'information sur les risques côtiers disponibles.....	90
Tableau 34. Score sur l'accès à l'information sur les risques côtiers disponibles.....	90

Tableau 35. Pointage des éléments de préparation à une crise éventuelle .....	93
Tableau 36. Score sur le niveau de préparation à une crise éventuelle .....	93
Tableau 37. Pointage des types de démarches locales de gestion .....	96
Tableau 38. Scores pour la démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière .....	96
Tableau 39. Calcul de l'indice d'importance relative des solutions d'adaptation les plus durables pour 5 sites étudiés .....	101
Tableau 40. Score du niveau d'importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables .....	102
Tableau 41. Score du niveau de connaissance des mesures d'adaptation les plus durables .....	103
Tableau 42. Réponses positives aux 3 modalités causant l'érosion côtière dans les 4 sites testés .....	106
Tableau 43. Score du niveau de connaissance de l'érosion côtière.....	107
Tableau 44. Pondération des 22 paramètres de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion.....	111
Tableau 45. Reculs événementiels pour les sites témoins (en mètre).....	116
Tableau 46. Résultats minimum et maximum théoriques des sous-indices.....	122
Tableau 47. Discrétisation des valeurs du sous-indice des Enjeux exposés.....	125
Tableau 48. Discrétisation des valeurs des sous-indices du niveau d'adaptation .....	125
Tableau 49. Sites témoins retenus pour l'application de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion .....	129
Tableau 50. Nombre de secteurs par niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 (BAS) .....	136
Tableau 51. Niveaux moyen, minimum et maximum des sous indices et de l'indice de vulnérabilité (BAS) .....	136
Tableau 52. Nombre de secteurs par niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 (HGA) .....	142
Tableau 53. Niveaux moyen, minimum et maximum des sous indices et de l'indice de vulnérabilité (HGA) .....	142
Tableau 54. Nombre de secteurs par niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 (MAT) .....	149
Tableau 55. Niveaux moyen, minimum et maximum des sous indices et de l'indice de vulnérabilité (MAT).....	149
Tableau 56. Nombre de secteurs par niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 (MIN).....	155
Tableau 57. Niveaux moyen, minimum et maximum des sous indices et de l'indice de vulnérabilité (MIN).....	155
Tableau 58. Liste des sites témoins pour la MRC de GSL .....	156
Tableau 59. Nombre de secteurs étudiés selon leur niveau de vulnérabilité à l'érosion côtière.....	178
Tableau 60. Données des polygones de secteurs d'érosion du FeatureClass « MRC_Polygones_Secteurs_2020 » et « MRC_Polygones_Secteurs_2070 ».....	190
Tableau 61. Données de la table de « Site_ParamètresEnjeux_2020 » et « Site_ParamètresEnjeux_2070 » .....	191
Tableau 62. Données de la table Adaptation « Site_ParamètresAdaptation » .....	199
Tableau 63. Données de la table Résultats « Site_Resultats ».....	206

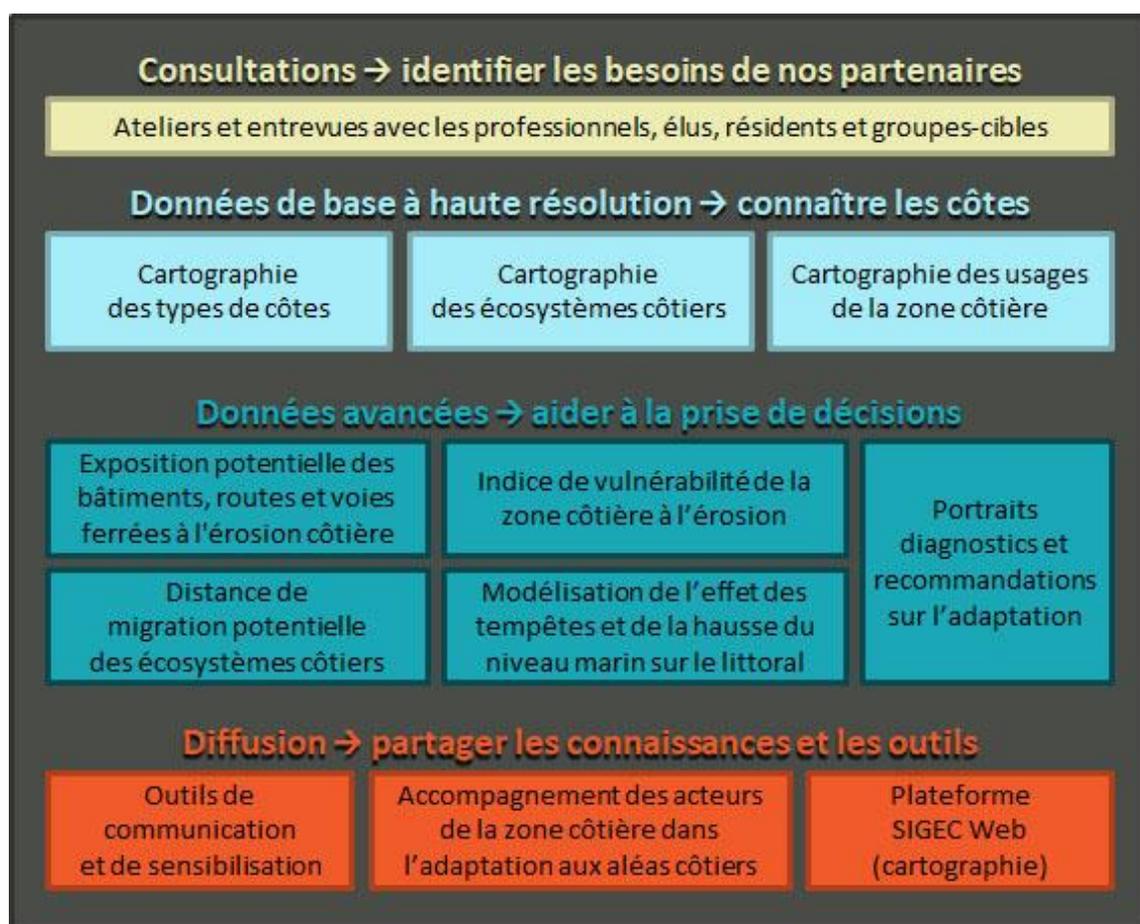
## **LISTE DES ÉQUATIONS**

Équation 1. Détermination de la profondeur des secteurs d'érosion.....	119
Équation 2. Sous-Indice des enjeux exposés.....	122
Équation 3. Sous-Indice du niveau d'adaptation.....	123

## AVANT-PROPOS

Le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski a mis en œuvre un projet de recherche-action intitulé « **Projet Résilience côtière : développement d'outils d'adaptation à l'érosion côtière pour les municipalités du Québec maritime** ». Ce projet, financé par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, s'est déroulé de janvier 2017 à décembre 2021. Afin de répondre aux nombreux besoins exprimés lors d'une vaste consultation avec les acteurs de la zone côtière, douze chantiers ont été mis en œuvre dans quatre thématiques : consultations, données de base, données avancées et diffusion.

Les résultats globaux sont présentés dans le rapport synthèse du projet, disponible sur le site web du LDGIZC (<https://ldgizc.ugar.ca/Web/projets/projet-resilience-cotiere#realisations>).



Pour plus de renseignements, consulter la page web du [projet Résilience côtière](#).

## AVERTISSEMENT

La présente étude a été réalisée à la demande du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), sous la responsabilité de la Direction de l'expertise hydrique. Elle a été financée par le Fonds vert dans le cadre du Plan d'action sur les changements climatiques (PACC) 2013-2020 du gouvernement du Québec.

Le MELCC n'est pas responsable de l'exactitude, de l'actualité et de la fiabilité du contenu de ce rapport. Les points de vue exprimés dans ce rapport émanent des auteurs et ne coïncident pas nécessairement avec ceux du ministère mentionné ci-haut.

## 1. Introduction

Ce rapport présente le chantier de l'**Indice de la vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion** du **Projet Résilience côtière** mené par le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski. Il fait partie intégrante de la série de rapports découlant de ce vaste projet ayant pour objectif le développement d'outils d'adaptation à l'érosion côtière répondant aux besoins des communautés côtières du Québec Maritime ([voir la page web du projet](#)).

Pour mettre au point un indice novateur quantifiant le niveau de vulnérabilité de la zone côtière et mener à bien l'analyse de vulnérabilité à l'érosion côtière appliquée à 8 sites témoins de l'Est du Québec qui est présentée dans ce rapport, nous avons bénéficié des données produites dans le cadre des autres chantiers du Projet Résilience côtière, en particulier la Cartographie des types de côtes du Québec maritime des côtes (Arsenault *et al.*, 2021) et la Cartographie des usages et des sites d'intérêt côtiers du Québec maritime (Paul-Hus *et al.*, 2021), mais aussi la Cartographie des écosystèmes côtiers du Québec maritime (Jobin *et al.*, 2021). Notre étude s'est aussi appuyée sur un autre outil d'aide à la décision développé dans le cadre du projet Résilience côtière visant à déterminer l'Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime (Touchette *et al.*, 2021). Les recherches menées sur la vulnérabilité à l'érosion côtière des communautés de l'Est du Québec constituent en quelque sorte une continuité de ces travaux. À noter enfin que ce rapport a aussi bénéficié des recherches menées par Clara Pelletier-Boily dans le cadre de sa maîtrise de géographie (Pelletier-Boily, 2021).

### 1.1 Qu'est-ce que la vulnérabilité aux aléas naturels ?

La vulnérabilité d'un système aux aléas naturels dépend de différents facteurs, qui ne sont pas forcément les mêmes selon les auteurs (Adger, 2006; Gallopín *et al.*, 2006; Meur-Ferec *et al.*, 2008) :

- du degré d'exposition aux aléas (potentialité qu'un enjeu puisse être affecté par ces aléas),
- de la sensibilité du système aux aléas (degré selon lequel un système répond à des perturbations),
- des enjeux exposés à l'aléa ou aux aléas,
- des pratiques de gestion mises en œuvre,
- de la capacité d'adaptation et de résilience des communautés exposées et des gestionnaires,
- des représentations que s'en font les usagers et les gestionnaires (perception).

Dans le cadre de ce projet de recherche, nous tiendrons compte de l'ensemble de ces éléments, même si les perceptions ne seront prises en compte qu'à la marge en raison des difficultés à avoir des données fiables et à les intégrer. Cette approche inclusive, qui n'oppose pas l'exposition aux aléas naturels et la vulnérabilité sociale, se rapproche du concept de vulnérabilité systémique, défendue par plusieurs auteurs (D'Ercole *et al.*, 1994 ; Meur-Ferec *et al.*, 2008, 2020).

Par ailleurs, cette vulnérabilité sera appréhendée à l'échelle de l'éco-socio-système, c'est-à-dire qu'elle tiendra compte à la fois des personnes, de leurs biens, de biens communs à la société (infrastructures, patrimoine, aménités, usages du territoire...) et des écosystèmes, ces différents éléments formant un ensemble complexe (Eakin et Luers, 2006). L'analyse de vulnérabilité ne concernera que l'érosion côtière, dans la mesure où le degré d'exposition précis des enjeux côtiers à la submersion est difficile à obtenir faute de données le long de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Il convient donc de conserver à l'esprit que l'analyse de vulnérabilité des communautés littorales proposée dans ce rapport, si elle peut servir de support à des décisions en termes d'adaptation aux changements climatiques ou d'aménagement du territoire, n'est que partielle. Elle constitue néanmoins un premier prototype d'outil intégrant de multiples paramètres et pouvant être utile pour discriminer des secteurs côtiers plus vulnérables.

La vulnérabilité peut être définie de nombreuses manières, parfois divergentes, selon les chercheurs et les champs de recherche (Adger, 2006; Paul, 2013; Nguyen *et al.*, 2016). Dans le cadre de notre étude, la **vulnérabilité d'un territoire** correspondra à **la propension ou prédisposition à subir un dommage ou un effet néfaste** (GIEC, 2014).

## 1.2 Pourquoi une analyse de vulnérabilité ?

Dans le cadre du projet Résilience côtière, nous avons souhaité mettre au point une méthodologie originale d'analyse de la vulnérabilité à l'érosion des territoires côtiers, par le biais d'un indice, adaptée aux données disponibles, aux besoins des acteurs de terrain et reproductible partout dans l'Est du Québec. Cela permet aussi de valoriser les données d'exposition et d'évolution côtière à notre disposition.

Pour cela nous avons réalisé une revue de littérature scientifique pour nous inspirer des nombreux travaux menés actuellement sur les indices de vulnérabilité aux aléas naturels, notamment en domaine côtier. Un choix conceptuel et méthodologique a été opéré, une réflexion sur les paramètres à prendre en compte menée et la récolte des données complétée. L'indice développé est adapté à l'ensemble de l'Est du Québec. Nous avons ensuite testé cette méthode sur 8 sites témoins (i.e. 171 km de côtes répartis dans les MRC des Basques, de La Matanie, La Haute-Gaspésie, La Minganie et le Golfe-du-Saint-Laurent) (figure 1).



Figure 1. Sites témoins

L'objectif de ces analyses de vulnérabilité est de servir d'outil d'aide à la décision pour les acteurs de l'aménagement du territoire puisqu'elles permettent de :

- Déterminer les portions les plus vulnérables d'un territoire afin de prioriser les sites où implanter des solutions d'adaptation.
- Localiser les « points chauds » en matière d'enjeux exposés dans un objectif de prévention et de gestion de crise.
- Faire une prospective à différents échelons temporels (2020 et 2070) à partir de l'exposition à l'érosion côtière estimée.

### 1.3 Organisation du rapport

Après avoir présenté rapidement les différentes approches présentes dans la littérature scientifique concernant les indices de vulnérabilité et les enjeux scientifiques en découlant, nous détaillerons la méthodologie développée dans le cadre de cette étude, avant d'exposer les résultats obtenus sur les différents sites témoins retenus.

## 2. Les indices de vulnérabilité

La vulnérabilité aux aléas naturels ou aux changements climatiques peut être définie de plusieurs façons :

- Exposition potentielle à une menace (Gabor et Griffith, 1980) ;
- Pertes associées à un événement (Cutter, 1996) ;
- Possibilité de futurs dommages (Wolf *et al.*, 2013) ;
- Capacité de réponse à des crises potentielles (D'Ercole *et al.*, 1994) ;
- Incapacité à faire face aux effets défavorables des aléas (McCarthy *et al.*, 2001) ;
- Propension ou prédisposition à subir un dommage ou un effet néfaste (GIEC, 2014), définition que nous avons retenue dans le cadre de cette étude.

Il en résulte plusieurs façons d'appréhender et donc d'évaluer la vulnérabilité d'un territoire. Si initialement les études sur la vulnérabilité étaient très centrées sur les aléas ou les forçages climatiques jusque dans les années 1980 (Füssel et Klein, 2006 ; Meur-Ferec *et al.*, 2020), les auteurs combinent désormais en général à la fois le degré d'exposition aux aléas (indicateurs physiques) et des indicateurs socio-économiques (Adger et Kelly, 1999 ; Cutter *et al.*, 2003 ; Morel *et al.*, 2006). La sensibilité du système aux aléas (ou aux perturbations) et la capacité d'adaptation mise en œuvre pour réduire ou éliminer les effets néfastes de ces aléas sur le système peuvent aussi être prises en compte (Adger, 2006 ; Füssel et Klein, 2006 ; Smit et Wandel, 2006).

Les analyses de vulnérabilité peuvent être menées de façon très simpliste à très complexe (analyses multicritères), avec une méthodologie qualitative (voir notamment la méthodologie proposée initialement par le GIEC (IPCC, 1991)) à totalement quantitative, en se basant sur des données scientifiques ou à partir des politiques mises en place ou des acteurs du territoire, parfois en les impliquant dans le processus d'évaluation de la vulnérabilité (Rothman et Robinson, 1997). L'utilisation d'indices pour évaluer la vulnérabilité s'est développée depuis les années 1980 et de nombreux indices ont été proposés (Füssel et Klein, 2006). La littérature spécifique aux indices de vulnérabilité aux aléas côtiers est elle-même très fournie (voir en particulier la revue proposée par Nguyen *et al.* (2016)). L'idée, dans le cadre de ce chapitre, n'est pas d'en faire la recension exhaustive, mais de présenter les principaux, ainsi que les questions de recherche qui émergent ou problèmes méthodologiques qui perdurent, et auxquelles nous avons tenté de répondre.

### 2.1 À quoi servent les indices de vulnérabilité ?

À partir de l'analyse de 45 études, Preston *et al.* (2011) ont identifié quatre objectifs principaux en lien avec l'évaluation de la vulnérabilité et leur cartographie :

- le développement et l'expérimentation de méthodes d'évaluation ;

- l'identification des déterminants de la vulnérabilité ;
- l'identification des risques et des niveaux de vulnérabilité ;
- l'aide à la décision.

Si le premier, d'ordre méthodologique et scientifique, intéresse davantage les chercheurs, les autres peuvent répondre à des préoccupations à la fois d'acteurs du territoire et de scientifiques. Dans le détail, l'élaboration d'un indice de vulnérabilité peut effectivement discriminer les facteurs qui augmentent ou diminuent la vulnérabilité (Boruff *et al.*, 2005), il permet aussi de comparer les endroits entre eux (Cutter *et al.*, 2003), de déterminer ainsi les sites les plus vulnérables selon des critères objectifs et scientifiques (Sterr, 2008; Nguyen *et al.*, 2016), ce qui peut permettre de prioriser les ressources à allouer pour des études ou pour l'adaptation (Cutter *et al.*, 2003; Füssel *et Klein*, 2006; Özyurt *et Ergin*, 2010). Cela permet aussi de trouver des solutions adaptées à la situation locale (Boruff *et al.*, 2005).

Plus globalement, l'utilisation d'un indice de vulnérabilité pour la prise de décision peut s'inscrire dans une logique de gestion intégrée de la zone côtière (Özyurt *et Ergin*, 2010), avec des objectifs sur le long terme de mitigation des effets des changements climatiques (Füssel *et Klein*, 2006).

Dans le cadre de cette étude, l'objectif était à la fois de développer une méthodologie originale, adaptée aux données disponibles et aux réalités du Québec maritime et intégrant des paramètres de divers ordres (exposition à l'érosion côtière, diversité des enjeux exposés, capacités d'adaptation), et de fournir un indice relativement simple à mettre en œuvre et pouvant servir d'outil d'aide à la décision pour les acteurs partenaires en distinguant des secteurs plus ou moins vulnérables à l'érosion côtière et prioriser éventuellement les sites d'implantation de solutions d'adaptation.

## 2.2 Les différents types d'indices de vulnérabilité aux aléas côtiers

Au cours des deux dernières décennies, plusieurs études ont porté sur la vulnérabilité des régions côtières à la hausse du niveau marin et aux tempêtes (Klein *et Nicholls*, 1999; Dolan *et Walker*, 2006; Colle *et al.*, 2008; Harvey *et Nicholls*, 2008; Arkema *et al.*, 2013) et plus récemment pour évaluer l'exposition de la population à l'échelle mondiale (Muis *et al.*, 2016). Ces études sont d'autant plus pertinentes considérant que la hausse du niveau marin mondial s'est accélérée au cours de la dernière décennie (Merrefield *et al.*, 2009; Church *et White*, 2011; Rahmstorf *et al.*, 2012) et que les dernières projections du GIEC (IPCC, 2019) estiment une hausse du niveau de la mer pouvant varier selon les scénarios de 0,29 à 1,10 m pour 2100 par rapport à la moyenne 1986-2005, hausse pouvant même atteindre 5,4 m pour 2300, avec une faible confiance. Les connaissances scientifiques actuelles permettent ainsi d'anticiper une recrudescence de certains aléas côtiers à court et moyen terme et une augmentation de leur intensité (Lozano *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2004; IPCC, 2013; 2019). Ces changements environnementaux entraîneront des modifications dans le rythme d'érosion et la fréquence de submersion des côtes basses. Dans les

régions côtières froides comme au Québec il faut également intégrer la diminution des glaces côtières et de la banquise (Senneville *et al.*, 2014) qui permettra aux vagues d'avoir des impacts sur une plus longue période dans l'année.

Des indices de vulnérabilité spécifiques aux zones côtières ont ainsi été développés dans de nombreuses régions du monde, en adaptant les critères au contexte local, aux données disponibles et aux objectifs des chercheurs. On peut distinguer six grands types d'indices :

- le *Coastal Vulnerability Index (CVI)*, développé initialement par Gornitz *et al.* (1994), et qui utilise uniquement des paramètres physiques pour évaluer la vulnérabilité d'une zone côtière (altitude, tectonique, type de roche, de côte, déplacement de la côte, marnage, hauteur des vagues), qui est en réalité plus un indice de sensibilité (un indice proche, nommé Coastal Sensitivity Index (CSI), a été développé par Abuodha et Woodroffe en 2010) ;
- le *Coastal Social Vulnerability Index (CSoVi)*, développé par Boruff *et al.* (2005) à partir du *Socio Vulnerability Index (SoVI)* proposé par Cutter *et al.* (2003), et qui intègre des paramètres sociaux (pauvreté, population, âge, ethnicité, logements, urbanisation...) ;
- le *Place Vulnerability Index (PVI)*, développé par la même équipe (Boruff *et al.*, 2005), associant le CVI et le CSoVi, et qui permet de classer le niveau de vulnérabilité côtière à l'échelle d'une entité administrative selon différentes intensités ;
- le *multi-scale coastal vulnerability index*, proposé par McLaughlin et Cooper (2010), et qui, comme le précédent indice, associe des caractéristiques physiques, dont les forçages marins, et des paramètres socio-économiques, mais qui correspondent cette fois-ci aux enjeux potentiellement menacés (population, patrimoine, infrastructures, terrains à statut de conservation) ;
- le *Coastal Risk Index (CRI)*, indice synthétique développé à partir d'une analyse multicritère par Bagdavičiūtė *et al.* (2019), et associant au CVI un *Coastal Exposure Index (CEI)*, basé, malgré son nom, sur les enjeux exposés comme dans le cas précédent ;
- un indice de suivi de la vulnérabilité systémique, proposé par Meur-Ferec *et al.* (2020), et intégrant des indicateurs issus de plusieurs composantes (aléas, enjeux, gestion, représentations).

Certains indices sont par ailleurs développés pour un type d'enjeu particulier, comme l'Indice de Vulnérabilité des Routes aux Aléas Côtiers (IVRAC), que nous avons développé au LDGIZC pour le Ministère des Transports du Québec (Drejza *et al.*, 2019), ou les indices de vulnérabilité des écosystèmes côtiers (par exemple celui de Ciccarelli *et al.* (2017)), pour un aléa particulier ou à une échelle d'analyse spécifique, à l'instar du *Coastal City Flood Vulnerability Index (CCFVI)* de Balica *et al.* (2012).

À noter que pour estimer l'exposition à l'érosion côtière, les paramètres utilisés sont toujours des proxys (type de côte, marnage, hauteur de vagues, parfois taux de déplacement...), jamais à notre connaissance l'exposition estimée de la zone côtière à cet aléa, par le biais de projections de la position future du trait de côte à différentes échelles temporelles ou selon différents scénarios

d'évolution, n'a été utilisée dans le cadre d'un indice de vulnérabilité, comme nous l'avons fait dans le cadre de la présente étude.

## 2.3 Les questions scientifiques

La revue de littérature nous a permis de faire ressortir cinq questionnements de recherche sur lesquels nous nous sommes positionnés et auxquelles nous avons proposé une réponse dans le cadre de la réalisation d'un indice de vulnérabilité de la zone côtière adapté aux objectifs que nous nous étions assignés et aux données disponibles.

### 2.3.1 *Comment adapter les indices à l'échelle géographique d'analyse ?*

Le choix de l'échelle d'analyse est extrêmement important lorsque l'on développe un indice de vulnérabilité, celle-ci devant répondre aux besoins des acteurs du territoire, comme cela a été souligné par McLaughlin et Cooper (2010). La première étape est donc de bien réfléchir en amont à cette échelle, en tenant compte de la résolution des variables disponibles, qui n'est pas toujours adaptée à celle-ci (Bonneti et Woodroffe, 2017). Étant donné l'intérêt, démontré dans la littérature (Nguyen *et al.*, 2016), d'une échelle fine pour déterminer les zones prioritaires afin de réduire la vulnérabilité, nous avons fait le choix d'une segmentation à haute définition de la côte, à l'instar de ce que nous avons pu mener au LDGIZC dans le cadre d'autres travaux (Drejza *et al.*, 2015 ; 2018 ; 2019).

L'analyse multiscalaire est par ailleurs pertinente, elle permet notamment de mieux comprendre le rôle des différents paramètres intervenant dans les capacités d'adaptation d'un territoire (Dolan et Walker, 2006). C'est la raison pour laquelle initialement nous souhaitions proposer deux indices à des échelles distinctes. Comme il n'existe pas de méthodologie convaincante pour quantifier et comparer la vulnérabilité à des échelles différentes selon l'espace considéré (Nguyen *et al.*, 2016), une méthode distincte aurait dû être développée. Par manque de temps et en raison de l'intérêt moindre selon nous d'une analyse à petite échelle (celle de l'Est du Québec par exemple avec un indice par municipalité côtière), également souligné dans la littérature (Hinkel, 2011), nous avons abandonné l'idée dans le cadre du projet Résilience côtière. Il existe néanmoins des indices pertinents à l'échelle municipale (Meur-Ferec *et al.*, 2008), voire à celle des pays (Yohe *et al.*, 2006 ; Peduzzi *et al.*, 2009).

### 2.3.2 *Comment prendre en compte de l'adaptation dans un indice de vulnérabilité ?*

Il existe plusieurs modèles théoriques de la vulnérabilité dans lesquels peuvent s'insérer la capacité d'adaptation d'une société à faire face aux effets défavorables d'un aléa naturel.

Dans la conceptualisation de la vulnérabilité aux changements climatiques popularisée par le GIEC (IPCC, 2001), les impacts potentiels, dépendant de l'exposition et de la sensibilité du système, sont réduits par sa capacité d'adaptation (figure 2). Dans le concept de vulnérabilité systémique, la capacité d'adaptation n'est pas clairement dissociée, mais elle est comprise dans deux des quatre composantes (figure 3) : la gestion et les représentations (Meur-Ferec *et al.*, 2020).

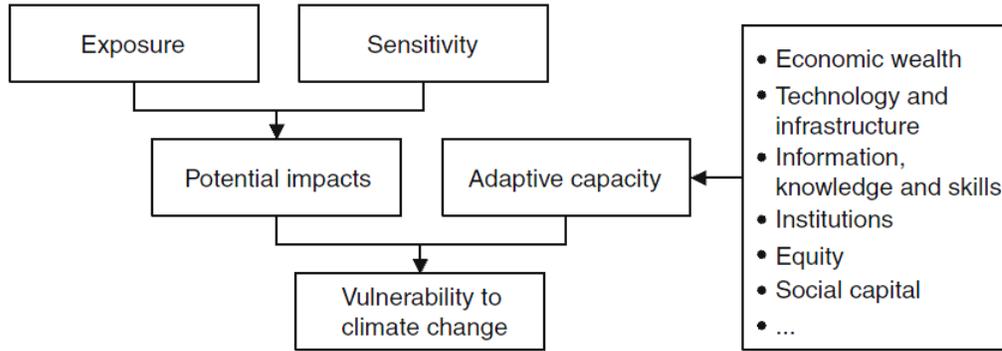


Figure 2. Représentation graphique de la conceptualisation de la vulnérabilité aux changements climatiques (Ionescu *et al.*, 2009)

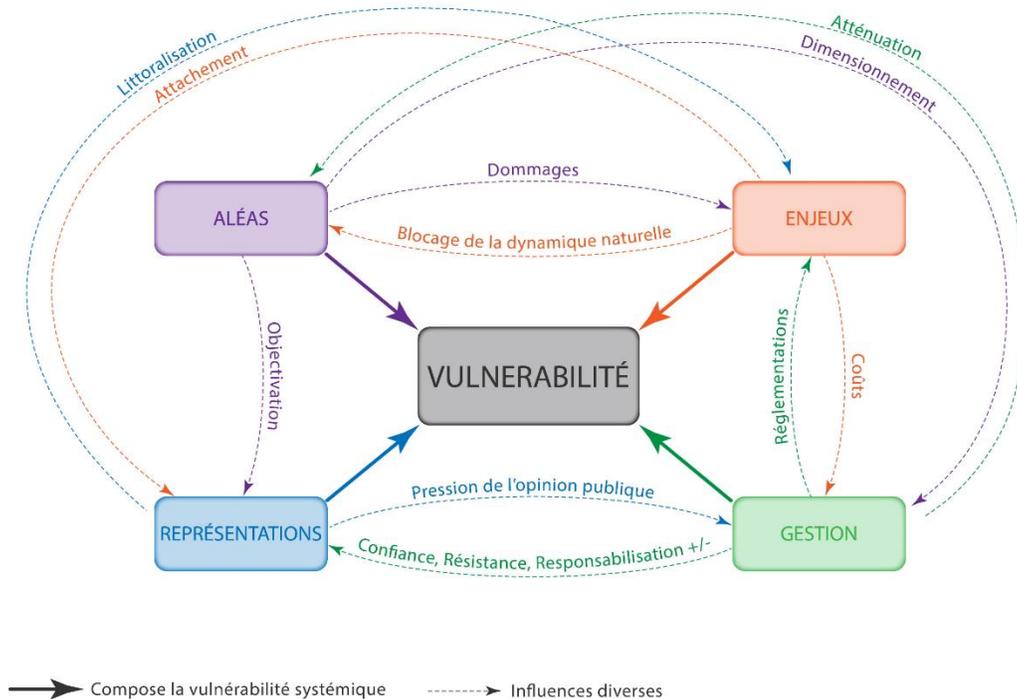


Figure 3. Les différentes composantes de la vulnérabilité systémique (Meur-Ferec *et al.*, 2020)

Cependant, de nombreux indices de vulnérabilité ne prennent pas en compte l'adaptation, même si c'est de moins en moins le cas. L'évaluation de la capacité d'adaptation peut tenir compte de l'accès à la richesse et de sa distribution, de la technologie et de l'information, de la perception et de la conscience des risques, du capital social et des cadres institutionnels essentiels pour faire face aux risques (Dolan et Walker, 2006).

Dans leur étude sur 53 indices de vulnérabilité, Nguyen *et al.* (2016) ont montré que 74 % d'entre eux tenaient compte des capacités d'adaptation, un pourcentage moindre que pour l'exposition ou la sensibilité du système, mais pour un tiers des études il ne s'agissait que de paramètres socio-économiques et une faible part tenait compte des capacités institutionnelles ou des politiques publiques. Plusieurs études, notamment au Québec, ont incorporé des paramètres influant plus directement sur les capacités d'adaptation comme les outils d'aménagement du territoire, les ouvrages de protection, les stratégies de développement durable, les plans de gestion de crise ou encore les actions de sensibilisation (Meur-Ferec, 2008; 2020; Thomas *et al.*, 2012; Drejza *et al.*, 2015; 2018; 2019). Nous tenions à ce que cela soit le cas dans la présente étude, à l'instar d'autres indices que nous avons pu développer par le passé (figure 4). D'ailleurs, l'objectif d'une étude sur la vulnérabilité est souvent d'obtenir des informations sur la nature de celle-ci, ses composants et ses déterminants, afin d'identifier les moyens d'accroître la capacité d'adaptation et de réduire la sensibilité aux aléas (Smit et Wandel, 2006). Intégrer les capacités d'adaptation du système à l'indice de vulnérabilité est donc essentiel et préconisé (Adger, 2006; Nguyen *et al.*, 2016).

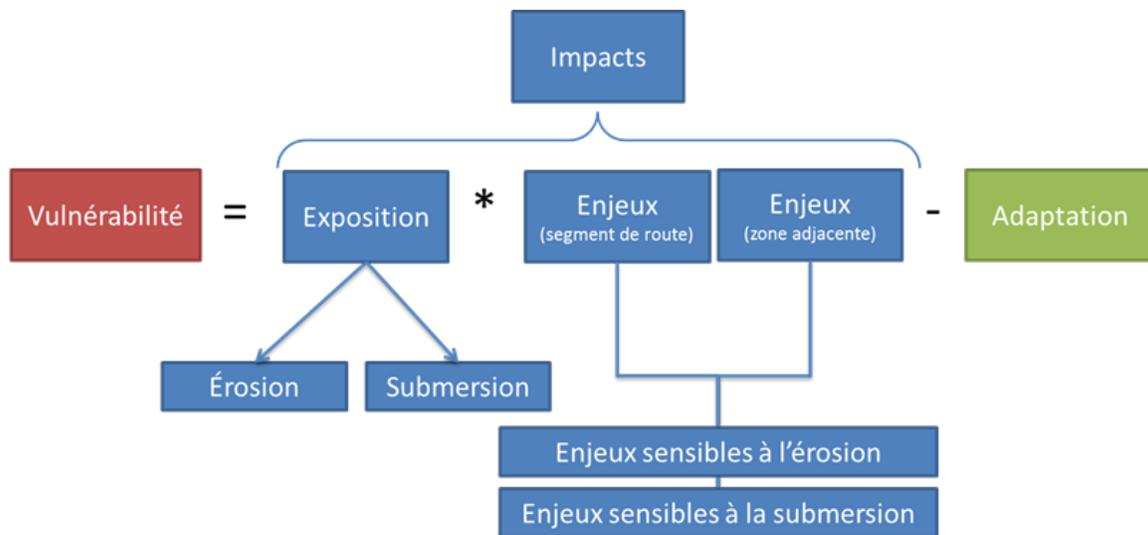


Figure 4. Exemple d'un indice de vulnérabilité appliqué à un enjeu spécifique : les infrastructures routières (Drejza *et al.*, 2015)

### 2.3.3 *Comment intégrer la perception des risques et leur représentation dans un objectif de priorisation des sites ?*

La dimension relative à la perception de la vulnérabilité n'est pas facilement mesurable (Adger, 2006; Meur-Ferec *et al.*, 2020). Elle est d'ailleurs rarement prise en compte, même si elle est parfois évoquée. Seules quelques études spécifiques par le biais d'enquêtes par questionnaire l'ont intégrée dans des études de vulnérabilité (Meur-Ferec *et al.*, 2006; 2011; 2020; Hellequin *et al.*, 2013). Pourtant, ne pas tenir compte de cette composante de la vulnérabilité pourrait retarder, voire compromettre, la mise en œuvre de politiques publiques de prévention, de gestion de crise et de réparation des dommages (Meur-Ferec *et al.*, 2011; Hellequin *et al.*, 2013). C'est la raison pour laquelle nous tenions à l'intégrer dans notre indice, ce qui en fait aussi son originalité.

Ont été notamment pointés le rôle de changements environnementaux même mineurs, de la compréhension du phénomène, de la localisation géographique, de la concentration spatiale et temporelle des victimes, de la représentation du risque, de la mémoire du risque, de facteurs culturels, de la formation, de la prise de conscience, de l'engagement de la personne dans la perception des risques et leur acceptation (Thouret et d'Ercole, 1996; Dauphiné, 2001; McLaughlin *et al.*, 2002; Adger, 2006; Meur-Ferec *et al.*, 2006; 2011). Les représentations peuvent donc contribuer à augmenter ou à diminuer la vulnérabilité (Meur-Ferec *et al.*, 2020).

À notre connaissance, seuls les travaux de Meur-Ferec *et al.* (2008; 2020), notamment dans le cadre du projet de recherche Osirisc, ont intégré cette composante représentations à un indice de vulnérabilité à l'échelle communale par le biais de plusieurs thèmes qui ont pu varier : conscience du risque, caractérisation du risque, confiance, perception du risque et de leur gestion, et évaluation des pratiques collectives. Balica *et al.* (2012), ont également tenu compte de la conscience des risques et de la préparation des populations, mais en tant que critère social.

Au Québec, plusieurs enquêtes ont été menées sur la perception des risques et des changements environnementaux en zone côtière (Friesinger et Bernatchez, 2010 ; Boyer-Villemare *et al.*, 2014), dont celle lancée dans le cadre du projet Résilience côtière (voir Fraser *et al.*, 2021). Même si l'objectif premier de cette dernière étude n'était pas d'obtenir de l'information pour alimenter des paramètres de représentation à intégrer à l'indice de vulnérabilité, les réponses à certaines questions nous ont été utiles. Elles nous ont permis d'évaluer la capacité à faire face aux risques des communautés côtières, l'un des thèmes retenus pour la prise en compte de l'adaptation.

### 2.3.4 *Comment intégrer les données socio-économiques de façon non redondante et pertinente ?*

Les indices de vulnérabilité aux aléas tiennent compte de nombreux paramètres, qui peuvent être nommés alternativement dans la littérature : indicateurs, variables, facteurs. Choisir les paramètres les plus pertinents et intégrer des variables aussi distinctes peut s'avérer délicat.

C'est particulièrement le cas pour les paramètres socio-économiques. Il a été remarqué qu'il y avait souvent un manque dans l'incorporation de ces variables dans les indices de vulnérabilité (Nguyen *et al.*, 2016), et que leur inclusion était la recommandation la plus souvent formulée par les auteurs pour améliorer les indices (Cooper et McLaughlin, 2010). Ceci dit, tenir compte de variables socio-économiques peut s'avérer être un enjeu pour beaucoup (Nguyen *et al.*, 2016; Bonetti et Woodroffe, 2017; Serafim *et al.*, 2019). Ainsi, la littérature montre qu'il y a peu de consensus sur le choix des indicateurs socio-économiques pour évaluer la vulnérabilité et les capacités d'adaptation par rapport aux descripteurs biophysiques utilisés pour la sensibilité des côtes (Nguyen *et al.*, 2016). Cela peut s'expliquer par la disponibilité des données, l'échelle d'analyse ou les objectifs de recherche.

Par ailleurs, tous les paramètres utilisés ne sont pas forcément pertinents. Selon Nguyen *et al.*, 2016, plus de 30 % des bases de données ont des variables avec un haut degré de corrélation ou de redondance.

De nombreuses méthodologies différentes existent pour choisir les facteurs socio-économiques à intégrer à un indice de vulnérabilité, avec trois grandes approches selon Hinkel (2011), même s'il s'agit souvent d'une combinaison des trois (Nguyen *et al.*, 2016) :

- Approches déductives ou axées sur la théorie : identifier les variables pertinentes, déterminer leurs relations et générer une liste de composants (Schröter *et al.*, 2005; Yohe *et al.*, 2006) ;
- Approches inductives ou axée sur les données : sélectionner les variables en fonction de leur relation statistique (Peduzzi *et al.*, 2009), en particulier via les Analyses en Composantes Principales (ACP) (Cutter *et al.*, 2003; Boruff *et al.*, 2005; Barette *et al.*, 2018) ;
- Approches normatives : sélectionner les variables à partir des avis subjectifs, individuels ou collectifs, d'experts, notamment via la méthode de Delphes (Yoo *et al.*, 2011).

Dans le cadre du projet Résilience côtière, nous avons choisi, pour la sélection des paramètres socio-économiques, une approche plutôt inductive, en sélectionnant les variables en fonction de leur pertinence supposée à l'échelle d'analyse et de leur disponibilité, en s'inspirant de la littérature. Nous nous sommes aussi basés sur le travail de Barette *et al.* (2018) qui avaient réalisé une ACP sur les données socio-économiques québécoises, afin de sélectionner certains déterminants plus pertinents et éviter les redondances. Une réflexion spécifique a également eu lieu pour l'intégration de données sociales comme les usages sur la côte ou les sites d'intérêt patrimonial ou social.

### 2.3.5 Comment intégrer les besoins des communautés via une pondération des indices par les acteurs ?

La prise en compte des besoins des acteurs du territoire, et plus largement de la communauté, permet d'assurer la légitimité de la démarche, de réaliser une collecte d'informations pertinente et de mieux prendre en compte la dimension évolutive de l'exposition, de la sensibilité des systèmes et des capacités d'adaptation (Smit et Wandel, 2006). Cela facilite également l'identification des stratégies d'adaptation faisables (Smit et Wandel, 2006; Nguyen *et al.*, 2016) et des réponses locales actuelles (Dolan et Walker, 2006). Mais la prise en compte des experts territoriaux est rarement mise de l'avant et/ou expliquée dans la littérature scientifique.

Des enquêtes auprès des acteurs (élus, experts et usagers) ont pu être menées pour évaluer la vulnérabilité ou les différentes variables qui lui sont associées (Meur-Ferec *et al.*, 2008; 2020; Fontaine et Steinemann, 2009), même si les auteurs soulignent la subjectivité de cette méthode. Dans certains cas, ces enquêtes étaient répétées dans le temps avec présentation à chaque nouvelle série des résultats du tour précédent pour que l'individu soit encouragé à reconsidérer voire à changer sa réponse précédente à la lumière des réponses des autres membres du groupe. Cette méthode de Delphes a notamment été utilisée par Yoo *et al.* (2011). D'autres ont tenté une méthode participative d'évaluation communautaire (*Community Risk Assessments, CRA*) (van Aalst *et al.*, 2008) ou des discussions entre experts lors d'ateliers afin de tendre vers un consensus (Thomas *et al.*, 2012).

Afin de pondérer l'importance relative des différents paramètres présents dans un indice de vulnérabilité, le processus d'analyse hiérarchique (*Analytic Hierarchy Process, AHP*), basée sur une évaluation multicritère, a également été utilisé récemment par plusieurs auteurs (Bagdavičiūtė *et al.*, 2019; Ishtiaque *et al.*, 2019; Serafim *et al.*, 2019). Dans le détail, les experts font une comparaison par paire de critères et déterminent à chaque fois une valeur de dominance relative, puis la moyenne des différents poids relatifs permet un rapport de consistance (Saaty 1980; 2004).

Dans le cadre de notre indice de vulnérabilité, nous tenions à ce que les acteurs du territoire puissent s'exprimer sur l'importance relative des différents paramètres choisis. Nous avons choisi une méthode différente de ce que l'on trouve dans la littérature, à la fois moins contraignante et moins chronophage pour les acteurs que l'AHP, mais plus quantitative et, nous semble-t-il, moins subjective, que de simples enquêtes. Un questionnaire pour lequel les acteurs étaient invités à accorder un poids aux différents paramètres leur a été envoyé. À noter que nous nous étions interrogés sur la pertinence pour notre équipe de recherche de prendre position. Avait-on droit à voter en tant qu'experts ? Le choix a été de rester en retrait dans le cadre de ce projet, l'outil développé étant destiné avant tout aux acteurs du territoire.

### 3. Méthodologie de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion

Il est important de détailler précisément et de façon transparente la méthodologie d'un indice de vulnérabilité dans la mesure où l'agrégation de nombreux paramètres peut rendre le processus obscur (Hénaff et Philippe, 2014; Nguyen *et al.*, 2016).

Après avoir détaillé les principes généraux relatifs à l'indice développé (section 3.1, page 28), nous présenterons la liste des paramètres intégrés (section 3.2, page 32), puis, plus précisément, les différents éléments méthodologiques : description et notation de chacun des paramètres (section 3.3, page 35), la pondération de ces paramètres par les acteurs du territoire (section 3.4, page 109), la création des polygones de secteurs d'érosion (section 3.5, page 115), l'équation utilisée pour les sous-indices (section 3.6, page 121) et l'intégration de ceux-ci au sein d'une matrice de niveau de vulnérabilité (section 3.7, page 125). Nous terminerons en soulignant les limites de notre méthode (section 3.8, page 127).

#### 3.1 Principes généraux

Un indice de vulnérabilité permet de différencier sur un territoire donné le niveau de vulnérabilité d'un territoire. Différents paramètres sont pris en compte et éventuellement pondérés pour obtenir une valeur permettant d'estimer ce niveau de vulnérabilité. L'indice proposé s'appuie sur la littérature (voir chapitre 2) et il a été conçu dans un objectif à la fois de relative simplicité (pour sa mise en œuvre, sa mise à jour, sa compréhension et son utilisation par les acteurs du territoire), mais aussi de représentation réaliste de la complexité des variables pouvant jouer un rôle dans la vulnérabilité des côtes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent aux aléas côtiers. Cette étude a donc tenté de trouver un équilibre. Globalement, les choix opérés l'ont été fait de manière à rendre l'indice facilement opérationnel et mis à jour, mais aussi reproductible partout dans l'Est du Québec, comme ce qui a pu être préconisé sur d'autres territoires (Hénaff et Philippe, 2014).

L'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion a été développé selon une méthodologie ayant fait ses preuves : adaptation du *Place Vulnerability Index* (Boruff *et al.*, 2005), lui-même issu du *Coastal Vulnerability Index* (Gornitz *et al.*, 1994). Cet indice sera appliqué sur huit sites témoins (voir section 4). Ses principales spécificités sont :

- une caractérisation de la vulnérabilité sur une enveloppe spatiale variable, en fonction de la réalité de l'exposition à l'érosion côtière, estimée selon des scénarios réalistes;
- une application à deux échelles temporelles : actuelle (2020) et prospective (2070);
- l'agrégation de plusieurs variables, y compris certains paramètres peu ou jamais prises en compte (usages sociaux de la côte, patrimoine côtier, écosystèmes côtiers, capacités d'adaptation, perceptions...);
- une pondération des variables par les acteurs du territoire.

Ces quatre éléments font de notre outil un indice de vulnérabilité particulièrement original. Cet indice a été dénommé **l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion**.

### 3.1.1 *Échelle de travail*

Comme expliqué précédemment (voir section 2.3.1), nous avons fait le choix de réaliser l'indice de vulnérabilité à l'échelle locale, le plus pertinent selon nous compte tenu des objectifs que nous nous étions assignés. Il ne s'agit pas de quantifier la vulnérabilité à l'érosion de chaque élément individuellement, mais d'un territoire déterminé. Territoire assez petit pour que cela soit utile pour prendre des décisions et aider à la gestion des différents secteurs d'une municipalité par exemple.

L'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion développé sera mis en œuvre sur des sites témoins correspondant à des cellules hydrosédimentaires ou des villages isolés pour la Basse-Côte-Nord (MRC du Golfe-du-Saint-Laurent). Ces sites se trouvent dans 5 MRC (voir chapitre 4) et ont une longueur totale de 171 km soit :

- 5,4 km de Notre-Dame-des-Neiges à Trois-Pistoles, dans la MRC des Basques,
- 28,7 km de Baie-des-Sables à Matane, dans La Matanie,
- 43,1 km de Saint-Maxime-du-Mont-Louis à Rivière Madeleine, en Haute-Gaspésie,
- 23,8 km à Havre-Saint-Pierre, en Minganie,
- 13,1 km pour Kegaska, dans la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent,
- 26,6 km pour La Romaine et Unamen-Shipu, dans la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent,
- 9,0 km pour Chevery, dans la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent,
- 21,3 km pour Blanc-Sablon, dans la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent.

### 3.1.2 *Horizons de temps*

Les niveaux de vulnérabilité sont définis en considérant les enjeux exposés à l'érosion côtière à deux échéances temporelles :

- **Vulnérabilité actuelle à l'érosion**, soit en 2020
- **Vulnérabilité à moyen terme à l'érosion**, soit en 2070 (50 ans environ)

Cet horizon de 50 ans environ est recommandé et jugé acceptable par plusieurs auteurs en gestion des risques côtiers et est utilisé pour le calcul des marges de sécurité en érosion côtière au Québec (voir notamment Dubois *et al.*, 2006 ; Marie *et al.*, 2014 ; 2017c). Il permet en effet d'assurer une

durée de vie d'environ 50 ans pour les futures infrastructures qui seront implantées dans la zone côtière (Clark, 1996).

Deux horizons d'études permettent de voir si une évolution va se produire, de cibler les interventions à prioriser dès maintenant, mais en tenant compte de la situation vers laquelle on se dirige.

### 3.1.3 Unité de base

L'unité de base choisie pour l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion est un **secteur de côte** de 500 m de largeur. Le choix de cette longueur est un compromis entre une échelle fine permettant de différencier des changements rapides dans l'occupation du territoire ou la dynamique côtière, et donc dans le niveau de vulnérabilité à l'érosion côtière, et des secteurs suffisamment grands pour comporter généralement plusieurs enjeux, l'idée n'étant pas de caractériser la vulnérabilité enjeu par enjeu. L'étendue vers les terres dépend elle de l'exposition à l'érosion côtière, déterminée selon le scénario d'adaptation jugé le plus pertinent (section 3.4.5). Pour le calcul de l'indice, on considèrera tous les enjeux qui se situent dans ces polygones, car ces éléments correspondent à tout ce qui pourrait être potentiellement affecté par l'érosion. Il faut néanmoins avoir conscience qu'un événement peut avoir des impacts par ricochet au-delà de cette zone d'exposition (Leone et Vinnet, 2006).

### 3.1.4 Équation théorique

D'une manière théorique, la vulnérabilité résulte de la soustraction du niveau d'adaptation à la valeur des enjeux exposés (voir figure 5).

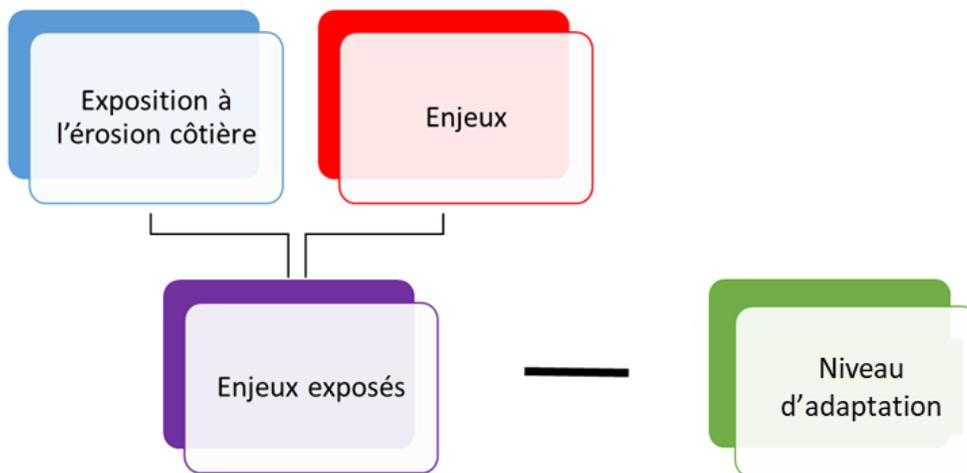


Figure 5. Schéma conceptuel de la quantification de la vulnérabilité

Pour chaque composante de la vulnérabilité (enjeux exposés et niveau d'adaptation), plusieurs paramètres sont pris en compte afin de refléter toute la complexité possible de la situation réelle. La quantité de paramètres que nous avons intégrés résulte d'une balance entre utiliser un petit nombre de paramètres pour la praticité et la simplicité de mise en œuvre et un grand nombre de paramètres pour refléter la complexité du milieu côtier.

Le principe de calcul mathématique retenu est une agrégation des différents paramètres dans chaque composante via une multiplication, comme cela a notamment fait pour le *Coastal Vulnerability Index*, développé initialement par Gornitz *et al.* (1994). Ceci a donc un impact sur le système de notation retenu pour chaque paramètre.

### 3.1.5 Système de notation des différents paramètres

Les paramètres utilisés pour définir la vulnérabilité étant en différentes unités et à différentes échelles temporelles ou spatiales, ils sont généralement transformés en scores. Ce système de notation permet aussi de combiner différents paramètres. Dans la littérature, le score attribué pour chacun des paramètres est souvent compris entre 1 et 5 (McLaughlin *et al.*, 2002 ; Boruff *et al.*, 2005 ; Meur-Ferec *et al.*, 2008 ; Fontaine et Steinemann, 2009 ; Özyurt et Ergin, 2009 ; McLaughlin et Cooper, 2010 ; Nguyen *et al.*, 2016 ; Bagdanavičiūtė *et al.*, 2019 ; Meur-Ferec *et al.*, 2020).

Nous avons donc nous aussi fait le choix d'attribuer un score de 1 à 5 pour chaque paramètre étudié pour la vulnérabilité. Pour les paramètres relevant des enjeux exposés, le principe est le suivant :

**Score de 1** = faible vulnérabilité (ne fait pas augmenter la vulnérabilité)



**Score de 5** = forte vulnérabilité (fait augmenter beaucoup la vulnérabilité)

Pour les paramètres d'adaptation, un score élevé correspond à une forte adaptation, qui peut donc faire diminuer la vulnérabilité. Des scores inférieurs à 1 (mais supérieurs à 0), sont possibles si le paramètre analysé correspond selon nous à une mal-adaptation. Étant donné l'équation retenue (multiplication), cette mal-adaptation fera diminuer le score d'adaptation du secteur de côte.

**Score < 1** = mal-adaptation (fait augmenter fortement la vulnérabilité)

**Score de 1** = faible adaptation (fait augmenter la vulnérabilité)



**Score de 5** = forte adaptation (fait diminuer la vulnérabilité)

Le choix de l'attribution des scores pour chacun des 22 paramètres est expliqué dans la section 3.3 (page 35). Selon les paramètres, une typologie a été proposée lorsque les variables sont qualitatives (éventuellement avec tableau à double entrée) ou une discrimination selon avis d'experts ou selon les seuils naturels pour les variables quantitatives. Nous n'avons pas utilisé de variables binaires (absence/présence), car elles ont tendance à soit augmenter fortement ou diminuer fortement le score (McLaughlin *et al.*, 2002)

Il a été décidé de retenir une distribution des scores uniforme pour tous les sites d'étude (même typologie ou même discrétisation). Cela a permis de comparer les sites en eux et permettra de réappliquer la méthode sur d'autres sites dans l'Est du Québec.

### *3.1.6 Pondération par les futurs utilisateurs de l'indice*

Afin de refléter au mieux quels sont les éléments qui, selon les acteurs du territoire, permettent d'indiquer si un secteur de côte est vulnérable ou non à l'érosion côtière et à quel point il est vulnérable, il leur a été demandé de quantifier l'importance qu'ils accordent aux paramètres. Ainsi l'équipe scientifique a pu, par la suite, pondérer les paramètres pour en tenir compte.

## **3.2 Liste des paramètres pris en compte dans notre indice**

### *3.2.1 Nombre de paramètres retenus et choix des paramètres*

Nous avons déjà soulevé la difficulté à choisir les paramètres les plus pertinents, sans risque de redondance, notamment pour les variables socio-économiques de façon (section 2.3.4). Un recensement des paramètres a été effectué dans la littérature. Des recoupements ont été réalisés et une liste de 74 indicateurs d'enjeux et de 47 indicateurs d'adaptation a été établie. Une sélection a été réalisée par vote de 6 experts de l'équipe du projet Résilience côtière selon leur pertinence supposée (score de 0 à 3 attribué par chaque expert pour chacun des 121 paramètres).

Les paramètres retenus devaient être non redondants, disponibles à l'échelle de travail considérée et adaptés au contexte de l'Est du Québec, du Québec et du Canada. Par exemple dans la littérature on retrouve le pourcentage de population couvert par une assurance maladie (Heinz Center, 2002) or c'est totalement non pertinent au Québec, car tout citoyen est couvert. On retrouve aussi souvent la répartition des différentes « races » de la population (Cutter *et al.*, 2003; Boruff *et al.*, 2005), or c'est inadéquat au contexte du Québec. De même, ce qui peut être utile dans un contexte montréalais tel que le pourcentage de personnes ne connaissant pas une langue officielle (Barrette *et al.*, 2018), ne l'est pas dans l'Est du Québec en raison de sa très faible

population allophone. Comme cela a déjà été précisé auparavant, pour éviter les redondances et sélectionner les déterminants socio-économiques les plus pertinents, nous nous sommes tout de même inspirés du travail de Barette *et al.* (2018) qui avait réalisé une ACP sur les données socio-économiques québécoises. Concernant les paramètres d'adaptation, nos choix sont fortement inspirés également de l'étude de Meur-Ferec *et al.* (2008), qui concernait la France et qui a donc été adapté à la réalité québécoise.

Dans la littérature, le nombre de paramètres pris en compte est très variable, entre 3 à 54 selon S. McLaughlin et J.A.G. Cooper (2010). Mais dans de nombreux cas, les corrélations et redondances sont néanmoins fréquentes (Nguyen *et al.*, 2016). Or il faut que les paramètres restent indépendants. Dans la cinquantaine d'indices recensés par Nguyen *et al.* (2016), la plupart comprennent 8 à 20 paramètres distincts, les plus complets, intégrant des paramètres d'adaptation, incluant plutôt une vingtaine de paramètres. Nous avons donc cherché à sélectionner environ 20 paramètres dans notre liste de variables nous semblant les plus pertinentes. Ce chiffre permettait de refléter selon nous la complexité des éléments intervenant dans la vulnérabilité à l'érosion côtière, sans multiplier inutilement le nombre de paramètres pour que l'indice soit facilement compréhensible et relativement facile d'utilisation. Au final, 12 paramètres relatifs aux enjeux ont été retenus et 10 concernant l'adaptation.

### 3.2.2 Liste des paramètres

Pour ce qui concerne les **enjeux**, 12 paramètres ont été retenus, répartis en 3 catégories. La liste est présentée au tableau 1. Associés, ces 12 paramètres concernant les enjeux peuvent donner lieu au calcul d'un **sous-indice sur les enjeux exposés**, variable selon chaque secteur.

Une sélection de 10 paramètres (9 pour la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent) relevant du **niveau d'adaptation** répartis en 6 catégories a également été retenue (tableau 1). Associés, ces paramètres peuvent donner lieu au calcul d'un **sous-indice de niveau adaptation**. Il est question ici du niveau d'adaptation aux risques côtiers et non du niveau d'adaptation aux changements climatiques ou au niveau d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre. Ce sous-indice est en grande partie identique sur une même municipalité. Seules 3 variables peuvent être appréhendées localement, les autres sont identiques à l'échelle municipale :

- Existence de relocalisations (préventive ou suite à sinistre) par le passé;
- Présence de mesures de protection structurelles adaptées ou non au secteur
- Présence de mesures de protection alternatives (recharges, épis, génie écologique, banc d'essai...), adaptées ou non au secteur ou au secteur voisin.

Tableau 1. Paramètres étudiés

N° du paramètre	Catégorie	Nom du paramètre
E1	Enjeux humains	Nombre d'habitants exposés
E2		Proportion de la population vulnérable
E3		Niveau d'instruction de la population
E4	Enjeux socio-économiques	Bâtiments abritant des personnes sensibles
E5		Usages sociaux et récréotouristiques
E6		Enjeux patrimoniaux
E7		Enjeux économiques
E8		Réseaux d'infrastructures
E9		Niveau d'impact de la rupture du service routier
E10		Enjeux stratégiques
E11	Enjeux environnementaux	Risques pour l'environnement causés par les activités humaines
E12		Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion côtière
N° du paramètre	Catégorie	Nom du paramètre
A1	Aménagement du territoire	Niveau de zonage des risques d'érosion côtière
A2		Niveau de réglementation liée aux risques naturels
A3	Solutions d'adaptation	Mesures de protection structurelles
A4		Mesures de protection alternatives
A5		Existence de relocalisations
A6	Communication Sensibilisation	Accès à l'information concernant les risques côtiers
A7	Gestion de crise	Niveau de préparation à une crise éventuelle
A8	Gouvernance	Démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière
A9	Capacité à faire face de la société	Importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables (Connaissances des mesures d'adaptation les plus durables pour la MRC GSL*)
A10		Connaissances de l'érosion côtière (non disponible pour la MRC GSL*)

\* MRC du Golfe-du-Saint-Laurent (Basse-Côte-Nord)

### 3.3 Description et notation de chacun des 22 paramètres de l'indice

#### 3.3.1 Informations disponibles pour chacun des 22 paramètres

L'organisation des différentes sections décrivant les paramètres est identique et commence systématiquement par le titre long du paramètre.

##### 3.3.1.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Cette section présentera une brève justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre en dressant une liste des auteurs qui l'utilisent aussi. Seront également justifiés les ajustements que nous avons faits selon notre territoire et au besoin la justification de l'exclusion de variables connexes. Si des limites scientifiques sont identifiées, elles seront également listées dans cette section.

##### 3.3.1.2 Source de la donnée

Cette section présente la ou les sources utilisées pour récupérer la donnée. Par exemple s'il s'agit de notre numérisation interne, de données terrain, d'autres bases de données de partenaires, de données publiques, etc.

##### 3.3.1.3 Scores

Cette section présentera la valeur attribuée pour chacun des paramètres étudiés, qui est généralement comprise entre 1 et 5.

Deux étapes sont parfois nécessaires pour en arriver là et des décisions sont à prendre pour chacune.

Étape 1 : Prise en compte des éléments individuels situés dans les polygones des secteurs. On doit déterminer des scores selon le type d'élément et/ou leur nombre. Ils peuvent être plus ou moins vulnérables selon leur nature.

Étape 2 : Mise en commun des éléments individuels pour avoir un score unique pour chaque secteur de côte de 500 m. Cela peut être un décompte (combien d'éléments sont situés dans la

zone ?) ou une classification mixte (combien d'éléments, mais aussi quel est le poids de chacun si on les considère plus ou moins importants ?), ou encore selon la présence de certains types d'éléments (si X est présent alors score de 2 si Y et X sont présents alors score de 5).

Il est à noter que le travail de notation est appliqué aux huit sites témoins de ce chantier, mais pourra par la suite être appliqué ailleurs au Québec maritime. Il a donc été réfléchi et noté en ce sens. Certains éléments présentés dans les tableaux de cette section ne sont pas présents dans nos sites témoins, mais ils pourraient l'être ailleurs dans l'Est du Québec et ont donc été intégrés dès à présent afin de réfléchir au maximum potentiel, notamment pour les paramètres reposant sur une donnée statistique, en prenant l'exemple d'un secteur ailleurs que sur nos sites, au sein duquel une portion d'autoroute ou un hôpital serait présent par exemple.

De plus, si parmi les critères d'attribution du score à un paramètre des **informations manquaient** concernant le site à l'étude, des demandes d'informations furent envoyées aux personnes concernées. Si même après la relance de ces demandes d'informations nous n'avions toujours pas obtenu de réponses, nous avons dû présumer que le site à l'étude n'avait pas l'élément d'adaptation pour lequel il y avait un manque d'informations.

#### *3.3.1.4 Limites de la méthode*

Les **limites de la méthodologie** et de la notation pour chaque paramètre sont également notées.

### 3.3.2 Paramètre E1 : Nombre d'habitants exposés

- Nombre maximal de personnes potentiellement affectées par l'érosion côtière dans le secteur

#### 3.3.2.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Le postulat de départ de notre étude de vulnérabilité est que la vulnérabilité d'un secteur repose avant tout sur la population potentiellement affectée. Dans de nombreuses études, ce paramètre est pris en compte (voir notamment Szlafsztein et Sterr, 2007; Balica *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2012; Chang *et al.*, 2015; Barrette *et al.*, 2018; Meur-Ferec *et al.*, 2020; Drejza *et al.*, 2018), à défaut la densité de population est parfois utilisée.

Nous n'avons pas tenu compte de la population de l'aire de diffusion (plus petite aire statistique disponible), car celle-ci correspond souvent à l'ensemble de la municipalité dans l'Est du Québec. À la place nous avons plutôt compté les bâtiments directement affectés et effectué une estimation des personnes y vivant ou y travaillant.

Nous n'avons pas fait de distinction entre la population de jour et celle de nuit, contrairement à Thomas *et al.* (2012), car les déplacements journaliers sont moins fréquents dans l'Est du Québec qu'à Montréal. Des différences plus marquées peuvent par contre exister entre l'été et les autres saisons, en particulier l'hiver, mais compte tenu des difficultés techniques à effectuer cette analyse (connaissance des résidences secondaires et du travail saisonnier à l'extérieur), cela n'est pas considéré. Cependant nous considérons la possibilité pour un hôtel d'être complètement occupé (selon le nombre de chambres), même si l'occupation n'est pas permanente. Globalement, nous avons fait le choix de prendre en compte le maximum potentiel de vulnérabilité d'où l'intégration de tous les bâtiments exposés à l'érosion (y compris les chalets et les entreprises). Très peu de bâtiments collectifs sont présents en zone côtière dans l'Est du Québec, mais, le cas échéant, le nombre de logements ou de chambres dans le cas d'une maison sont indiqués dans le rôle d'évaluation et son pris en compte.

#### 3.3.2.2 Source de la donnée

Le nombre de bâtiments présents découle du rôle d'évaluation foncier du Gouvernement du Québec, ajusté par le LDGIZC pour le chantier de l'exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime (Touchette *et al.*, 2021). Le nombre moyen de personnes par ménage provient des données de Statistique Canada, du recensement de 2016. Il s'élève à 2,3.

### 3.3.2.3 Scores

**Étape 1** : comptage du **nombre de bâtiments exposés**. Détermination du type de bâtiments selon le rôle d'évaluation municipal et des codes associés (tableau 2). Les résidences principales et secondaires ne peuvent pas être différenciées précisément avec le rôle. Tous les bâtiments situés dans la zone d'exposition ont été comptés.

Tableau 2: Type de bâtiments selon les codes associés du rôle d'évaluation municipal

Types de bâtiments	Code du rôle d'évaluation municipal
Résidences principales et secondaires et autres bâtiments résidentiels	1000; 1100; 1511 (maison de chambre); 1990 (à vérifier au cas par cas).
Hôtels et motels résidentiels	1600; 1610
Industries manufacturières	Codes commençant par 2 ou 3
Commerces	Codes commençant par 5
Services	Codes commençant par 6
Écoles	681; 682; 683

### Étape 2

compilation du **nombre de personnes pour chaque bâtiment**

La population directement affectée sera déterminée en fonction du nombre moyen de personnes par ménage et de l'occupation des garderies, hôtels, commerces et industries :

- Population pour les résidences principales et secondaires : Statistique Canada, population moyenne par ménage au Québec à la date du dernier recensement (2016)
- Bâtiments collectifs (immeubles) : recherche du nombre d'appartements (i.e. nombre de logements dans la table attributaire du rôle d'évaluation municipal) puis population moyenne par ménage au Québec à la date du dernier recensement (2016)
- Garderies : nombre d'enfants + nombre d'employés selon le site web
- Écoles : nombre d'enfants + nombre d'employés selon le site web
- Hôtels, motels et auberges : nombre total de chambres (occupation double)
- Commerces, industries et services : le nombre d'employés est tiré du site web du commerce ou du site web d'Emploi Québec ([registraire des entreprises](#)). Sinon le nombre moyen de personnes par ménage est utilisé.

Cette méthode fera en sorte que nous comptabiliserons plus de monde que moins, permettant de prendre en compte à la fois la population diurne et nocturne.

**Étape 3** : Dénombrer le total de personnes. Faire la **sommation pour tous les éléments présents** dans la zone d'érosion 2020 ou 2070.

Afin de pouvoir comparer plusieurs sites d'études entre eux, un maximum théorique basé sur les bâtiments côtiers exposés de deux MRC complètes a été utilisé pour faire la discrétisation de ce paramètre (MRC de La Matanie et de la Haute-Gaspésie, jugées représentatives des densités côtières possibles dans l'Est du Québec). Le maximum théorique de la population directement affectée a été déterminé par la moyenne du nombre de personnes exposées à l'érosion dans les secteurs de 500 m situés dans les centres-villes. Ainsi, le maximum théorique représente une situation vulnérable où la population vivant dans le noyau central d'une communauté serait affectée par l'érosion (pas forcément présent sur nos sites témoins, mais représentatif de l'Est du Québec). Puis, des classes ont été déterminées selon la méthode d'écale étendue.

Il est important de noter que le nombre de bâtiment présent sur la côte ne change pas entre 2020 et 2070. Ce qui change c'est la taille du secteur car le nombre d'année d'érosion est plus important d'ici 2070. La croissance ou la décroissance démographique potentielle n'a pas été prise en compte car cela comporte trop d'incertitudes.

**Détermination du score :**

*Tableau 3: Détails du score : « Nombre d'habitants exposés »*

<b>Classes choisies</b>	<b>Score pour le calcul</b>
<b>0 bâtiment/ 0 habitant*</b>	1
<b>Moins de 5 personnes</b> (soit habituellement 1 à 2 bâtiments)	2
<b>5 à 15 personnes</b> (environ 3 à 6 bâtiments)	3
<b>15 à 30 personnes</b> (environ 7 à 12 bâtiments)	4
<b>Plus de 30 personnes</b> (soit habituellement 13 bâtiments et plus).	5

\*population arrondie à l'unité près

#### 3.3.2.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode employée pour ce paramètre sont :

- En prenant en compte les hôtels, entreprises, commerces et services, on peut y voir une redondance avec les paramètres E4 (enjeux sociaux) et E7 (enjeux économiques), voire E5 (diversité des usages sociaux et récréatifs), mais ce n'est pas le bâtiment ou l'activité en tant qu'enjeu social ou économique qui est visé là, mais les personnes pouvant potentiellement être affectées se trouvant dans ces bâtiments.
- Nous savons que l'on pourrait argumenter que cela donne trop de poids aux touristes et estivants (chalets), mais comme l'objectif est la « vulnérabilité maximale », ils ont tout de même été comptabilisés.
- Il faut être conscient que les données socio-économiques sont anciennes (2016), qui est une limite déjà soulignée pour des indices de vulnérabilité (Nguyen *et al.*, 2016). Donc cela soulève des difficultés à se projeter dans une vulnérabilité future, car les situations peuvent évoluer et les populations pourraient ne plus être les mêmes à l'avenir.

### 3.3.3 Paramètre E2 : Proportion de population vulnérable

- Pourcentage de la population avec moins d'autonomie (personnes jeunes et âgées) dans l'aire de diffusion.

#### 3.3.3.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Ce paramètre qualifie la population de façon plus précise en tenant compte du type de population résidant dans les résidences qui sont exposées à l'érosion et en discriminant la « part de la population à faible autonomie, reconnue comme plus vulnérable » (Thomas *et al.*, 2012).

C'est un paramètre souvent utilisé (notamment Thomas *et al.* (2012); Cutter et Finch (2008); Dwyer *et al.* (2004); Cutter *et al.* (2003); Morrow (1999); Thouret et D'Ercole (1996)). Dans la littérature les catégories utilisées sont variables, mais toujours liées à l'âge. Pour les plus jeunes, les limites peuvent être : moins de 4 ans (Szlafsztein et Sterr, 2007; Barrette *et al.*, 2018), 6 ans (Sherly *et al.*, 2015), moins de 10 ans (Meur-Ferec *et al.*, 2020), moins de 12 ans (Balica *et al.*, 2012) ou 14 ans et moins (Thomas *et al.*, 2012). De même, pour les personnes plus âgées, les limites sont également variables : 65 ans et plus (Balica *et al.*, 2012 ; Barrette *et al.*, 2018), plus de 65 ans (Boruff *et al.*, 2005 ; Chang *et al.*, 2015 ; Meur-Ferec *et al.*, 2020), plus de 70 ans (Szlafsztein et Sterr, 2007) ou 75 ans et plus (Thomas *et al.*, 2012).

#### 3.3.3.2 Source de la donnée

Les données démographiques utilisées sont issues du recensement de 2016 de Statistique Canada, dans la catégorie des « Caractéristiques selon l'âge ». Compte tenu des classes disponibles, il a été décidé de retenir le seuil « <10 ans » et celui « 65 ans et + » pour notre indice de vulnérabilité. D'ailleurs, dans la littérature scientifique, l'âge de 10 ans semble être un âge tournant pour la capacité des enfants à prendre des décisions concernant leurs propres dépenses et leurs activités personnelles. Cette capacité de décision augmente rapidement entre 10 et 14 ans (Lundberg *et al.*, 2009).

Les données ont été récupérées à l'échelle des aires de diffusion (AD), soit une échelle municipale ou parfois infra-municipale. Il est important de noter que les AD ont des surfaces importantes dans l'Est du Québec. De plus, il arrive que des secteurs démographiquement différents soient réunis au sein de la même AD (côte et village en arrière côte / village côtier et rangs / secteur de villégiature et village). Puisqu'il s'agissait de l'aire statistique la plus précise existante, nous avons tout de même décidé de l'utiliser.

## 3.3.3.3 Scores

Une discrétisation a été effectuée en tenant compte de la moyenne de la population vulnérable (10 ans et les 65 ans et plus) dans l'Est du Québec (régions du Bas-Saint-Laurent, Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine et Côte-Nord). En raison d'une distribution globalement normale pour les 759 aires de diffusion de l'Est du Québec (quelques valeurs extrêmes supérieures), la méthode standardisée a été utilisée avec la moyenne et l'écart type (ET) (tableau 4). Les différents scores sont présentés au tableau 5.

Tableau 4. Statistiques descriptives de la proportion de population vulnérable pour les aires de diffusion de l'Est du Québec

Élément	Valeur pour l'Est du Québec
moyenne	32,3%
médiane	31,9%
minimum	5,6%
maximum	71,7%
écart type	6,7

Tableau 5: Détails du score: « Population vulnérable » (<10ans et les 65 ans et +)

Méthode de calcul (classes standardisées)	Pourcentage de la population vulnérable sur la population totale	Score	Nb d'AD pour l'Est du Québec
[min ; moy - 1,5 ET]	[5,6% - 22,3%]	1	44
]moy - 1,5 ET ; moy - 0,5 ET]	]22,3% - 29,0%]	2	141
]moy - 0,5 ET ; moy + 0,5 ET]	]29,0% - 35,7%]	3	340
]moy + 0,5 ET ; moy + 1,5 ET]	]35,7% - 42,4%]	4	209
]moy + 1,5 ET ; max].	[42,4% - 71,7%]	5	25

**À NOTER :** Si le paramètre E1 = 1 (i.e. pas d'habitants dans le secteur), le score de 1 est appliqué pour le paramètre E2.

#### 3.3.3.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode employée pour ce paramètre sont :

- Comme les aires de diffusions sont grandes et correspondent souvent à l'ensemble de la municipalité, la valeur n'est pas forcément représentative du secteur étudié.
- Il existe un risque de redondance avec le paramètre E4 qui tient compte des bâtiments abritant des personnes sensibles bâtiments (garderies ou résidence pour aînés notamment). Mais les personnes vulnérables ne se trouvent pas uniquement dans des institutions et peuvent habiter chez elles aussi, nous avons donc considéré que les paramètres E2 et E4 n'étaient pas redondants.

### 3.3.4 Paramètre E3 : Niveau d'instruction de la population

- Pourcentage de la population âgée de 15 ans et plus n'ayant aucun certificat, diplôme ou grade dans l'aire de diffusion

#### 3.3.4.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Le niveau d'instruction de la population est parfois pris en compte dans les indices de vulnérabilité (Nguyen et Woodroffe, 2016), notamment au Québec, au sein des plus de 15 ans (Barrette *et al.*, 2018) ou des plus de 25 ans (Thomas *et al.*, 2012). Ce paramètre est parfois intégré en tenant compte de la part de la population illettrée (Sherly *et al.*, 2015) ou ne possédant aucun diplôme (Dunning, 2011 *in* Thomas *et al.*, 2012).

Le postulat de départ est dans ce cas qu'une personne plus instruite serait moins vulnérable aux risques naturels, même si cela peut être sujet à discussion. Le niveau d'instruction influe en effet généralement sur le niveau d'illettrisme, l'accès à l'information, le niveau de préparation face aux risques, mais aussi le statut économique, et donc le niveau de revenu, ce qui peut jouer sur la capacité de rétablissement ou la santé (Cutter *et al.*, 2003; Thomas *et al.*, 2012; Nguyen et Woodroffe, 2016; Barrette *et al.*, 2018). Par ailleurs, certaines études montrent que le niveau d'instruction peut jouer sur la perception des risques, en la diminuant (Slovic, 1987; Botzen *et al.*, 2009), même si cela n'a pas été remarqué dans toutes les études (Ruz *et al.*, 2020).

Les différents paramètres démographiques et socio-économiques caractérisant les habitants peuvent être redondants entre eux. Le niveau d'instruction nous est apparu comme le critère le plus pertinent et inclusif par rapport à d'autres paramètres utilisés dans la littérature (taux de chômage, taux d'activité, fréquence de faible revenu...). Barrette *et al.*, 2020, après leur analyse en composante principale visant à réduire les redondances, avaient d'ailleurs retenu ce paramètre, ainsi que la fréquence du faible revenu et le taux d'inactivité.

#### 3.3.4.2 Source de la donnée

La donnée pour le paramètre E3 est issue de Statistique Canada tout comme celle du paramètre E2. La proportion résulte de la catégorie « Aucun certificat, diplôme ou grade » par rapport au « Total - Plus haut certificat, diplôme ou grade pour la population âgée de 15 ans et plus, dans les ménages privés ». À noter que ce sont des données issues d'un échantillon de la population de l'AD (25 %).

## 3.3.4.3 Scores

En raison d'une distribution globalement normale (malgré plusieurs valeurs extrêmes supérieures) pour 756 des 759 aires de diffusion de l'Est du Québec avec des données (3 AD ont une population trop faible et aucune information n'était disponible), une méthode standardisée a été utilisée avec la moyenne et l'écart type (ET). Les résultats sont présentés au tableau 6.

Tableau 6. Statistiques descriptives des données d'éducation pour les aires de diffusion de l'Est du Québec

Descripteur	Valeur pour l'Est du Québec
moyenne	28,02
médiane	26,47
minimum	3,8
maximum	83,8
écart type	12,198

Les scores proposés sont présentés au tableau 7.

Tableau 7. Score du niveau d'instruction

Méthode de calcul (classes standardisées)	Pourcentage de la population âgée de 15 ans et plus n'ayant aucun certificat, diplôme ou grade dans l'AD	Score	Nb d'AD pour l'Est du Québec
[min ; moy - 1,5 ET]	[3,8% - 9,7%]	1	53
]moy - 1,5 ET ; moy - 0,5 ET]	]9,7% - 21,9%]	2	146
]moy - 0,5 ET ; moy + 0,5 ET]	]21,9% - 34,1%]	3	298
]moy + 0,5 ET ; moy + 1,5 ET]	]34,1% - 46,3%]	4	240
]moy + 1,5 ET ; max].	[46,3% - 83,8%]	5	19

**À NOTER** : Si le paramètre E1 = 1 (i.e. pas d'habitants dans le secteur), alors le score de 1 est appliqué pour le paramètre E3.

#### 3.3.4.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode employée pour ce paramètre sont :

- Comme les AD sont grandes et correspondent souvent à l'ensemble de la municipalité, la proportion utilisée n'est pas forcément représentative du secteur décrit.
- S'il y a une forte présence de jeunes de plus de 15 ans, il y aura forcément moins de personnes instruites, car ces jeunes n'ont pas terminé leur formation. Il y aurait eu un intérêt à prendre un âge limite plus élevé que 15 ans (par exemple 25 ans comme Thomas *et al.* (2012)), mais le seuil proposé par Statistique Canada a dû être utilisé.

### 3.3.5 Paramètre E4 : Bâtiment abritant des personnes sensibles

- Nombre et type de bâtiments abritant des personnes sensibles (garderies, logements de personnes âgées...) potentiellement affectés par l'érosion côtière

À noter : les hôpitaux abritent eux aussi des personnes sensibles mais ils sont comptés plutôt dans le paramètre E10 Enjeux stratégiques.

#### 3.3.5.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Ce paramètre est également utilisé par Thomas *et al.* (2012) sous la forme de différents indicateurs tels que : localisation des logements pour personnes âgées, logements sociaux, prisons, services de santé, garderies et CPE, écoles primaires et secondaires. Il est également mentionné dans Larrue et Camphuis (2010) avec les hébergements de personnes handicapées, âgées, des lieux de protection de l'enfance et des hébergements et réadaptation sociale.

Ce ne sont pas les bâtiments en tant que tels qui sont pris en compte dans ce paramètre, mais plutôt le fait qu'ils abritent un public plus vulnérable, davantage sensible aux risques côtiers. Ces personnes (enfants, personnes âgées moins autonomes, handicapées ou captives) sont plus difficiles à évacuer en cas d'interruption de service ou de perte du bâtiment.

Étant donné que certains auteurs ont soulevé la difficulté d'avoir des informations sur la santé des populations (territoires, accès à la donnée) (Bleau *et al.* 2012), le nombre de bâtiments tels que les logements de personnes âgées, handicapées, etc. peut aussi être considéré comme une bonne variable de substitution (*proxy*). Enfin, certains de ces bâtiments abritant des personnes sensibles jouent aussi un rôle social important dont il faut tenir compte lorsqu'on évalue la vulnérabilité. Pour éviter les doublons, ils n'ont néanmoins pas été pris en compte dans le paramètre E5 qui est centré sur cet enjeu.

#### 3.3.5.2 Source de la donnée

Le comptage des bâtiments de vie des personnes vulnérables est effectué à l'aide du rôle d'évaluation foncière du Gouvernement du Québec.

La colonne d'information utilisée pour catégoriser les enjeux est celle du type d'occupation du bâtiment selon la catégorisation du code d'utilisation prédominant de l'unité d'évaluation (code CUBF = Codes d'utilisation des biens-fonds) (MAMH, 2020). Les codes retenus sont présentés au tableau 8.

Tableau 8. Liste des éléments retenus pour les bâtiments abritant des personnes sensibles

Type d'enjeu	Code(s) du rôle
Hébergements de personnes handicapées ou en difficulté	6531 (Centre d'accueil ou établissement curatif), 1512, 6542
Logements collectifs pour personnes âgées	1541, 1543, 1549
Orphelinats / centre DPJ	1542
Prisons	6742-6749, 6741 (fédéral)
Garderies et CPE	6541, 6543
Écoles primaires	6811, 6812

### 3.3.5.3 Scores

**Étape 1 :** Attribution d'un nombre de points pour chaque type d'enjeu social exposé (ou au moins une portion du bâtiment) selon le tableau 9. Le principe a été d'attribuer des scores plus élevés si les personnes « habitent » là par rapport aux lieux sans hébergement (écoles, CPE). L'âge des élèves a également été pris en compte dans leur niveau de vulnérabilité.

Tableau 9. Pointage des types d'éléments des enjeux sociaux

Type d'élément	Nombre de points
École secondaire	1
Garderie, CPE, école primaire	2
Maison de personnes âgées, personnes handicapées, Centre d'accueil ou établissement curatif, orphelinat, centre DPJ, prison	3

**À NOTER :** Si un bâtiment a deux usages (école primaire et secondaire par exemple), le pointage le plus vulnérable a été pris en compte (par exemple celui de l'école primaire).

**Étape 2 :** Une sommation des points pour l'ensemble des éléments situés dans la zone est effectuée puis une discrétisation est effectuée (tableau 10).

Tableau 10. Scores des secteurs pour la somme des enjeux sociaux

Somme des éléments présents dans la zone d'érosion	Score pour le calcul
0 point	1
1 point (équivalent à 1 élément faible)	2
2	3
3 ou 4 (soit équivalent à plus de 2 enjeux d'importance moyenne)	4
5 points ou plus	5

#### 3.3.5.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode employée pour ce paramètre sont :

- Le choix des enjeux a été fait par l'équipe d'experts en s'inspirant de la littérature, mais ne repose pas sur une enquête de la population pour savoir quels sont les enjeux sociaux importants ou sensibles.
- L'attribution du nombre de points par enjeu est arbitraire (même si elle repose sur leur importance sociale relative).
- La discrétisation selon le nombre de points est elle aussi arbitraire.
- Si on a un enjeu social très important mais unique, le niveau de vulnérabilité du secteur ne ressortira peut-être pas par rapport à un autre secteur avec plusieurs éléments qui sont chacun moyennement importants. D'autres indices de vulnérabilité tels que l'IVIC (Drejza *et al.*, 2018) pallient à cela en calculant en plus de la vulnérabilité des secteurs, un niveau individuel de vulnérabilité pour chaque élément présent, mais en plus de rendre la démarche plus longue et complexe, ceci n'était pas l'objectif de l'indice proposé ici.
- Il peut y avoir une certaine redondance avec le paramètre E2 (population vulnérable), mais dans ce dernier cas c'est la proportion de population vulnérable dans l'AD qui est prise en compte, alors qu'ici il s'agit non seulement des bâtiments abritant ces populations, mais aussi des bâtiments réellement exposés à l'érosion côtière.
- On ne tient pas compte du nombre de personnes présentes, les écarts de taille d'établissements seront gommés (ce qui était aussi soulevé comme une limite par Larrue et Camphuis, 2010).
- Le recensement des CPE et garderies en notre disposition n'est pas complet, car nous disposons uniquement de l'information sur les installations accréditées et non sur les garderies en milieu familial qui ne sont pas recensées.

### 3.3.6 Paramètre E5 : Usages sociaux et récréotouristiques

- Diversité des usages sociaux et activités récréotouristiques potentiellement affectés par l'érosion côtière

#### 3.3.6.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Les résidents et les touristes utilisent le territoire côtier pour de nombreux usages (sociaux, culturels, récréatifs, touristiques), souvent en lien avec les aménités que le bord de mer apporte. Ces usages, bien qu'intangibles, ont une valeur certaine pour les habitants, mais aussi pour ceux qui visitent la région. Ils peuvent être impactés, voire disparaître, en raison de l'érosion côtière. En outre, certains sites bâtis à vocation sociale, culturelle, récréative ou touristique ne sont pas en lien avec l'environnement côtier, mais peuvent se trouver en zone côtière et être exposés à l'érosion (bibliothèque, centre sportif...).

Certains usages du territoire peuvent parfois engendrer une activité économique (tourisme en particulier), mais la même activité peut aussi être uniquement récréative, sans échange économique (nautisme, observation de la nature...). Il était difficile de les dissocier et nous avons donc choisi de tenir compte de toutes ces activités, qu'elles soient récréatives ou touristiques, dans le même paramètre (E5) et donc de ne pas intégrer les activités et sites touristiques dans le paramètre sur les enjeux économiques (E7).

Seuls les usages et activités côtières et pouvant être menacés (abandon ou changement d'habitude) seront pris en compte : c'est à dire les usages et activités en arrière de la ligne de côte dans la zone exposée à l'érosion et aussi ceux sur l'estran s'il y a menace de disparition de l'estran en lien avec la présence d'un ouvrage de protection côtière dont les effets connus sont de faire diminuer ou disparaître les plages (notamment les murs, enrochements...).

Les usages et activités en mer (nautisme...) ou côtière, mais non menacées a priori (pêche sur l'estran, observation d'animaux...) ne seront pas comptabilisés. Par contre, la présence d'une mise à l'eau sera prise en compte, car celle-ci peut être menacée par l'érosion, ce qui engendrerait la disparition (ou tout du moins un impact négatif) pour certaines activités en mer. Par contre, nous ne prendrons pas en compte la pêche depuis un quai dans la mesure où ces structures ne seront jamais considérées comme exposées (ce sont des éléments construits spécifiquement pour se situer dans la zone exposée aux tempêtes). Pour la cueillette de coquillages ou de plantes de bord de mer, on estime que les écosystèmes migreront et que ces activités ne seront pas impactées par l'érosion (donc non comptabilisées ici).

Seront également pris en compte les usages sociaux recensés lors des séances de cartographie interactive avec les résidents et acteurs de terrain (Paul-Hus *et al.*, 2021), les autres sites d'intérêt

paysager avec halte, les activités récréotouristiques recensées lors des séances de cartographie interactive ou par les autorités et organismes locaux, tels que les lieux de rencontre ou de vie (centres communautaires, maisons de jeunes, bibliothèques, centres sportifs, culturels...), les sites touristiques (parcs, musées, attractions touristiques...), mais pas les commerces et hôtels en lien avec l'activité touristique (comptabilisés dans la paramètre E7).

Étant donné la non-représentativité de notre base de données sur les usages côtiers due à des enquêtes non exhaustives (Paul-Hus *et al.*, 2021), la prise en compte de la diversité des usages et activités a été considérée plutôt que leur nombre (si la même activité est pratiquée à plusieurs endroits dans le secteur étudié, elle ne sera prise en compte qu'une seule fois).

Bien que l'intégration des usages et sites d'intérêt soit très peu présente dans la littérature, certains auteurs considèrent eux aussi ce type de paramètre :

- Nombre de bibliothèques, des centres communautaires de loisirs et de sports utilisé par Thomas *et al.* (2012)
- Nombre de sites touristiques utilisé par Bagdanavičiūtė *et al.* (2019) ou nombre de visiteurs de sites touristiques par Meur-Ferec *et al.* (2006)
- Usages sociaux ou récréatifs tels que les endroits touristiques, les installations récréotouristiques et de plage par Bagdanavičiūtė *et al.* (2019)

### 3.3.6.2 Source de la donnée

Les données utilisées proviennent de la base de données de la cartographie des usages et des sites d'intérêt côtiers du Québec maritime réalisée dans le cadre du projet Résilience côtière (Paul-Hus *et al.*, 2021). Elles sont complétées par les informations du rôle d'évaluation foncière pour les lieux de rencontre ou de vie, par les sites web des municipalités, l'analyse des photographies héliportées obliques de la côte prises par le LDGIZC, ainsi que par les données disponibles sur Données Québec concernant certains enjeux culturels :

- Institutions muséales reconnues ou soutenues par le programme d'Aide au fonctionnement du ministère de la Culture et des Communications
- Centres régionaux de la culture
- Établissements du Conservatoire de musique et d'art dramatique du Québec
- Radios autochtones locales soutenues au fonctionnement
- Médias communautaires reconnus ou soutenus au fonctionnement

### 3.3.6.3 Scores

**Étape 1** : Recenser tous les usages et activités présents dans le secteur

Regarder dans toutes les bases de données couvrant notre secteur tous les points présents et prendre seulement les activités affectées par l'érosion en excluant certains éléments (à vocation économique qui seront comptabilisés dans le paramètre E7). Une liste est présentée au tableau 11.

Tableau 11. Liste des éléments pouvant être retenus pour les usages sociaux et activités récréotouristiques

Type d'enjeu	Code(s) du rôle
Bibliothèque	7111
Assemblée de loisirs (amphithéâtre, cinéma, ciné-parc, théâtre, etc.)	7211-7219
Centre sportif	6835
Centre culturel	6839,6834
Centre communautaire, Maison de jeunes, Centre d'entraide et de ressources communautaires (incluant ressources d'hébergement, de meubles et d'alimentation)	6534, 6997
Parc naturel	7611-7639
Musée	7112-7119
Exposition d'objets ou d'animaux (planétarium, zoo, etc.)	7121-7129
Halte routière, point d'information touristique...	Possiblement pas de point du rôle (voir photographies obliques de la côte, site web, etc.)
Descente de bateau, accès à la plage (aménagé officiellement et public).	Habituellement pas de points (voir photographies obliques de la côte)

**Étape 2** : Somme des différents usages et activités présents dans la zone puis discrétisation.

Il n'y a pas de hiérarchie entre les éléments. Les scores sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12. Scores des usages sociaux et activités récréotouristiques

Somme des éléments recensés	Score pour le calcul
aucun	1
1	2
2	3
3	4
4 ou plus	5

#### 3.3.6.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode employée pour ce paramètre sont :

- Le fait que la base de données géoréférencée des usages et des sites d'intérêt côtiers du Québec maritime réalisée dans le cadre du projet Résilience côtière (Paul-Hus *et al.*, 2021) n'est pas représentative de tous les usages présents. Les éléments cartographiés sont bel et bien présents, mais une absence d'indication ne veut pas dire une absence d'activité. Les personnes rencontrées ne venaient pas de tous les secteurs de côte du Québec et il y avait une surreprésentation des retraités.
- Le secteur économique touristique est divisé entre les paramètres E7 et E5 selon le type d'activités, ceci dans le but de ne pas être redondant.
- Certains éléments culturels sont présents dans les paramètres E5 et E6.
- La discrétisation utilisée est arbitraire

### 3.3.7 Paramètre E6 : Enjeux patrimoniaux

- Nombre et type d'enjeux patrimoniaux potentiellement affectés par l'érosion côtière

#### 3.3.7.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Les enjeux patrimoniaux, dans leur diversité, jouent un rôle majeur en termes d'identité, de mémoire collective, d'attractivité du territoire pour les résidents et les non-résidents, mais aussi indirectement d'un point de vue économique (tourisme). Les enjeux patrimoniaux, souvent spécifiquement culturels, parfois mêmes plus en lien avec l'identité culturelle (Silva *et al.*, 2017), sont donc relativement souvent intégrés aux indices de vulnérabilité (Meur-Ferec *et al.*, 2008 ; 2020 ; McLaughlin et Cooper, 2010 ; Balica *et al.*, 2012 ; Bagdavičiūtė *et al.*, 2019). La façon dont ces enjeux patrimoniaux sont déterminés ou le type de patrimoine pris en compte est par contre rarement explicité.

On peut pourtant distinguer :

- Le **patrimoine immobilier** : ces éléments bâtis sont les plus à même d'être vulnérables à l'érosion côtière. Différents types de reconnaissance, avec ou sans statut légal, existent au Québec : classement ou reconnaissance par le gouvernement fédéral, lieu historique national du Canada, classement, citation ou déclaration selon la Loi sur le patrimoine culturel du Québec, simple recensement par une MRC ou une municipalité, ou encore par un organisme ou une équipe de recherche (notamment lors de la cartographie interactive réalisée dans le cadre du projet Résilience côtière, voir Paul-Hus *et al.*, 2021).
- Le **patrimoine mobilier** (livres, objets...) : ces biens peuvent être touchés par l'érosion côtière, même s'ils sont généralement moins vulnérables que les bâtiments (peuvent être mis à l'abri). Nous tiendrons compte du patrimoine mobilier classé se trouvant dans un bâtiment non répertorié par le ministère de la Culture et des Communications.
- Le **patrimoine immatériel** : il pourrait être impacté par l'érosion côtière lorsqu'il est localisable. Mais les éléments inventoriés au Répertoire du patrimoine culturel du Québec, liés souvent à la pêche, au capelan par exemple, ne sont pas rattachés à un territoire précis, mais à l'ensemble d'une région administrative, voire même à plusieurs. Nous n'en avons donc pas tenu compte à l'exception de pratiques spécifiques reliées à des municipalités. Les éléments pouvant relever du patrimoine immatériel mentionné par les résidents lors de la cartographie interactive n'ont pas été pris en compte en raison de leur caractère très subjectif.
- Le **patrimoine archéologique** : les données en notre possession issues de l'Inventaire des sites archéologiques du Québec (ISAQ) ne sont pas exhaustives, nous les avons donc complétées avec les informations en notre possession (SAD, études de potentielles

commandées par les collectivités locales). N'étant pas spécialistes, nous avons préféré ne pas nous aventurer sur d'autres sites potentiels, même si le cœur historique des villages présente un fort potentiel archéologique et que les schèmes d'établissement anciens pourraient également être pris en considération : flèches littorales (pour le séchage du poisson), notamment combinées à une baie abritée, ou confluences.

- Le **patrimoine naturel**. Cependant, les éléments du patrimoine naturel vivants (écosystèmes remarquables, menacés, protégés...) sont également des enjeux environnementaux : ils seront donc pris en compte dans le paramètre E12. Ils ne sont par ailleurs pas forcément impactés par l'érosion. Les éléments du patrimoine naturel abiotiques (géomorphosites, géosites) sont naturellement en érosion et leur intégrité physique n'est pas forcément menacée par l'érosion côtière. On en tiendra tout de même compte pour peu qu'ils aient été recensés (ce qui est rare). Il existe également un site patrimonial naturel inclut sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO (Parc national de Miguasha).
- Le **patrimoine paysager** : les paysages remarquables ne sont pas toujours inventoriés. Il s'agit par ailleurs d'espaces importants, difficiles à appréhender. Sans inventaire, leur détermination est subjective. Il n'y a aucun Paysage patrimonial culturel désigné pour l'instant au Québec ni de Paysage culturel patrimonial selon la nouvelle Loi sur le patrimoine culturel. Lors de la cartographie interactive réalisée dans le cadre du projet Résilience côtière, les sites à haute valeur socioculturelle paysagère déterminés par les résidents côtiers sont souvent peu précis ou au contraire très vastes. Le patrimoine paysager n'est par ailleurs pas forcément affecté par l'érosion. Pour toutes ces raisons, nous n'en tiendrons pas compte dans notre indice, même s'il sera indirectement intégré via les haltes routières en tant que lieu social dans le paramètre E5 (enjeu récréotouristique) ou via les géosites (E6) ou les écosystèmes protégés et remarquables (E12).

### 3.3.7.2 Source de la donnée

Les données utilisées proviennent de différentes sources :

- Données du Répertoire du patrimoine culturel du Québec récupérées pour l'Est du Québec (immeubles patrimoniaux, site patrimonial, bien situé dans un site patrimonial, plaques commémoratives, patrimoine mobilier situé dans un bâtiment non inventorié, patrimoine immatériel);
- Données de l'Inventaire des sites archéologiques du Québec et du MPO récupérées pour l'Est du Québec (à noter que la localisation précise des sites archéologiques peut être utilisée par les gestionnaires du territoire ou par différents chercheurs, mais ne doit pas être dévoilée au grand public afin de diminuer, entre autres, les risques de pillage);
- Lieux historiques nationaux du Canada (phares désignés notamment);

- Site patrimonial reconnu cartographié lors de l'enquête réalisée auprès des résidents côtiers pour le projet Résilience côtière;
- Données externes à caractère patrimoniales complémentaires issues d'une MRC, d'une municipalité ou encore d'un organisme comme Ruralys.

### 3.3.7.3 Scores

**Étape 1** : Attribution d'un nombre de points pour chaque type d'enjeu patrimonial présent dans la zone exposée (ou au moins une portion du bâtiment) tel que précisé au tableau 13.

Tableau 13: Pointage des types d'enjeux patrimoniaux

Type d'élément	Nombre de points
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patrimoine immobilier ou site patrimonial ou site archéologique cité lors des séances de cartographie interactive ou des entrevues (site patrimonial reconnu)*°</li> <li>• Site patrimonial cité par la municipalité°</li> <li>• Plaque commémorative inventoriée dans le Répertoire du patrimoine culturel du Québec (le bien commémoré n'étant pas inventorié)</li> <li>• Monument mémoriel ou portion de cimetière</li> <li>• Patrimoine immatériel inventorié dans le Répertoire du patrimoine culturel du Québec et pouvant être rattaché à une portion de côte d'une municipalité.</li> <li>• Élément du patrimoine naturel non vivant (géosite, géomorphosite...) inventorié par une étude universitaire, un organisme, une municipalité ou une MRC</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Site patrimonial déclaré par le gouvernement du Québec°</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patrimoine immobilier cité ou inventorié par une municipalité*</li> <li>• Site à potentiel archéologique connu</li> </ul>	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patrimoine immobilier inventorié dans le répertoire du ministère, mais non classé*</li> <li>• Patrimoine immobilier cité par une MRC ou une structure supra-municipale (inventaire des lieux de culte du Québec par exemple)*</li> <li>• Patrimoine immobilier non répertorié dans le Répertoire du patrimoine culturel du Québec, mais abritant du patrimoine mobilier classé selon la Loi sur le patrimoine culturel*</li> <li>• Site archéologique inventorié dans l'ISAQ du MCC</li> </ul>	4
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patrimoine immobilier classé selon la Loi sur le patrimoine culturel*</li> <li>• Lieu historique national du Canada</li> <li>• Site patrimonial inclus sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO</li> </ul>	5

\* ou ° : seule la plus forte citation est prise en compte

**Étape 2 :** Sommation des points pour l'ensemble des éléments situés dans la zone puis discrétisation selon le tableau 14.

*Tableau 14. Scores des secteurs pour la somme des enjeux patrimoniaux*

Somme des éléments présents dans la zone d'érosion	Score pour le calcul
<b>0 point</b>	<b>1</b>
<b>1 point (équivalent à 1 élément faible)</b>	<b>2</b>
<b>2 ou 3 (1 élément moyen ou moins)</b>	<b>3</b>
<b>4 à 6 (soit équivalent à 2 enjeux d'importance moyenne ou moins)</b>	<b>4</b>
<b>7 points ou plus (à peu près 1 moyen et 1 fort)</b>	<b>5</b>

#### 3.3.7.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthodologie retenue pour ce paramètre sont :

- Les éléments culturels sont présents à la fois dans les paramètres E5 et E6 (distinction entre enjeux culturels et patrimoniaux) : lorsque des enjeux patrimoniaux se trouvent dans des musées (ou des parcs naturels pour les géosites), ils sont comptés à deux reprises : pour leur intérêt patrimonial et pour le site où se trouve cet enjeu et qui peut être plus globalement d'intérêt touristique ou récréatif.
- Pour les sites archéologiques, il aurait pu être pertinent de tenir compte de leur intégrité, de leur potentiel de mise en valeur, de leur valeur patrimoniale, de l'origine de la découverte, de la représentativité du site (sondages bien distribués ou seulement le long d'une route par exemple), de l'intérêt de la période historique, mais aussi selon si le site a été fouillé ou non (plus vulnérable si l'on n'a pas d'information dessus). Or ses informations sont difficilement accessibles et nous n'avons pas les compétences pour faire des recherches historiques.
- Arbitraire du nombre de points accordés par enjeu (même si cela repose sur leur valeur patrimoniale supposée en fonction du niveau de classement). Les statuts de conservations sont utilisés pour déterminer le niveau d'intérêt patrimonial; or nous savons que ce n'est pas forcément le seul critère pertinent (importance accordée par la population, rareté, représentativité, intérêt historique, technique, intégrité physique, ancienneté...).
- La discrétisation utilisée est arbitraire.

### 3.3.8 Paramètre E7 : Enjeux économiques

- Nombre d'employés dans les entreprises potentiellement affectées par l'érosion côtière, pondéré selon le poids économique local de celles-ci.

#### 3.3.8.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Ce paramètre permet la prise en compte de l'économie, car en cas de dommage sur les bâtiments, cela aura un impact sur l'activité économique locale et peut potentiellement engendrer des pertes d'emplois (impact social indirect).

Différents types de paramètres sont utilisés dans la littérature : le nombre d'entreprises, en distinguant parfois le nombre de commerces, industries ou hôtels (Larrue et Camphuis, 2010 ; Thomas *et al.*, 2012 ; Cutter *et al.*, 2013 (in Thomas *et al.*, 2012) ; Chang *et al.*, 2015), le nombre de bâtiments commerciaux et industriels par km<sup>2</sup> (Cutter *et al.*, 2003 ; McLaughlin et Cooper, 2010), leur emprise au sol (Meur-Ferec *et al.*, 2020), leur valeur immobilière moyenne (Meur-Ferec *et al.*, 2020), la capacité d'hébergement touristique (Meur-Ferec *et al.*, 2020), de la surface occupée par l'agriculture (Meur-Ferec *et al.*, 2020), le nombre de salariés ou d'emplois (Larrue et Camphuis, 2010 ; Meur-Ferec *et al.*, 2020) ou, plus globalement, l'usage économique de la frange côtière et sa diversité (Meur-Ferec *et al.*, 2006 ; 2020).

Il paraît pertinent d'identifier l'importance relative de l'activité économique affectée par rapport à l'ensemble de celle du bassin d'emploi étant donné la petite taille des communautés que nous étudions. C'est pourquoi, au lieu du nombre de salariés ou d'une catégorisation de ce chiffre (qui aurait dû être identique partout alors que le contexte peut être différent selon les municipalités de l'Est du Québec), c'est le ratio du nombre de salariés par rapport à la population active de la municipalité qui sera utilisé. Ce choix nous paraît le plus pertinent, car il s'adapte au contexte local et ne repose pas sur l'arbitraire.

Pour le secteur économique agricole, bien que peu présent dans l'Est du Québec, s'il s'agit d'un élevage ou des serres qui sont exposés à l'érosion, ils seront pris en compte via les bâtiments (s'ils sont dans la zone exposée). Mais pour les terres agricoles, on peut estimer que les terrains perdus n'ont pas une valeur significative étant donné les relatives faibles surfaces érodées. Ceci dit, localement, comme dans le Kamouraska par exemple, certains terrains ont une grande importance économique et, même s'ils sont peu touchés par l'érosion et plutôt plus par la submersion (non étudiée dans notre indice), ils auraient pu augmenter la vulnérabilité, mais ne seront pas pris en compte (voir la section limite).

Pour le secteur économique touristique, les commerces avec employés sont pris en compte via les bâtiments situés dans les zones exposées. Pour les sites touristiques (parcs, musées, attractions touristiques...), ils seront pris dans le paramètre E5.

Les services publics et gouvernementaux (employés dans les hôpitaux par exemple) ne sont pas inclus, même s'ils peuvent avoir un impact économique indirect. Ces éléments sont considérés comme essentiels et il est assumé qu'ils seront reconstruits en cas de dommages.

À noter que le nombre d'employés est déjà utilisé pour estimer la population vulnérable (paramètre E1), mais dans le cas du paramètre E7, c'est le poids économique d'une entreprise qui est recherché pour en tenir compte dans la vulnérabilité du territoire, cela ne nous paraît donc pas être redondant.

#### *3.3.8.2 Source de la donnée*

Les sources utilisées pour ce paramètre sont :

- Le comptage et la typologie des entreprises avec le Rôle d'évaluation foncière du Québec.
- Pour le nombre d'employés de chaque entreprise, une recherche sur les sites web des entreprises qui en possèdent est effectuée. Au besoin une demande par courriel est effectuée. Une validation auprès d'[Emploi Québec](#) a aussi été effectuée). Si l'information n'est pas disponible, une estimation sera effectuée selon les entreprises similaires.
- La population active de la municipalité est disponible auprès de Statistique Canada.

#### *3.3.8.3 Scores*

**Étape 1 :** Pour chaque enjeu économique présent dans le secteur (ou au moins une portion du bâtiment affecté), le calcul du nombre de salariés est effectué (nombre maximum même si c'est juste pour l'été ou à temps partiel). Si un bâtiment agricole est exposé, est pris en compte le nombre d'employés de l'exploitation. Dans le cas d'un camping, un ratio sera réalisé en fonction de la superficie du camping et de la superficie affectée par l'érosion (nombre de sites affectés/nombre total).

**Étape 2 :** Additionner le nombre d'employés de toutes les entreprises affectées et le pondérer selon la population active de la municipalité. Les classes sont présentées au tableau 15.

Tableau 15. Score attribué pour les enjeux économiques

Poids économique cumulé	Score
Aucun enjeu économique	1
Moins de 1 employé/100 habitants	2
> 1 à 5 employés /100 hab.	3
> 5 employés/100 hab. jusqu'à 10	4
Plus de 10 employés/100 hab.	5

#### 3.3.8.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode pour ce paramètre sont :

- Les parcelles agricoles affectées par l'érosion ne sont pas prises en compte (car l'impact est difficile à quantifier, de relative faible importance en termes de mètres carrés érodés et que l'agriculture est peu présente en zone côtière pour les régions étudiées).
- Le secteur économique touristique est divisé entre les paramètres E7 et E5.
- Les bâtiments publics ne sont pas pris en compte ici, car ils sont pour la plupart soit dans le paramètre E5, soit dans E10. Les autres sont considérés comme allant être reconstruits donc ayant un impact négligeable sur l'économie.
- La discrétisation pour les classes de vulnérabilité est assez arbitraire.

### 3.3.9 Paramètre E8 : Réseaux d'infrastructures

- Longueur et type de réseaux d'infrastructures potentiellement affectées par l'érosion côtière dans le secteur.

#### 3.3.9.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Ce paramètre est cité dans plusieurs études, notamment par Larrue et Camphuis (2010), Thomas *et al.* (2012) Thibault *et al.* (2008) Drezja *et al.* (2015 ; 2018) et McLaughlin et Cooper (2010) qui considèrent le type et la longueur des routes, des réseaux, électriques, de gaz et d'eau. Chang *et al.* (2015) utilisent juste le nombre de connexions de transport et Meur-Ferec *et al.* (2020) la densité des routes. Certains réseaux sont utilisés par Nguyen et Woodroffe (2016) comme paramètres de capacité technologique soit d'adaptation (densité réseau électrique, des routes, niveau de voltage...).

Les routes nationales et, à un degré moindre, les voies ferrées sont souvent proches de la côte dans l'Est du Québec pour des raisons historiques (diffusion des foyers de peuplement dans les régions les plus facilement accessibles le long du Saint-Laurent, depuis la région de Québec et certains sites portuaires). Elles sont donc souvent exposées à l'érosion côtière. D'autres réseaux sont installés le long de ces routes nationales (électricité, télécommunication, aqueduc et égout). Les villes jalonnant les côtes du Québec possèdent par ailleurs elles-mêmes leurs propres réseaux (routes municipales, aqueduc, eaux usées, réseau local d'électricité et de téléphone). Le réseau de gaz est lui inexistant dans l'Est du Québec tout comme les oléoducs.

La forme linéaire (réseau) de ces enjeux justifie qu'ils soient traités séparément (facilité méthodologique). Les unités de production et de distribution (gares, transformateur d'électricité, antennes émettrices, étangs aérés, puits artésiens...) ne sont pas prises en compte dans ce paramètre, car ils revêtent une position stratégique de soutien de l'ensemble du réseau (ils sont donc dans le paramètre E10). Les poteaux des lignes électriques, bien que ponctuels, sont les marqueurs de présence des lignes électriques, donc ils seront inclus dans ce paramètre E8.

Les réseaux doivent être considérés à la fois pour l'impact de la rupture de service sur les populations, mais aussi pour le coût de réparation pour la collectivité.

#### 3.3.9.2 Source de la donnée

Les données des routes proviennent de la base de données du ministère des Transports du Québec. Il est important de noter que, tout comme les bâtiments, les routes ont également été

ajustées pour une bonne localisation selon les images les plus récentes disponibles (sur la ligne blanche latérale, la limite de l'asphalte ou la limite des graviers). La Route Blanche a aussi été intégrée, puisqu'elle constitue le seul réseau routier rassemblant tous les villages de la Basse-Côte-Nord en hiver.

Les données du réseau ferré proviennent du Gouvernement du Québec (base de données des cartes topographiques au 1 :20 000) et ont été ajustées manuellement sur le rail côté mer au 1 :600 pour des projets précédents du LDGIZC. À noter que pour nos sites témoins aucun chemin de fer ne se situe en zone d'érosion.

Pour les autres réseaux (égout, aqueduc) les renseignements ont été demandés à chaque municipalité et MRC afin d'obtenir l'information la plus à jour. Cela a été rendu disponible soit sous forme de cartes pdf, soit de fichiers de cartographie numérique.

Les pylônes électriques et les lignes de transport d'énergie électrique sont présents dans la cartographie des usages, des sites d'intérêt côtiers et infrastructures côtières du Québec maritime réalisée dans le cadre du projet Résilience côtière (Paul-Hus *et al.*, 2021). Il faut noter que ce type de lignes dites de *transport* n'est jamais situé en zone côtière sauf aux Îles-de-la-Madeleine. Ces lignes sont celles à hautes tensions qui transportent l'énergie à toute une région et non pas les lignes dites de *distribution* qui apportent l'énergie individuellement à chaque résidence, lampadaire, commerce etc. Les poteaux et lignes de distribution ne sont pas partagés avec nous. Mais comme elles sont visibles sur les images aériennes et les photographies héliportées obliques, cela a été pris en compte manuellement.

### 3.3.9.3 Scores

La pondération du paramètre E8 a été calculée en fonction de la longueur du réseau affecté et de son type ainsi que du nombre de réseaux affectés. Dans la mesure où la plupart des réseaux se situent plus ou moins sur la même ligne et ont de ce fait le même niveau d'exposition, un score unique sera calculé en fonction du type de réseau le plus affecté. Si dans le secteur de 500 m, le type de réseaux le plus affecté varie selon les endroits, alors on calcule le score pour chaque type de réseau et l'on conserve le score le plus élevé. Pour un même type de réseau, la longueur affectée peut être continue ou discontinue.

**À NOTER :** Concernant les réseaux de communication (téléphone, internet, câble) il n'est pas possible de savoir quel réseau passe ou non dans quel poteau (figure 6). Donc par défaut on compte 2 réseaux pour les lignes électriques, car c'est ce qui est le plus probable.

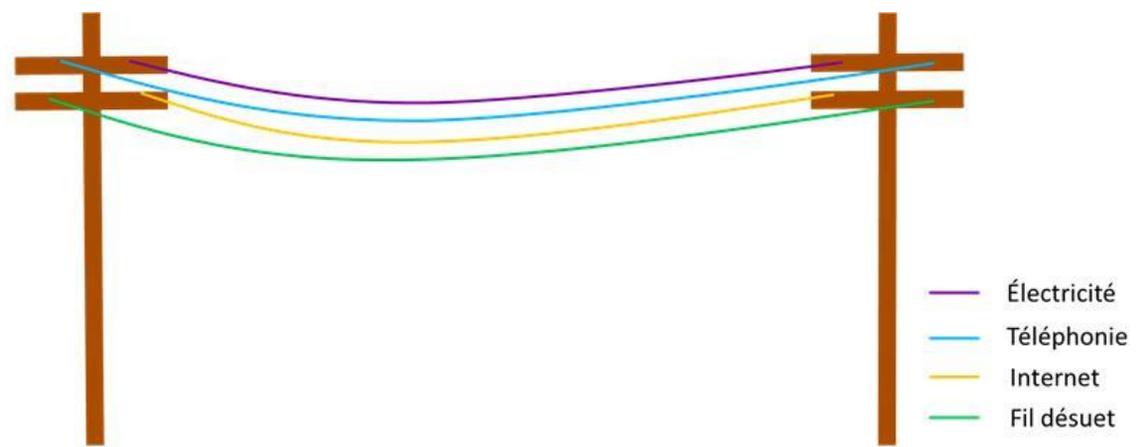


Figure 6. Schéma des différents réseaux qui peuvent être installés avec les mêmes poteaux

**À NOTER :** Lorsqu'il y a plusieurs réseaux, on calcule les différentes combinaisons et on prend le pointage le plus grand.

Les pointages sont présentés au tableau 16 pour les chemins non asphaltés, au tableau 17 pour les routes municipales, les réseaux électriques, de téléphone, de câble, d'internet, d'aqueduc ou d'égout et au tableau 18 pour les routes nationales ou les autoroutes.

Tableau 16. Scores si le réseau le plus affecté est un chemin non asphalté

Longueur (du réseau le plus affecté)	1 type de réseau
Moins de 25m	1
25 à 50 m	1
50 à 200	2
Plus de 200	2

Tableau 17. Scores si le réseau le plus affecté est une route municipale ou un réseau de distribution électrique, téléphone, câble, internet, aqueduc ou égout

Longueur (du réseau le plus affecté)	1 type de réseau	2 réseaux	3 réseaux	4 réseaux ou plus
Moins de 25m	2	2	3	3
25 à 50 m	2	2	3	4
50 à 200	3	3	4	5
Plus de 200	3	4	5	5

\*À noter, le réseau de distribution HQ a d'emblée été compté comme étant 2 réseaux.

Tableau 18. Scores si le réseau le plus affecté est une route nationale ou autoroute

Longueur (du réseau le plus affecté)	1 type de réseau	2 réseaux	3 réseaux	4 réseaux ou plus
Moins de 25m	3	3	3	4
25 à 50 m	3	3	4	5
50 à 200	4	4	5	5
Plus de 200	4	5	5	5

#### 3.3.9.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthodologie de ce paramètre sont :

- La distribution de l'électricité ou des communications est prise en compte de façon différenciée dans les paramètres E10 (stations) et E8 (réseau), ce qui n'est pas optimum mais s'explique pour des raisons méthodologique (information ponctuelle ou linéaire).
- Les égouts sont aussi pris en compte dans le paramètre E11, mais pour leur impact polluant et non pour le coût de réparation et les problèmes liés à une rupture de service comme c'est le cas ici. Donc ce n'est pas redondant.
- Les réseaux d'électricité, d'eau et d'égout sont stratégiques, mais les municipalités sont déjà adaptées à une rupture de service (génératrices, réserves d'eau...). Donc pas de prise en compte dans le paramètre E10 (enjeux stratégiques) ni dans les paramètres d'adaptation.
- La discrétisation est très arbitraire car elle ne peut pas se reposer sur des critères scientifiques.
- La cartographie numérique des lignes électriques ne nous était pas disponible. Leur évaluation s'est donc faite manuellement selon les observations sur les images aériennes et les photographies hélicoptères obliques de la côte. Si des portions de lignes sont enfouies, elles ne peuvent pas avoir été considérées.

### 3.3.10 Paramètre E9 : Niveau d'impact de la rupture du service routier

- Niveau d'impact de la rupture du service routier potentiellement affecté par l'érosion côtière dans le secteur.

#### 3.3.10.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Ce type de paramètres est évoqué dans les publications suivantes : Mortsch et Hebb (2008); Thomas *et al.* (2012); Agence de la santé et des services sociaux de Montréal (2014); Freiria *et al.* (2015); Coles *et al.* (2016); Larrue et Camphuis (2010); See (2013), Drejza *et al.* (2015 et 2018); Peck *et al.* (2011). Les façons de prendre en compte le niveau d'impact de la rupture du service routier sont variables selon les auteurs et les données disponibles. Par exemple Larrue et Camphuis (2010) calculent des temps de transport avant et pendant l'inondation.

Le réseau routier est un enjeu crucial dont la rupture de service engendre une vulnérabilité accrue en raison des difficultés d'accès à de nombreux services.

L'effet de la rupture en termes de réseau est complémentaire aux types et longueurs des routes en tant que « bâti/construction » du paramètre E8.

#### 3.3.10.2 Source de la donnée

Les sources des données utilisées sont :

- Les données des routes proviennent de la base de données du ministère des Transports du Québec. La Route Blanche a aussi été intégrée, puisqu'elle constitue le seul réseau routier rassemblant tous les villages de la Basse-Côte-Nord en hiver.
- La localisation des services d'urgence provient du rôle d'évaluation foncière du Québec et des sites web des municipalités.
- Le nombre de personnes affectées est calculé selon le nombre de bâtiments affectés en considérant le nombre moyen de personnes par ménage. Advenant que tout un village soit affecté alors la population de l'AD est utilisée.
- Le type de côte provient du chantier de cartographie des types de côtes du Québec maritime (Arsenault *et al.*, 2021).

3.3.10.3 Scores

Le niveau d'impact de la rupture du service routier sera évalué en tenant compte :

- De la longueur de la voie de contournement disponible (si une voie de contournement est disponible, ce qui n'est pas le cas partout dans l'Est du Québec);
- De la facilité à rétablir le service (grâce au proxy de type de côte);
- De l'isolement par rapport aux urgences (service hospitalier ou équivalent et pompier);
- Du nombre de personnes isolées.

**Étape 1** : Impact du détour sur la sécurité des populations

On suppose que la route qui se trouve dans la zone d'exposition sera fermée lors d'une catastrophe et c'est donc à partir de cet endroit qu'on estime qu'il y aura une rupture de réseau. Seuls le réseau routier inventorié et les rues municipales asphaltées situées dans les noyaux villageois sont considérés comme pouvant permettre un détour. Ainsi, les chemins de terre, les routes rurales non ouvertes pour 4 saisons, les chemins de véhicules hors routes ou chemin de ferme ne sont pas considérés.

La longueur du détour et le nombre de personnes affectées sont calculés à la fois pour les pompiers (Protection contre l'incendie et activités connexes, code CUBF = 6722) et pour l'hôpital (Service d'hôpital, code CUBF = 6513), mais seul le score le plus élevé est retenu pour notre étude.

Tableau 19. Scores de base pour paramètre E9 Niveau d'impact de la rupture de service

Accès à un hôpital / aux pompiers						
nombre de personnes affectées	Longueur du détour à faire					
	< 15 km	15 à 30 km	30 à 50 km	50 à 100 km	> 100 km	impossible
moins de 25	1	2	3	4	5	5
25 à 100	2	2	3	4	5	5
100 à 500	2	3	3	4	5	5
500 à 1000	2	4	4	4	5	5
plus de 1000	2	5	5	5	5	5

Tableau tiré de Drejza *et al.* 2015

**Étape 2 : Facilité à rétablir le service**

Il s'agit d'ajouter un « bonus » pour les situations qui risquent de faire perdurer la crise, car les routes se situent dans des environnements difficiles à réparer (tableau 20). Il s'agit du terrain où la route se situe, et non la côte située en avant. Par exemple, si une terrasse de plage se situe en avant d'une falaise argileuse, si la route est au sommet de la falaise, alors on identifie la route comme étant dans un sol soumis à glissements. Ce paramètre est issu de Drejza *et al.* (2015) et il avait été établi à la suite d'entretiens avec des gestionnaires du ministère des Transports du Québec.

Tableau 20. Facilité à rétablir le service (et donc durée potentielle de la crise)

Type de milieu naturel	Variation au score*
Pas de difficulté : côtes basses, relativement faciles à réparer	0
Peu ou Quelques difficultés : falaise rocheuse ou sableuse au sommet plat, pas de risque de glissement, lagune, cours d'eau, étang, terrain avec beaucoup de relief	+0,5
Difficultés cumulées ou Très difficile : deux éléments ou plus dans la liste précédente, ou falaises soumises à glissements – sols instables	+1

\* un score maximum de 5 est appliqué

3.3.10.4 Limites de la méthode

Les limites à la méthode de ce paramètre sont :

- La catégorisation est arbitraire.
- Cela pourrait sembler redondant avec le paramètre E8, mais nous ne considérons pas que ce soit le cas car l'effet évalué ici est celui de la rupture en termes de réseau, ce qui est complémentaire aux types et longueurs des routes en tant que « bâti/construction » du paramètre E8.
- Ce paramètre ne prend pas en compte le fait que des ruptures multiples pourraient se produire, ce qui pourrait empirer la situation et isoler certains quartiers ou villages complètement. Cela s'est déjà produit et pourrait se reproduire, mais n'est pas quantifiable. Pour ce paramètre, le niveau d'impact de la rupture de service est évalué secteur par secteur, pour peu qu'un tronçon de route potentiellement affecté y soit présent.
- Ce score ne tient pas compte du temps de présence des citoyens affectés (qui est différent lorsqu'il s'agit de chalets saisonniers ou de résidences principales).

### 3.3.11 Paramètre E10 : Enjeux stratégiques

- Nombre et type d'enjeux stratégiques (essentiels pour la gestion de crise ou assurant le fonctionnement de services essentiels) potentiellement affectés par l'érosion côtière

#### 3.3.11.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Ce type de paramètre est utilisé dans Thomas *et al.* (2012), mais pas sous ce vocable. En effet, dans Thomas *et al.* (2012), il est comptabilisé sous le nom « d'infrastructures critiques » dans lequel est comptabilisé la localisation des casernes de pompiers, les stations de police, les industries de transformation et/ou d'entreposage de matières potentiellement dangereuses, les stations d'épuration et usines de filtration, les stations de transmission d'électricité, le réseau routier et les secteurs d'accès aux ponts. Ce paramètre, regroupé sous le thème « enjeu structurel », est aussi utilisé par Meur-Ferec *et al.* (2020) en tenant compte des établissements recevant du public, des établissements industriels à risque, des établissements de secours et des ports.

N'ont été pris en compte dans le paramètre E10 que les enjeux stratégiques essentiels pour la gestion de crise : police, pompiers, mairie ou autre centre de gestion de crise selon le plan de mesure d'urgence, sites d'hébergement (qui peuvent être par ailleurs des enjeux sociaux ou des lieux de rassemblements socio-récréatifs), ainsi que les sites névralgiques lors d'une crise (hôpital, CLSC) ou assurant le fonctionnement de services essentiels (stations de transmission d'électricité, postes de transformation, service télécom...). Ces enjeux stratégiques rendraient difficile la gestion de crise s'ils étaient touchés lors d'un sinistre.

De nombreux autres enjeux pouvant se révéler importants, car regroupant beaucoup de personnes (écoles, prisons, tours d'habitation...), des personnes vulnérables (hébergements de personnes handicapées ou âgées, CPE...), assurant l'acheminement de services essentiels (aqueduc, égout, réseau d'électricité...) ou susceptibles de poser problème (site polluant) ont été comptabilisés avec d'autres paramètres (surtout E4 et E8, mais aussi E11 ou indirectement E1). Ils ne sont donc pas repris ici.

Ce paramètre permet de souligner la vulnérabilité des secteurs dans lesquels certains enjeux peuvent engendrer des conséquences en chaîne s'ils sont impactés par l'érosion, selon l'effet domino, explicité par Robert et Morabito (2011).

### 3.3.11.2 Source de la donnée

Les données utilisées pour ce paramètre proviennent :

- du rôle d'évaluation foncière du Gouvernement du Québec (code CUBF);
- des plans de mesures d'urgence des municipalités pour les sites d'hébergement d'urgence et de centre de gestion de crise.

### 3.3.11.3 Scores

**Étape 1** : Attribution d'un nombre de points pour chaque type d'enjeu stratégique exposé (ou au moins une portion du bâtiment)

Les hôpitaux ont le plus grand nombre de points puisque si l'hôpital est affecté par l'érosion, cela affectera un grand nombre de personnes déjà vulnérables et des secouristes. Les casernes de pompiers et les stations de police, considérées comme essentielles pour la sécurité publique ont aussi obtenu un score de 5.

La liste d'enjeux stratégiques ainsi que la notation de ceux-ci ont été déterminées grâce à la lecture de plusieurs plans de mesures d'urgences. Le principe est de tenir compte de l'importance stratégique de l'enjeu (vulnérabilité directe ou indirecte si un impact à la structure se produit). La liste est indiquée dans le tableau 21.

Tableau 21. Scores pour les enjeux stratégiques

Type d'élément	Nombre de points	Code(s) du rôle
Casernes de pompiers	5	6721, 6724, 6725
Stations de police	5	6722, 6721, 6724, 6725
Sites d'hébergement d'urgence définis comme tels dans les plans d'urgence (écoles, églises...)	4	Voir selon plans d'urgence
Infrastructure de production d'énergie	3	4811-4819
Station de transmission d'électricité ou poste de transformation	3	
Station de diffusion de communication (service télécom, tour de diffusion, antenne relais)	3	Télécommunication (4711-4719) Radiocommunication (4751-4759)
Radio locale	4	Radiocommunication (4751-4759)
Centre de coordination	2	Selon le plan d'urgence
Hôpital	5	6513
CLSC	4	

À noter que si un enjeu stratégique est situé à l'intersection de deux secteurs, il est alors comptabilisé dans le secteur où il occupe la plus grande superficie.

**Étape 2** : Sommation des points situés dans le secteur puis discrétisation

*Tableau 22. Scores des secteurs pour la somme des enjeux stratégiques*

Somme des éléments présents dans la zone d'érosion	Score pour le calcul
0 point	1
1 point (équivalent à 1 élément faible)	2
2 ou 3 (1 élément moyen ou moins)	3
4 à 6 (soit équivalent à 2 enjeux d'importance moyenne ou moins)	4
7 points ou plus (à peu près 1 moyen et 1 fort)	5

#### *3.3.11.4 Limites de la méthode*

Les limites de la méthode de ce paramètre sont :

- La distribution de l'électricité ou des communications est prise en compte de façon différenciée dans E10 (stations) et E8 (réseau) ce qui n'est pas optimum.
- Le côté arbitraire du nombre de points accordés par enjeu, même si celui-ci repose sur leur importance stratégique relative.
- La discrétisation en catégories est arbitraire.

### 3.3.12 Paramètre E11 : Risques pour l'environnement causés par les activités humaines

- Nombre et type d'enjeux pouvant être polluants, potentiellement affectés par l'érosion côtière dans le secteur.

#### 3.3.12.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Certaines activités constituent un risque pour l'environnement : installation utilisant ou stockant des substances dangereuses (garages, stations-service, usines), installation en lien avec l'assainissement des eaux ou le transport d'énergie, sites contaminés... Les aléas naturels, dans le cas où de tels bâtiments ou infrastructures sont exposés à l'érosion, peuvent donc créer un risque environnemental. « Les inondations peuvent entre autres [...] être à l'origine de pollution diffuse de milieux environnants » (Thomas *et al.*, 2012).

Bien que peu courant dans les indices de vulnérabilités aux aléas naturels, cet élément est parfois utilisé. Larrue et Camphuis (2010) évoquent l'exposition des activités générant un surendommagement tel que des pollutions ou des épidémies, etc. Ils considèrent les entreprises classées « Seveso » (système européen encadrant les activités liées à la manipulation, la fabrication, l'emploi ou le stockage de substances dangereuses), les piscines (dû au chlore dans le système d'épuration des eaux qui peut polluer), les dépôts de carburants et les concessionnaires de voitures (car lors d'inondations cela peut créer un embâcle de voitures). Pour Thomas *et al.* (2012), les « industries de transformation et/ou d'entreposage de matières potentiellement dangereuses, stations d'épuration et usines de filtration dans les infrastructures critiques » et les « sites contaminés » sont pris en compte dans le thème « environnement ». Le paramètre « Localisation des dépotoirs ou entreposage de déchets » est aussi recommandé par Thomas *et al.* (2012) même s'il semble avoir été écarté, car aucun site n'était présent sur leur territoire d'étude. La localisation des établissements industriels à risque est également cité par Meur-Ferec *et al.* (2020).

#### 3.3.12.2 Source de la donnée

Les sources des données utilisées pour ce paramètre sont :

- La base de données de la cartographie des usages et des sites d'intérêt côtiers (CUSIC) du Québec maritime réalisée dans le cadre du projet Résilience côtière (Paul-Hus *et al.*, 2021). Bien que souvent le recensement ne soit pas effectué de manière exhaustive, il permet de compléter.

- Le Rôle d'évaluation foncière grâce au code CUBF permet de faire ressortir l'utilisation de chaque unité : garages, stations essence, usines et industries (mais nécessitera par la suite de chercher le type et les activités réalisées).
- Les schémas d'aménagement municipaux permettent de consulter les zones sous-contraintes anthropiques.
- La liste des sites contaminés du MELCC.
- La liste des entreprises et activités humaines assujetties à la LQE.

### 3.3.12.3 Scores

**Étape 1** : Attribution d'un nombre de points pour chaque type d'enjeu pouvant être polluant dans la zone exposée à l'érosion. La différenciation (Tableau 23) a été faite en fonction de la pollution éventuelle qu'un impact sur l'élément pourrait provoquer, en s'adjoignant les compétences du chimiste Richard St-Louis (UQAR).

Tableau 23. Liste des éléments retenus pour les enjeux à risque environnemental

Code(s) du rôle ou Source de la donnée	Élément à risque pour l'environnement	Score associé
Selon notre analyse de nos sites témoins	Usines polluantes	3
	Atelier d'usinage	2
	Usines de transformation de poissons et crustacés	1
CUSIC	Effluents industriels ou municipaux	3
CUSIC	Réservoir d'hydrocarbures	3
CUSIC	Puits d'hydrocarbures	3
CUSIC	Pipeline	3
CUSIC	Dépotoirs actuels et passés	3
Analyse visuelle	Fosses à purin	2
CUSIC	Dépôt à neige	2
CUSIC	Dépôt de résidus d'exploitation forestière	2
CUSIC	Terrain contaminé	3
CUSIC	Traitement des eaux usées (station d'épuration, étangs aérés)	2
CUSIC	Égouts ou Rejet d'égout	1
CUSIC	Garage	2
CUSIC	Station-service	3
CUSIC	Vidange d'eaux usées	1
CUSIC	Ouvrage de surverse	1

**Étape 2** : Sommation des points puis discrétisation selon le tableau 24.

Tableau 24. Scores des secteurs pour la somme des enjeux à risque environnementaux

Somme des éléments présents dans la zone d'érosion	Score pour le calcul
0 point	1
1 point (équivalent à 1 élément faible)	2
2	3
3 ou 4 (soit équivalent à plus de 2 enjeux d'importance moyenne)	4
5 points ou plus	5

#### 3.3.12.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode de ce paramètre sont :

- Les égouts sont déjà comptabilisés dans le paramètre E8 comme réseau via la longueur de celui-ci. Toutefois, pour le paramètre E11 c'est son impact polluant que l'on considère et non le coût de réparation/rupture de service tel que c'est le cas dans E8.
- Le choix du niveau de risque environnemental, bien que déterminé en collégialité et avec un expert, reste une décision arbitraire.
- Le niveau de risque environnemental peut être différent pour le même type d'élément (usine polluante, site contaminé...) selon le détail des activités et des éléments/matériaux/produits dangereux qui sont utilisés. Une telle analyse au cas par cas n'était pas possible.
- La prise en compte de la présence d'un élément comme ponctuelle et non de sa superficie (terrains contaminés, étangs aérés...).
- Certains éléments qui représentent des risques pour l'environnement n'ont pas été comptabilisés tels que les sites de dragage et les réservoirs de surfaces, car ils n'étaient pas présents sur les sites analysés. Toutefois, ces éléments seraient à ajouter dans le cas où l'on analyserait d'autres sites sur lesquelles ces éléments seraient présents.
- La discrétisation en catégories est arbitraire.

### 3.3.13 Paramètres E12 : Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion côtière

- Enjeux écosystémiques potentiellement affectés par l'érosion côtière selon leur valeur écologique et la perception sociale de leurs services écologiques

#### 3.3.13.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Il est difficile de prendre en compte toutes les relations spatiales et temporelles ainsi que les interrelations entre les organismes et l'environnement abiotique des écosystèmes (Beroya-Eitner, 2016). C'est pourquoi nous avons décidé de nous fier sur la valeur écologique des écosystèmes pour leur attribuer un score de vulnérabilité.

À noter qu'il est possible que les écosystèmes puissent être très sensibles à la submersion et à la hausse du niveau de la mer, mais notre indice s'attarde uniquement à l'érosion côtière. Il faut par ailleurs savoir que près de 52 % des contraintes à la migration des écosystèmes côtiers de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent sont d'origines anthropiques (Bernatchez *et al.*, 2016) et non naturelle.

Les paramètres cités dans la littérature pour tenir compte des milieux naturels ou des enjeux écosystémiques sont : le statut de conservation (McLaughlin et Cooper, 2010); la dégradation des sols, l'érosion des sols et le taux de déforestation (Schneiderbauer et Ehrlich in Birkmann, 2006 in Thomas *et al.*, 2012); la terre arable disponible, la couverture de végétation naturelle et le taux de perte d'habitats naturels (Kok *et al.* in Birkmann, 2006 in Thomas *et al.*, 2012), la fragmentation des zones naturelles (Greiving, 2006 in Thomas *et al.*, 2012); la perméabilité du sol (mm/h); la présence de milieux humides (évoqués par Thomas *et al.* (2012), mais finalement pas pris en compte); l'aire des sites contaminés (Thomas *et al.*, 2012); la très haute valeur écologique des habitats et les habitats dans de faibles conditions phytosanitaires (Silva *et al.*, 2017 d'après Juliao *et al.*, 2009); le statut de conservation (évoqué par McLaughlin et Cooper, 2010, mais non utilisé finalement).

Certaines études ont tenu compte spécifiquement des services écosystémiques à travers différents indicateurs (Raymond *et al.*, 2009; Alessa *et al.*, 2008; Klain et Chan, 2012; De Vreese *et al.*, 2016; Hernandez-Morcillo *et al.*, 2013; Plieninger *et al.*, 2013).

De nombreux auteurs ne prennent néanmoins pas en compte ces enjeux écosystémiques lorsqu'il est question de vulnérabilité de la zone côtière, voire refusent d'en tenir compte d'un point de vue conceptuel. Ainsi Meur-Ferec *et al.* (2020) considèrent que « le patrimoine naturel n'est pas un enjeu qui augmente la vulnérabilité, mais serait plutôt une opportunité d'adaptation » en tant que zone tampon.

### 3.3.13.2 Source de la donnée

Les données utilisées pour ce paramètre sont :

- Les polygones de types d'écosystème ainsi que les lignes présentant les types de côtes tels que cartographiés par le projet Résilience côtière (respectivement Jobin *et al.*, 2021 et Arsenault *et al.*, 2021).
- La présence d'ouvrages de protection côtière pouvant engendrer la diminution en largeur et en épaisseur des plages (i.e. enrochements, murs...) cartographiés par Arsenault *et al.* (2021).
- Les sites protégés et les sites présentant des espèces protégées de la base de données du MELCC (dans la CUSIC de Paul-Hus *et al.* 2021)
- Les priorités de conservation déterminées par les acteurs suite aux ateliers et entrevues menés par Jacob *et al.* (2021) dans le cadre du projet Résilience côtière.

### 3.3.13.3 Scores

S'il y a plusieurs écosystèmes menacés par l'érosion côtière dans le secteur à évaluer, prendre le principal, soit celui qui couvre la plus grande longueur de la côte ou celui qui apporte le plus de points (petit, mais important).

**Étape 1** : Détermination de la menace pesant sur l'écosystème.

L'évaluation de la menace de l'écosystème par l'érosion se fait visuellement selon le taux probable d'érosion et la distance de migration disponible avec la première contrainte. L'estimation du risque de disparition de l'écosystème à l'horizon d'étude (2020 ou 2070) est faite visuellement : moins de 10 % de la surface menacée (écosystème non menacé ou de façon minime), 10 à 90 % environ menacée (écosystème partiellement menacé) ou plus de 90 % menacée (écosystème presque totalement menacé). Il ne s'agit pas de faire le calcul précis, mais une évaluation globale pour l'écosystème. La notation est établie selon le tableau 25.

Tableau 25. Scores du principal écosystème selon la menace pesant sur celui-ci

L'écosystème est-il menacé par l'érosion côtière?	Scores
Non ou de façon minimale	1
Partiellement	2
Presque totalement	3

À NOTER : Si l'écosystème n'est pas menacé, ne pas mettre de bonus à l'étape 2

Pour les plages, l'abaissement potentiel de la plage en présence d'ouvrages de protection côtière en contact avec l'eau quotidiennement sera considéré comme affectant l'écosystème. Si l'ouvrage n'est pas en contact quotidiennement avec l'eau, alors l'impact sera considéré partiel. Et si l'ouvrage est en arrière côte alors ce sera considéré comme n'ayant pas d'impact. Il s'agit d'une évaluation globale de l'ouvrage.

### Étape 2 : Prise en compte de la valeur écologique de l'écosystème

L'étape 2 permet d'évaluer l'importance intrinsèque et biologique de l'écosystème en fonction de la valeur écologique de l'écosystème sur base d'experts. Un bonus est ajouté au score de l'étape 1 selon la classification présentée au tableau 26. Le proxy de la présence de sites protégés et d'espèces protégées est utilisé.

Tableau 26. Pondération du score du principal écosystème selon sa valeur écologique

Valeur écologique de l'écosystème	Bonus au score
Faible (aucun site ou espèce faunistique ou floristique protégée)	+ 0
Modérée (présence d'une espèce susceptible d'être désignée menacée ou d'être vulnérable)	+ 0,5
Forte valeur (présence de plusieurs espèces susceptibles d'être désignées menacées ou d'être vulnérables)	+ 1
Très forte (présence d'une espèce menacée ou d'un site protégé, quel que soit son statut)	+1,5

À NOTER : Si l'écosystème n'est pas menacé, ne pas mettre de bonus à l'étape 3

### Étape 3 : Prise en compte de la perception sociale des services écologiques (par type d'écosystème)

L'étape 3 permet de prioriser les écosystèmes selon la perception sociale de leurs services écologiques. Ainsi, un bonus est ajouté au score obtenu à l'étape 2 selon la perception sociale des priorités de conservation et des services écologiques des acteurs (tableau 27). La classification a été réalisée selon les résultats obtenus lors d'une table de discussion et de séances de votes

tenues durant les 4 ateliers qui ont été réalisés pour le projet Résilience côtière (Jacob *et al.*, 2021). La classification des autres types d'écosystèmes a été réalisée grâce à l'avis des experts.

Tableau 27. Pondération du score du principal écosystème s

Types d'écosystèmes	Bonus au score
Milieu rocheux non végétalisé	Aucun bonus ajouté
Milieu vaseux	Aucun bonus ajouté
Herbiers de zostère	Pas affecté par l'érosion, mais aurait été +1
Rocheux à macroalgues	Pas affecté par l'érosion, mais aurait été +1
Marais maritime	+1
Milieu sableux (terrasse de plage, terrasse de plage à base rocheuse et meuble sans falaise)	+1,5
Falaise meuble	Aucun bonus ajouté

**À NOTER** : le score final est d'au maximum 5.

#### 3.3.13.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode de ce paramètre sont :

- Seul l'écosystème dominant du secteur est pris en compte.
- C'est une validation visuelle et non un calcul pour estimer la menace de l'érosion sur les écosystèmes.
- Il y a peu de différences dans la notation selon le niveau de menace pesant sur l'écosystème (non/partiellement/totalement).
- Est seulement prise en compte l'érosion horizontale. Pour l'érosion verticale (abaissement des plages), utilisation d'un proxy (présence d'ouvrages de protection côtière) est utilisée. Bien que cet impact soit très courant, il faut reconnaître que ce n'est pas toujours le cas.
- La discrétisation est arbitraire pour la valeur écologique de l'écosystème.
- Pour la perception sociale des services écologiques, interrogation sur la représentativité des résultats obtenus, car ce ne sont pas tous les territoires qui ont eu un atelier et donc une consultation. De plus, tous les types d'écosystèmes n'ont pas été testés et leur perception sociale a donc dû être estimée par les experts a posteriori.

- Les écosystèmes auraient aussi pu être pris en compte en tant que patrimoine naturel dans le paramètre E6 (enjeux patrimoniaux).

### 3.3.14 Paramètre A1 : Niveau de zonage des risques d'érosion côtière

- Niveau de zonage des risques d'érosion côtière dans la municipalité selon une typologie

#### 3.3.14.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Les mesures d'aménagement du territoire influent sur l'exposition aux risques des populations et des infrastructures et donc sur leur niveau d'adaptation et de résilience. Ce type de paramètre a été utilisé notamment par Balica *et al.* (2012) en tenant compte de l'existence d'une cartographie de la submersion côtière réalisée et par Meur-Ferec *et al.* (2006; 2020) par le biais de plusieurs paramètres : présence d'un zonage des risques (Plan de Prévention de Risques en France) et d'autres documents d'aménagement intégrant cette composante.

Au Québec, les MRC doivent cartographier les zones sous contrainte, notamment sujettes à l'érosion côtière, sur leur territoire selon la Loi sur l'Aménagement et l'Urbanisme et la Loi sur la sécurité civile. Mais ce zonage est plus ou moins adapté et récent, il est parfois même absent sur l'aléa érosion côtière, et à défaut la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI) s'applique avec une marge de 10 ou 15 m de protection à partir de la ligne des Hautes Eaux (LHE).

#### 3.3.14.2 Source de la donnée

Les Schémas d'aménagement et de développement (SAD) des MRC ont été consultés, ainsi que les règlements de zonages des municipalités, notamment via la plateforme Territoires du gouvernement du Québec. De plus les MRC ont été contactées pour des demandes de précisions.

#### 3.3.14.3 Scores

Une typologie du niveau de zonage des risques d'érosion côtière présent dans le *Schéma d'aménagement et de développement* a été réalisée, la cartographie la plus adaptée s'étant vu assigner le score de 5. Nous avons tenu compte, lorsque cela était pertinent, de la présence ou non d'un zonage des mouvements de terrain en zone côtière. La distinction entre les différentes classes s'est faite selon un avis de notre groupe d'experts, notamment entre les classes 2 et 3. Des exemples sont indiqués dans le tableau 28.

Tableau 28. Scores des niveaux de zonage des risques d'érosion côtière

Type de zonage des risques côtiers	Exemple de zonage appliqué	Score pour le calcul
Aucun zonage particulier	À défaut la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables s'applique avec une marge de 10 ou 15 m de protection à partir de la LHE.	1
Cartographie des zones sous contrainte d'érosion selon une méthodologie peu précise, voire inadaptée	Méthodologie spécifique développée par une MRC sans critères scientifiques précis	2
Cartographie des zones sous contrainte d'érosion selon une méthodologie désuète Ou Cartographie des zones sous contrainte des mouvements de terrain en zone côtière, mais sans considérer les zones de contrainte d'érosion	Entente spécifique sur l'érosion des berges de la Côte-Nord de 1999 (taux de recul maximum X 30 ans), méthodologie proposée par le MSP en 2011 (selon le type de côte), méthodologie spécifique développée par une MRC Basse Côte : zones de mouvement de terrain, mais rien pour l'érosion.	3
Cartographie des zones sous contrainte d'érosion selon une méthodologie adaptée et aucune cartographie des zones sous contrainte de mouvements de terrain en zone côtière bien que cela aurait été pertinent	Marges d'érosion côtière selon la méthodologie développée par le LDGIZC depuis 2012 et imposée progressivement aux MRC par le MSP (taux d'érosion selon le scénario le plus probable sur un horizon temporel de 50 ans)	4
Cartographie des zones sous contrainte d'érosion, et de mouvements de terrain en zone côtière lorsque cela est pertinent, selon une méthodologie adaptée	Marges d'érosion côtière selon la méthodologie développée par le LDGIZC depuis 2012 et imposée progressivement aux MRC par le MSP (taux d'érosion selon le scénario le plus probable sur un horizon temporel de 50 ans) + zonage des mouvements de terrain par les experts du groupe géotechnique du MTQ	5

#### 3.3.14.4 Limite de la méthode

La typologie qualitative proposée est parfois subjective, en particulier entre les classes 2 et 3.

### 3.3.15 Paramètre A2 : Niveau de réglementation liée aux risques naturels

- Niveau de réglementation liée aux risques côtiers dans la municipalité selon une typologie

#### 3.3.15.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Au-delà du zonage du risque, une réglementation spécifique en lien avec ce zonage peut être appliquée. Celle-ci influe sur l'exposition aux risques des populations et des infrastructures, et donc sur leur niveau d'adaptation et de résilience, mais aussi sur les capacités de mitigation. Ce type de paramètre a été utilisé par Thomas *et al.* (2012) (présence/absence d'un règlement de concordance avec la PPRLPI, version 2006) et Meur-Ferec *et al.* (2020) (contraintes de constructibilité en zone d'aléas).

#### 3.3.15.2 Source de la donnée

Les SAD des MRC, les règlements de zonage et plans d'urbanisme des municipalités ont été consultés.

#### 3.3.15.3 Scores

Une typologie des réglementations liée aux risques a été réalisée en fonction de différents critères : contrôle de l'utilisation du sol dans les zones sous contraintes, immunisation contre les inondations, concordance des règlements locaux avec les lois et règlements supérieurs, étude si nouveau terrain... (tableau 29).

Tableau 29. Scores des niveaux de réglementation liée aux risques côtiers

Type de réglementation	Exemple de réglementation	Score pour le calcul
Aucune réglementation directement en lien avec les risques côtiers	Aucun règlement, la PPRLPI ne s'applique pas	0,6
Seule la PPRLPI s'applique	PPRLPI	1
Contrôle de l'utilisation du sol dans les zones sous contraintes relativement adapté, mais pouvant être amélioré	Réflexion sur les activités et infrastructures proposées par rapport à la PPRLPI, seulement certains types d'ouvrages de protection sont proposés et avec d'éventuels permis...	3
Contrôle de l'utilisation du sol dans les zones sous contraintes adapté (cohérent avec les nouvelles propositions du MSP et du MAMOT)	Mesures de protection contre l'érosion côtière interdites, à l'exception de la stabilisation végétale des rives, d'interventions suite à un sinistre ou en présence d'un sinistre imminent, de travaux par le MTQ ou de l'entretien et la réparation des ouvrages de protection légalement érigés	5

**À NOTER :** Dans l'équation l'utilisation de multiplication fait en sorte que les scores inférieurs à 1, représentent en fait des maladaptations.

#### 3.3.15.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode de ce paramètre sont :

- La subjectivité entre les différentes classes;
- La difficulté à proposer une gradation : seules deux classes ont été proposées lorsqu'il existe un contrôle de l'utilisation du sol

À noter qu'il aurait été possible d'associer les paramètres A1 et A2, mais nous avons décidé de les dissocier, car la typologie aurait été plus complexe à réaliser.

### 3.3.16 Paramètre A3 : Mesures de protection structurelles

- Présence de mesures de protection structurelles et adéquation avec l'environnement côtier dans le secteur de côte (en 2019)

#### 3.3.16.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

La prise en compte de mesures structurelles de protection (murs, enrochements, brise-lames, épis maritimes, *rip-rap*, digue) est assez fréquente dans les indices de vulnérabilité (Meur-Ferec *et al.*, 2006; 2020; Özyurt et Ergin, 2010; Balica *et al.*, 2012; Chang *et al.*, 2015; Nguyen et Woodroffe, 2016). Les mesures structurelles mises en place au Québec ne sont pas toujours adaptées au type de côte et/ou aux enjeux protégés. Ces ouvrages de protection côtière de structures rigides ont même parfois des effets néfastes (érosion accentuée par effet de bout ou réflexion des vagues sur les ouvrages) et peuvent de ce fait être considérés parfois comme une maladaptation.

#### 3.3.16.2 Source de la donnée

La présence de structures artificielles, ainsi que le type de côte, ont été déterminés à partir des bases de données existantes au LDGIZC (Arsenault *et al.*, 2021). L'analyse de photographies aériennes obliques datant de 2017 (2019 pour la Basse-Côte-Nord) a été utilisée en complément. Une visualisation sur le terrain a également été effectuée pour la Basse-Côte-Nord à l'été 2019.

#### 3.3.16.3 Scores

Une typologie a été proposée en fonction de la longueur de la protection dans le segment considéré, de son niveau d'entretien et surtout de son adaptation au type de côte. Pour ce dernier critère, nous nous sommes basés sur la méthodologie développée dans le cadre du doctorat de Philippe Sauvé (non publié pour l'instant) sur base d'un comité d'experts ou une adéquation entre les mesures de protection et le type de côte a été établi à partir de la littérature et de la connaissance des experts du LDGIZC. Par exemple, il est considéré qu'un enrochement n'est pas une structure adaptée dans une terrasse de plage. Les scores sont attribués selon le tableau 30.

Tableau 30. Scores des types de solutions structurelles

Type de mesure	Score pour le calcul
Mesure(s) de protection structurelle(s) mal adaptées dans le secteur de côte (longueur : plus de 100 mètres)	0,6
Mesure(s) de protection structurelle(s) mal adaptée dans le secteur de côte (longueur : moins de 100 mètres)	0,8
Pas de mesure de protection structurelle dans le secteur de côte	1
Mesure(s) de protection structurelle(s) en majorité mal adaptée(s), mais localement adaptée(s) dans le secteur de côte *	2
Mesure(s) de protection structurelle(s) en majorité adaptée(s), mais localement mal adaptée(s) dans le secteur de côte *	3
Mesure(s) de protection structurelle(s) adaptée(s) et entretenue(s) dans le secteur de côte (moins de 100m) *	4
Mesure(s) de protection structurelle(s) adaptée(s) et entretenue(s) dans le secteur de côte (plus de 100m) *	5

\* Pour les structures adaptées : si elles ne sont majoritairement pas entretenues (partiellement endommagées ou pire), alors on fait -1

\*\* On additionne les longueurs d'un même type de protection structurelle qui se trouve à être le principal.

**À NOTER :** Dans l'équation l'utilisation de multiplication fait en sorte que les scores inférieurs à 1, représentent en fait des maladaptations.

#### 3.3.16.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode de ce paramètre sont :

- Risque de subjectivité pour définir si la mesure est adaptée ou non, bien que s'appuyant sur des réflexions d'experts;
- La typologie proposée est également subjective;
- Le seuil de longueur de mesure de protection a été choisi arbitrairement;
- L'adaptation est considérée en fonction du type de côte et, mais pas de la concentration des enjeux ou de considérations financières.

### 3.3.17 Paramètre A4 : Mesures de protection alternatives

- Présence de mesures de protection alternatives dans le secteur de côte ou à proximité selon une typologie

#### 3.3.17.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Outre les mesures structurelles de protection de la côte, il existe des mesures non structurelles ou alternatives qui peuvent être mises en place : recharges sédimentaires, épis en bois/branches, végétalisation, génie écologique, banc d'essai... Ces mesures ont plus rarement été mises en place et sont rarement citées parmi les critères pour des indices de vulnérabilité. Nguyen et Woodroffe (2016) tiennent par exemple compte de la présence d'écosystèmes côtiers protégés soustraits à l'urbanisation. Les mesures de protection de la côte alternatives sont souvent (mais pas toujours) adaptées au milieu dans un contexte de risque en raison de leurs effets positifs sur la dynamique hydrosédimentaire (Sauvé *et al.*, en cours de rédaction).

#### 3.3.17.2 Source de la donnée

Les données proviennent de l'information que les municipalités des sites témoins ont accepté gracieusement de partager auprès de notre équipe. Nous les en remercions.

Il s'agit à la fois de d'informations provenant d'organismes environnementaux (comités ZIP par exemple), de propriétaires privés qui ont fait appel à des services de conseils en environnement et d'éléments qu'il est possible d'identifier sur les images héliportées obliques de la côte.

Si certaines actions ne sont pas visibles sur les images héliportées et que les responsables municipaux et des MRC n'en ont pas été informés, alors elles ne seront pas intégrées dans l'indice.

#### 3.3.17.3 Scores

Comme pour le paramètre A3 un score a été déterminé pour chaque mesure alternative d'origine anthropique en fonction du type de côte selon la méthodologie développée dans le cadre du doctorat de Philippe Sauvé sur base d'un comité d'experts et de la littérature scientifique (tableau 31).

Tableau 31. Scores des types de solutions d'adaptation alternatives adaptées au site (relocalisations, recharges, épis en bois/branches, génie écologique, banc d'essai, plantations végétales, restauration...)

Type de mesure	Score pour le calcul
Mesure(s) alternative(s) non adaptée(s) dans le secteur de côte	0,8
Pas de mesure alternative dans le secteur de côte	1
Mesure(s) alternative adaptée dans le secteur de côte adjacent	2
Une mesure alternative adaptée dans le secteur de côte	4
Plusieurs mesures alternatives adaptées dans le secteur de côte (plusieurs types de mesure ou un type de mesure appliqué plusieurs fois)	5

Nous n'avons pas pris en compte la présence d'écosystèmes, car la présence naturelle d'un écosystème qui va jouer un rôle tampon et limiter l'érosion côtière n'est pas une adaptation. Leur éventuelle présence influence le taux de déplacement de la côte, qui est déjà prise en compte dans l'exposition des enjeux à l'érosion. Seule la restauration d'un milieu naturel, par des plantations notamment, a été considérée comme une mesure d'adaptation et a été prise en compte.

#### 3.3.17.4 Limites de la méthode

Les limites identifiées de cette méthode sont :

- Risque de subjectivité pour définir si la mesure est adaptée ou non, bien que s'appuyant sur des réflexions d'experts;
- La typologie proposée est également subjective;
- L'adaptation est considérée en fonction du type de côte et, mais pas de la concentration des enjeux;

À noter qu'il aurait été possible d'associer les paramètres A3 et A4, voire A5, mais nous avons décidé de les dissocier, car la typologie aurait été plus complexe à réaliser.

### 3.3.18 Paramètre A5 : Existence de relocalisations

- Existence de relocalisations (préventive ou suite à sinistre) par le passé dans la municipalité selon une typologie

#### 3.3.18.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

La relocalisation est une mesure de prévention des risques qui consiste à déplacer les enjeux fortement exposés afin de créer une zone tampon pour laisser la place aux processus hydrosédimentaires. Le déplacement est suivi d'une réimplantation afin d'assurer le dynamisme des territoires (Mineo-Kleiner et Meur-Ferec, 2016). Il convient donc de distinguer la destruction ou le déménagement de bâtiments ou d'une route par exemple suite à un événement, l'expropriation de propriétaires par l'État contre la volonté des occupants (très rare) et la relocalisation planifiée des infrastructures et bâtiments. Cette relocalisation peut néanmoins être faite dans l'urgence, lorsque le terrain sur lequel se trouve l'enjeu est à risque imminent d'être érodé, ce qui est souvent le cas au Québec. La législation québécoise prévoit une indemnisation pour les propriétaires privés, qu'il s'agisse d'un déplacement de la résidence sur le même terrain ou sur un autre terrain ou de sa démolition (allocation de départ). À noter enfin que le terme de relocalisation peut aussi parfois être employé pour désigner uniquement la phase de réimplantation d'un enjeu déplacé suite au déménagement, au retrait ou à l'évitement (Lemmen et Warren, 2004; Dubois *et al.*, 2006).

En ce qui nous concerne, nous envisageons la relocalisation comme une mesure d'adaptation qui permet de soustraire des enjeux à l'érosion après analyse des risques et choix éclairé du propriétaire qui peut, dans certain cas, être l'État ou une collectivité territoriale (bien public, route...). Le principe est qu'une expérience de relocalisation dans la municipalité peut influencer sur la perception qu'en ont les résidents et les autorités locales : ils seront plus enclins à mettre en œuvre cette solution d'adaptation qui peut être considérée dans certains cas comme la plus pertinente. Un paramètre tenant compte de l'expérience de relocalisations dans la stratégie locale a été utilisé par Meur-Ferec *et al.* (2020).

#### 3.3.18.2 Source de la donnée

Les données proviennent essentiellement de l'information que les municipalités des sites témoins ont accepté gracieusement de partager auprès de notre équipe. Nous les en remercions. Quelques informations étaient également détenues par les membres de l'équipe de recherche du projet Résilience côtière.

## 3.3.18.3 Scores

Une typologie a été proposée en fonction de l'époque à laquelle a eu lieu la relocalisation (une relocalisation ancienne a moins de chance d'être connue et d'être vue comme une solution potentielle face aux risques côtiers) et de la présence éventuelle d'un plan de gestion de relocalisation préventive (tableau 32).

Tableau 32. Scores des expériences de relocalisation

Type de relocalisation	Score pour le calcul*
Aucune relocalisation de bâtiment ou d'infrastructure connue dans la municipalité	1
Expérience de relocalisation de bâtiment ou d'infrastructure dans la municipalité antérieure au XXI <sup>e</sup> siècle	2
Expérience(s) de relocalisation récente (2000 à 2010) de bâtiment ou d'infrastructure suite à un sinistre dans la municipalité	3
Expérience(s) de relocalisation récente (depuis 2011 ou mentionné par les citoyens) de bâtiment ou d'infrastructure suite à un sinistre dans la municipalité	4
Plan de gestion de relocalisation préventive de bâtiment ou d'infrastructure suite à un sinistre dans la municipalité (exemple : Sainte-Luce, Sainte-Flavie)	5

\*Si plusieurs types de relocalisation sont présents, la valeur maximale est utilisée.

Le seuil de l'année 2000 a été choisi, car, outre sa simplicité, il correspond à la mise en place de la loi sur la sécurité civile du Québec (adoptée en 2001). Le seuil de 2011 a été choisi, car il correspond à une dizaine d'années avant la réalisation de l'indice, juste après l'événement de tempête majeur du 6 décembre 2010.

## 3.3.18.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode pour ce paramètre sont :

- L'arbitraire du choix des seuils temporels.
- La non-distinction du nombre de relocalisations dans la municipalité, car cela peut dépendre de la taille de la municipalité et de sa situation d'exposition à l'érosion.

### 3.3.19 Paramètre A6 : Accès à l'information concernant les risques côtiers

- Accès à l'information pour les citoyens concernant les risques côtiers dans la municipalité ou à proximité selon une typologie

#### 3.3.19.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

L'accès à l'information et les actions de sensibilisation menées auprès des résidents et responsables permettent d'améliorer les capacités d'adaptation et de résilience des communautés côtière (connaissance du milieu, des risques, des actions à prendre pour s'adapter ou en cas de gestion de crise...). Des paramètres semblables ont été utilisés par Thomas *et al.* (2012) (diffusion par les autorités d'informations à propos de la préparation aux inondations), Meur-Ferec *et al.* (2006) (présence de documents administratifs informatifs) ou Meur-Ferec *et al.* (2020) (sensibilisation dans les établissements scolaires, mode diffusion de documents administratifs, publications scientifiques sur les risques côtiers).

Nous avons fait le choix d'un paramètre regroupant différents éléments cités dans la littérature et d'autres adaptés au contexte québécois. Ce paramètre aurait pu être nommé « Présence d'information sur les risques côtiers ». Nous avons décidé de choisir accès à l'information, car le terme *présence* ne reflétait pas l'ensemble des éléments utilisés.

#### 3.3.19.2 Source de la donnée

Les données proviennent de recherche sur le web, de données internes du LDGIZC et d'une enquête menée auprès des résidents de la Basse-Côte-Nord. Les municipalités analysées ont également été interrogées.

#### 3.3.19.3 Scores

**Étape 1 :** Attribution d'un nombre de points selon le type d'information sur les risques côtiers disponible (tableau 33). Dans le cas où le document traitait des glissements de terrain ou des inondations en général, nous en avons tenu compte uniquement lorsque des spécificités côtières y étaient mentionnées. Le nombre de points accordés en fonction du caractère adapté ou non de l'information et de son application locale ou non (diffusion par les autorités locales, événements de sensibilisation sur le territoire...).

Tableau 33. Pointage des types d'information sur les risques côtiers disponibles

Type d'information	Nombre de points*
Documentation sur les risques côtiers sur le territoire diffusée par des OBNL (site web, prospectus...) <i>*si plusieurs organismes ont produit de la documentation, on compte 1 point pour chacun</i>	1
Documentation sur les risques sur le territoire (supramunicipal) diffusée par les autorités locales (municipalité, MRC) (site web, prospectus...)	1,5
Documentation sur les risques dans la municipalité diffusée par les autorités locales (municipalité, MRC) (site web, prospectus...)	2
Événement de sensibilisation pour le grand public ou les scolaires organisé à proximité (municipalité riveraine) depuis 2011 (réunion publique, réalité virtuelle...)	1,5
Événement de sensibilisation pour le grand public ou les scolaires organisé dans la municipalité depuis 2011 (réunion publique, panneaux, réalité virtuelle...)	3
Événement de sensibilisation (réunion publique, sortie terrain...) ou formation pour les gestionnaires ou élus organisé à proximité (municipalité riveraine) depuis 2011	2
Événement de sensibilisation (réunion publique, sortie terrain...) ou formation pour les gestionnaires ou élus organisé dans la municipalité ou à destination des responsables municipaux depuis 2011	3

\* Lorsque la date de l'événement ou la date de production des documents est antérieure à 5 ans (2011-2015), un malus de - 0,5 est appliqué, lorsque la date de production des documents est antérieure à 10 ans (avant 2011), un malus de - 1 est appliqué.

**Étape 2 :** Une sommation des points pour l'ensemble des éléments situés dans la municipalité est effectuée puis une discrétisation est effectuée (tableau 34 tableau 10).

Tableau 34. Score sur l'accès à l'information sur les risques côtiers disponibles

Niveau d'information aux risques côtiers	Score pour le calcul
S'il advenait que des documents diffusent des informations fausses et que ce soit contreproductif pour la sensibilisation aux risques côtiers alors un score de maladaptation serait appliqué pour ce territoire	0,8
Absence d'information spécifique aux systèmes côtiers présents dans la municipalité disponible ou informations spécifiques aux systèmes côtiers trop anciennes (0)	1
]0;3[	2
[3;5[	3
[5;7[	4
7 et plus	5

#### 3.3.19.4 Limites de la méthode

Les limites de la méthode de ce paramètre sont :

- Le caractère non exhaustif du recensement, bien que celui-ci ait été fait au meilleur de notre connaissance;
- Le contenu des documents n'a pas été analysé dans le détail pour les hiérarchiser;
- La manière dont l'information est rendue disponible n'est pas prise en compte (pas de distinction par exemple entre le dépôt d'un prospectus dans une boîte aux lettres et la remise en main propre avec explication);
- La subjectivité du nombre de points attribué;
- L'arbitraire de la date des événements, même si 2011 correspond à une dizaine d'années avant la réalisation de l'indice et est postérieur à la tempête marquante du 6 décembre 2010.

### 3.3.20 Paramètre A7 : Niveau de préparation à une crise éventuelle

- Niveau de préparation à une crise éventuelle en lien avec les risques côtiers dans la municipalité selon une typologie

#### 3.3.20.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

La capacité pour les autorités d'être proactives en cas de crise joue sur leur capacité d'adaptation. La loi impose des schémas et plans de sécurité civile, mais ils ne sont pas toujours à jour ou complets, ce qui joue sur leur capacité à bien gérer un sinistre. Le gouvernement du Québec avait néanmoins imposé des schémas à jour pour novembre 2019.

Le niveau de préparation à une crise éventuelle a pu être pris en compte dans plusieurs indices sous la forme du pourcentage de la population couverte par un plan de réduction des risques récents (Burby *et al.*, 2000; Godschalk, 2007 in Thomas *et al.*, 2012) ou participant à un programme communautaire d'évaluation du risque inondation (Godschalk, 2007 in Thomas *et al.*, 2012), la présence ou non d'un programme citoyen de préparation et réponse en cas de sinistre (Godschalk, 2007 in Thomas *et al.*, 2012), d'un plan de mesures d'urgence (Thomas *et al.*, 2012; Meur-Ferec *et al.*, 2020), d'un programme de rétablissement après sinistre, d'un programme d'adaptation ou d'immunisation des propriétés (Thomas *et al.*, 2012) ou d'un moyen d'alerte (Meur-Ferec *et al.*, 2020).

#### 3.3.20.2 Source de la donnée

Les données proviennent essentiellement de l'information que les municipalités des sites témoins ont accepté gracieusement de partager auprès de notre équipe. Nous les en remercions. Quelques informations ont également été récupérées sur le web.

#### 3.3.20.3 Scores

**Étape 1 :** Attribution d'un nombre de points selon le type d'élément de préparation à une crise éventuelle (tableau 35). La typologie a été réalisée en fonction du type de document ou d'outil, de sa date et du signalement ou non de l'aléa érosion côtière.

Tableau 35. Pointage des éléments de préparation à une crise éventuelle

Type d'information	Nombre de points
Documents d'informations sur la gestion de l'urgence en cas de tempête/grandes marées/inondation disponibles sur le site web de la MRC ou de la municipalité	0,5
Présence d'un schéma de sécurité civile (MRC) dans lequel l'érosion côtière n'est pas signalée comme un risque dont il faut tenir compte	0,5
Présence d'un schéma de sécurité civile (MRC) non à jour (plus de 5 ans) dans lequel l'érosion côtière est signalée comme un risque dont il faut tenir compte	1
Présence d'un schéma de sécurité civile (MRC) récent (moins de 5 ans) dans lequel l'érosion côtière est signalée comme un risque dont il faut tenir compte	1,5
Présence d'un plan de sécurité civile municipal dans lequel l'érosion côtière n'est pas signalée comme un risque dont il faut tenir compte	1
Présence d'un plan de sécurité civile municipal non à jour (plus de 5 ans) dans lequel l'érosion côtière est signalée comme un risque dont il faut tenir compte	1,5
Présence d'un plan de sécurité civile municipal récent (moins de 5 ans) dans lequel l'érosion côtière est signalée comme un risque dont il faut tenir compte	2
Existence d'un système d'alerte en lien avec les aléas côtiers dans la municipalité (géré par la MRC ou la municipalité)	2
Exercice de simulation d'urgence en lien avec les risques	1

À noter que lorsque les plans de sécurité civile étaient en processus de mise à jour, nous avons comptabilisé le plan de sécurité civile en action (c'est-à-dire, l'ancien).

**Étape 2** : Une sommation des points pour l'ensemble des éléments situés dans la municipalité est effectuée puis une discrétisation est effectuée (tableau 36Tableau 34tableau 10).

Tableau 36. Score sur le niveau de préparation à une crise éventuelle

Niveau de préparation	Score pour le calcul
Total de 0	1
Total de 0,5 ou 1	2
Total de 1,5 à 2,5	3
Total de 3 ou 3,5	4
Total de 4 ou supérieur	5

#### *3.3.20.4 Limites de la méthode*

Les limites de la méthode pour ce paramètre sont :

- L'arbitraire du choix du seuil temporel de 5 ans pour l'obsolescence d'un plan. Lors de la réalisation de l'indice, cette date correspond aussi à la mise en place de la nouvelle politique québécoise en sécurité civile en 2014;
- La subjectivité du nombre de points attribué;
- Le fait qu'on se base sur la présence des documents et non une analyse de leur contenu.

### 3.3.21 Paramètre A8 : Démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière

- Démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière sur le territoire selon une typologie

#### 3.3.21.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Les démarches de gestion initiées par les autorités locales ou encore des organismes ou associations, voire des scientifiques permet de sensibiliser l'ensemble des acteurs (résidents et responsables) aux enjeux de risques (connaissance du milieu, des risques, des actions à prendre pour s'adapter ou en cas de gestion de crise...) et ainsi d'améliorer les capacités d'adaptation et de résilience des communautés. Elle permet des actions de coopération, voire de concertation, sur ces enjeux pour améliorer la résilience. Cet élément est pris en compte dans certains indices de vulnérabilité par le biais d'initiatives locales (Meur-Ferec *et al.*, 2006 ; 2020), de la présence d'organismes de concertation comme les organismes de bassin versant (Thomas *et al.*, 2012) ou d'acteurs partenaires de la démarche locale (Meur-Ferec *et al.*, 2020), ou encore de l'intégration d'acteurs extraterritoriaux (Meur-Ferec *et al.*, 2020).

#### 3.3.21.2 Source de la donnée

Les données proviennent essentiellement de l'information que les municipalités des sites témoins ont accepté gracieusement de partager auprès de notre équipe. Nous les en remercions. Quelques informations ont également été récupérées sur le web.

#### 3.3.21.3 Scores

**Étape 1** : Attribution d'un nombre de points selon le type de démarches locales de gestion (tableau 37). La typologie a été réalisée en fonction du type de démarche, de son lien avec les risques côtiers et de la date de sa réalisation. Nous avons fait attention de ne pas faire doublon avec les éléments utilisés pour le paramètre A6.

Tableau 37. Pointage des types de démarches locales de gestion

Type de démarche	Nombre de points
Employé de la MRC dont la description de poste tient compte des risques et/ou de la zone côtière	1
Employé municipal dont la description de poste tient compte des risques et/ou de la zone côtière	2
Embauche de personnel spécialisé sur les risques côtiers au sein de la MRC	2
Embauche de personnel spécialisé sur les risques côtiers au sein de la municipalité (par exemple : poste à Sainte-Flavie)	3
Existence d'un comité local actif d'élus, de fonctionnaires et/ou de résidents sur ces questions de risque côtiers (par exemple : Comité érosion aux Îles-de-la-Madeleine)	2
Existence d'une TCR sur la GIZC n'intégrant pas les enjeux de gestion des risques côtiers	1
Existence d'une TCR sur la GIZC intégrant les enjeux de gestion des risques côtiers	2
Plan de gestion au niveau local (gestion du risque, adaptation aux CC...)* par exemple : Ex : Sainte-Flavie plan d'adaptation aux CC	3
ACA réalisée ou en cours sur le territoire*	1
Analyse de vulnérabilité réalisée ou en cours (excluant notre démarche) sur le territoire*	2
Analyse multicritères ou en cours réalisée sur le territoire*	2

\* Lorsque la date de production du document est antérieure à 5 ans alors on doit appliquer -0,5, et antérieure à 10 ans on applique -1

**Étape 2 :** Une sommation des points pour l'ensemble des démarches recensées est effectuée puis une discrétisation est effectuée (Tableau 38Tableau 34tableau 10).

Tableau 38. Scores pour la démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière

Type de démarche	Score pour le calcul
Absence de démarche locale spécifique (0)	1
]0;3[	2
[3;5[	3
[5;7[	4
7 et plus	5

#### *3.3.21.4 Limites de la méthode*

Les limites de la méthode pour ce paramètre sont :

- L'arbitraire du choix des seuils temporels de 5 et 10 ans pour l'ancienneté voire l'obsolescence de la démarche;
- La subjectivité du nombre de points attribué.

### 3.3.22 Paramètre A9 : Importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables / Connaissances des mesures d'adaptation les plus durables (pour la MRC GSL)

- Évaluation de l'importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables d'une population enquêtée dans la MRC selon les réponses à une question portant sur les moyens et approches pour s'adapter aux aléas côtiers (ou pour diminuer les impacts des aléas côtiers dans le cas de la MRC Golfe-du-Saint-Laurent)

#### 3.3.22.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

Comme souligné dans la section 2.3.3, il est important de tenir en compte de la perception des habitants, de leurs représentations, dans les études de vulnérabilité, malgré les difficultés soulignées pour l'intégrer dans un indice (Meur-Ferec *et al.*, 2006; 2011; 2020; Hellequin *et al.*, 2013; Michel-Guillou et Meur-Ferec, 2017). La capacité à faire face de la société aux aléas naturels et aux changements climatiques, qui relève des capacités d'adaptation, nous a paru importante à documenter. Au regard de l'enquête sur la perception menée auprès de résidents côtiers qui, rappelons-le, n'avait pas pour objectif d'alimenter des paramètres de représentation à intégrer à l'indice de vulnérabilité, nous avons choisi de traiter les réponses d'une question portant sur l'importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables. L'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion des risques, dont les mesures techniques, par les habitants avait déjà été intégré à l'indice développé par Meur-Ferec *et al.* (2008), mais remplacé dans une étude ultérieure par la connaissance des programmes de gestion (Meur-Ferec *et al.*, 2020). Ce sont les connaissances des mesures d'adaptation les plus durables qui ont été testées pour les sites de la Basse-Côte-Nord.

#### 3.3.22.2 Source de la donnée (hors Basse-Côte-Nord)

Les réponses à la question 17 de l'enquête sur la perception des risques dans l'Est du Québec de l'été 2017 ont été utilisées (réalisées dans toutes les MRC du Québec maritime, à l'exception de la Basse-Côte-Nord, des Îles-de-la-Madeleine et des MRC de Chaudière-Appalaches et de la Capitale-Nationale).

La question était :

***Il existe différents moyens et approches pour s'adapter à l'érosion et la submersion côtières. Quelle importance accordez-vous à ceux que nous présentons ?***

Les modalités testées étaient :

- a. *L'interdiction de construction dans les zones à risque d'érosion ou de submersion côtières*
- b. *La conservation des milieux naturels qui jouent un rôle dans la lutte contre l'érosion et la submersion côtières*
- c. *La conservation d'une bande côtière libre d'entraves pour permettre au littoral d'avancer et de reculer naturellement*
- d. *La rénovation des bâtiments afin de les adapter aux impacts de l'érosion et de la submersion côtière (ex. : pilotis, panneau électrique au rez-de-chaussée plutôt qu'au sous-sol, etc.)*
- e. *Le maintien à tout prix des bâtiments aménagés en bordure de mer*
- f. *La mise en place de mesures de protection (allant de la revégétalisation à un enrochement) afin de protéger les terrains côtiers de l'érosion et de la submersion côtière*
- g. *La mise en place d'un comité de concertation de l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion de la zone côtière (soit les municipalités, MRC, ministères, organismes locaux ou régionaux comme les OBV, comités ZIP, comités citoyens, etc.)*

Les réponses possibles étaient : *Pas important / Peu important / Important / Très important / Extrêmement important / Ne se prononce pas*

Comme il y a des différences selon les municipalités ou MRC, même si elles ne sont pas toujours significatives, ou pas toujours selon les modalités de réponses (relation faible en fonction des MRC, mais significative seulement pour d, e et g), il nous est paru intéressant d'utiliser les résultats par MRC, malgré le nombre limité d'individus interrogés (22 à 45). Ne pas différencier selon les MRC et prendre les résultats globaux en les appliquant partout (paramètre non discriminant) revenait à ne pas utiliser le paramètre de perception, qui nous paraissait essentiel à intégrer, malgré les limites des résultats utilisés.

Nous avons aussi choisi de prendre en compte uniquement les 5 mesures d'adaptation durables les plus évidentes (a, b, c, d et g) : la mesure de la modalité e n'est pas une option durable et pour la modalité f, les enrochements et murs ne sont pas toujours adaptés.

### 3.3.22.3 Scores (hors Basse-Côte-Nord)

Un score a été attribué en fonction de la réponse pour chacune des catégories (sauf e et f) : 0 pour pas important, 1 pour peu important, 2 pour important, 3 pour très important, 4 pour extrêmement important. Le score global obtenu en additionnant le score de tous les répondants de la MRC a été divisé par le nombre de répondants qui se sont prononcés, ce qui a permis d'obtenir l'importance relative des « solutions d'adaptation préconisée » pour les répondants de la MRC. Le maximum potentiel était de 20 (score de 4 pour tous les participants et pour chacune des 5 modalités de réponses testées).

Le calcul de cet indice d'importance relative des solutions d'adaptation les plus durables a été effectué pour chacune des 15 MRC dans lesquelles l'enquête a été réalisée (tableau 39). La discrétisation en classes de vulnérabilité a été réalisée selon la méthode des seuils apparents qui a permis de différencier trois groupes (figure 7). Comme les réponses étaient plutôt positives (l'indice global pour l'ensemble des MRC a été de 15,0/20 avec 75 % des réponses très importantes ou extrêmement importantes pour les 5 mesures testées), il a été décidé que ces trois groupes correspondraient à des scores de 2, 3 et 4, après avoir analysé les résultats selon la méthode standardisée où aucun individu ne se retrouvait dans la classe supérieure, mais un individu dans la classe inférieure (tableau 40).

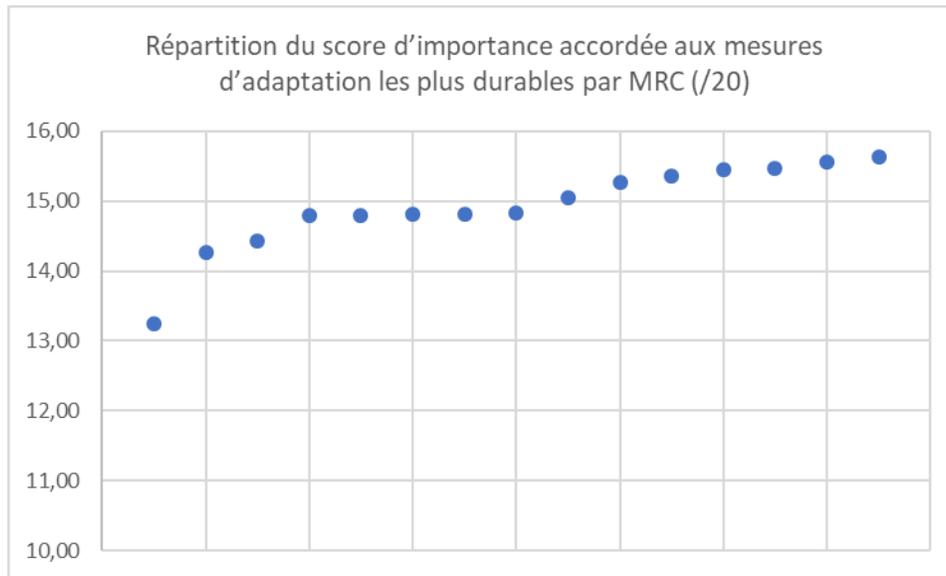


Figure 7. Répartition du score d'importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables pour les 15 MRC testées



Tableau 40. Score du niveau d'importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables

Niveau d'importance reconnu	Indice d'importance relative des solutions d'adaptation les plus durables	Score pour le calcul	Nb de MRC sur les MRC enquêtées
Mesures d'adaptation les plus durables très peu importantes	< 10	1	0
Mesures d'adaptation les plus durables peu importantes	]10 – 13,5]	2	1
Mesures d'adaptation les plus durables assez importantes	]13,5 – 15,1]	3	8 (dont HGA)
Mesures d'adaptation les plus durables importantes	]15,1 – 16,5]	4	6 (dont MIN, MAT et BAS)
Mesures d'adaptation les plus durables très importantes	[16,5 - 20]	5	0

#### 3.3.22.4 Source de la donnée pour la Basse-Côte-Nord

Les réponses aux questions 17 et 17.1 de l'enquête réalisée en Basse-Côte-Nord à l'été 2019 dans le cadre de la maîtrise de Clara Pelletier-Boily ont été utilisées.

Les questions étaient :

***connaissez-vous des types de mesures d'adaptation qui permettent de diminuer les impacts de l'érosion ou de la submersion côtière? Si oui, cochez celles que vous connaissez (se servir de photos).***

Les modalités testées étaient :

- A. Enrochement
- B. Mur de protection
- C. Brise-lames
- D. Épis maritimes
- E. Recharge de plage
- F. Ganivelles
- G. Végétalisation/génie végétal
- H. Interdiction de construction dans les zones à risque
- I. Conservation des milieux naturels protégeant contre l'érosion et la submersion côtières
- J. Rénovation des bâtiments afin de les adapter aux impacts de l'érosion et la submersion côtières (ex. : pilotis, panneau électrique au RC plutôt qu'au sous-sol, etc.)
- K. Démantèlement ou relocalisation des bâtiments aménagés en bordure de mer
- L. Autre (préciser) :

Les choix de réponses de E à K ont été utilisés pour évaluer ce paramètre puisque l'on considère ces types de mesures d'adaptation comme plus durables et qu'ils correspondent pour la plupart aux choix de réponses évalués dans la question 17 de l'enquête réalisée dans les autres MRC. Le choix de réponse « Autre » n'a pas été utilisé puisque les répondants mentionnaient des mesures d'adaptation considérées comme non durable par l'équipe d'experts.

### 3.3.22.5 Scores pour la Basse-Côte-Nord

Les classes de vulnérabilité ont été définies selon le nombre de mesures durables connues (E à K). Pour les répondants ayant répondu NON à la question 17 et les répondants ayant donné des mesures non durables (A à D), nous avons retenu un nombre de mesures durables de 0. Nous aurions exclu les répondants ne s'étant pas prononcés, mais il n'y en avait pas. Pour chaque village, nous avons calculé une moyenne du nombre de mesures durables citées par le répondant.

La moyenne de mesures durables connues par les répondants de Blanc-Sablon est de 1,7, celle des répondants de Chevery est de 4,35, celle des répondants de La Romaine et Unamen Shipu est de 2,25 et celle des répondants de Kegaska est de 3,3.

Malgré le faible nombre de valeurs (4), nous avons fait le choix de faire plusieurs classes étant donné que les résultats étaient tout de même différenciés selon les quatre communautés enquêtées. La méthode standardisée, en fonction de la moyenne (3,09) et de l'écart type (2,03), a été appliquée, étant donné que les autres méthodes nous paraissaient encore moins adaptées. Trois classes ont été distinguées et le groupe d'experts a décidé de les assigner aux scores 2, 3 et 4 étant donné que la moyenne de mesures durables connues ne s'est jamais approchée de 0 n'a jamais été supérieure à 5 (tableau 41).

Tableau 41. Score du niveau de connaissance des mesures d'adaptation les plus durables

Niveau de connaissance	Nombre moyen de mesures connues	Score pour le calcul	Nb de sites enquêtés
très faible connaissance des mesures d'adaptation les plus durables	0 - 1	1	0
faible connaissance des mesures d'adaptation les plus durables	1 - 2	2	1
connaissance moyenne des mesures d'adaptation les plus durables	2 - 4	3	2
connaissances importantes des mesures d'adaptation les plus durables	4 - 5	4	1
connaissances très importantes des mesures d'adaptation les plus durables	5 - 7	5	0

### 3.3.22.6 Limites de la méthode

Ce paramètre nous paraît très importants pour évaluer la vulnérabilité. Nous reconnaissons que nous n'avons pas les données idéales pour l'évaluer, mais nous avons préféré l'évaluer tout de même en reconnaissant les limites plutôt que ne de pas le prendre du tout. Ces limites sont les suivantes :

- Malgré le fort intérêt scientifique d'intégrer des variables reliées à la perception, il est délicat de le faire en raison des interrogations sur la représentativité des données, leur fiabilité, du choix de la question, qui n'était pas directement faite pour être utilisée pour un indice, d'autant plus qu'aucun sociologue ou psychologue de l'environnement n'était présent dans l'équipe d'experts.
- La plupart des indicateurs reliés aux représentations ne dégagent pas de tendance directe en termes de vulnérabilité (Meur-Ferec *et al.*, 2020).
- Les questions posées pouvaient être complexes à interpréter pour l'enquêté (en particulier celle de l'enquête générale) et elle concernait à la fois l'érosion et la submersion côtière.
- On parle de manière générale, mais les enquêtés peuvent penser à leur propre situation.
- Il y avait également un biais dans la façon dont a été posée la question de l'enquête générale, car la question évoquait « la rénovation de vos bâtiments afin de les adapter ... », alors que plusieurs répondants ne souhaitaient pas apporter de modifications à leurs bâtiments comme tel, mais pouvait souligner l'éventuelle importance de l'approche pour les nouvelles constructions ou lors de rénovations planifiées. Sur ce point précis, nous savons que l'encadrement de l'interviewer n'a pas toujours été le même dans toutes les MRC.
- Le fait que les questions sont différentes pour les sites de la Basse-Côte-Nord et les autres sites limite les comparaisons.
- Il est difficile d'attribuer des « bonnes réponses » (jugement de valeur), même si seule la réponse e. paraît moins vertueuse et que la réponse f. peut également être moins durable (protection par un mur ou un enrochement).
- La discrétisation en classes de vulnérabilité a été délicate étant donné la faiblesse de la population statistique (15 dans un cas, 4 dans l'autre).
- L'analyse n'a pu être faite à l'échelle municipale (à l'exception de la Basse-Côte-Nord) en raison de la trop faible quantité de données à cette échelle, le nombre d'individus par MRC ayant même parfois été limite pour obtenir une information représentative. Dans le cas du site d'Unamen Shipu/La Romaine, le nombre d'enquêtés était particulièrement réduit (N=8).

### 3.3.23 Paramètre A10 : Connaissance de l'érosion côtière (hors Basse-Côte-Nord)

- Évaluation de la connaissance des risques d'une population enquêtée dans la MRC selon les réponses à une question portant sur les phénomènes pouvant causer de l'érosion côtière

#### 3.3.23.1 Justification scientifique à l'utilisation de ce paramètre

En termes de prise en compte de la perception des risques, la connaissance de l'aléa est une variable plus souvent évoquée pour influencer sur la vulnérabilité. Elle a pu être intégrée à des indices par le biais de l'expérience d'événements passés (Balica *et al.*, 2012 ; Meur-Ferec *et al.*, 2020) ou de la conscience du risque (Meur-Ferec *et al.*, 2008; 2020; Balica *et al.*, 2012).

Compte tenu des questions posées lors de notre enquête dans l'Est du Québec, nous avons décidé de tenir compte du niveau de connaissance de l'aléa érosion côtière. Il faut néanmoins avoir conscience que ce n'est pas vraiment la connaissance qui est importante en termes d'adaptation, mais en réalité ce qu'on nomme le « concernement », c'est-à-dire se sentir concerné (Brunet, 2008; Bousquet *et al.*, à paraître).

#### 3.3.23.2 Source de la donnée

Les réponses à la question 13.1 de l'enquête sur la perception des risques dans l'Est du Québec de l'été 2017 ont été utilisées (réalisées dans toutes les MRC du Québec maritime, à l'exception de la Basse-Côte-Nord, des Îles-de-la-Madeleine et des MRC de Chaudière-Appalaches et de la Capitale-Nationale).

La question était : ***Selon vous, les phénomènes suivants peuvent-ils causer de l'érosion côtière ?***  
À noter que la question n'est pas seulement reliée à la municipalité, mais posée en général (d'ailleurs, plusieurs disaient que cela n'était pas le cas dans leur municipalité lors de l'enquête).

Les modalités testées étaient :

- Vagues de tempête*
- Élévation du niveau de la mer*
- Redoux hivernaux*
- Diminution de la glace (couverture et durée)*
- Fortes pluies*
- Crues des cours d'eau*

- g. Eau souterraine*
- h. Forts vent*
- i. Changements climatiques*
- j. Interventions ou activités humaines*

Les réponses possibles étaient : *oui / non / ne se prononce pas*

Comme il y a des différences selon les municipalités ou MRC, même si elles ne sont pas toujours significatives, ou pas toujours selon les modalités de réponses, il nous est paru intéressant d'utiliser les résultats par MRC, malgré le nombre limité d'individus interrogés (22 à 45). Ne pas différencier selon les MRC et prendre les résultats globaux en les appliquant partout (paramètre non discriminant) revenait à ne pas utiliser le paramètre de perception, qui nous paraissait essentiel à intégrer, malgré les limites des résultats utilisés.

Nous avons aussi choisi de prendre en compte uniquement les trois types de réponses les plus évidentes (a, d et i), par ailleurs diversifiées : un forçage connu, une spécificité québécoise, une vision globale. Les résultats pour nos sites testés sont dans le tableau 42. L'enquête n'ayant pas été menée en Basse-Côte-Nord, ce paramètre A10 n'est pas utilisé pour les 4 sites de ce secteur. Il y a donc seulement 9 paramètres d'adaptation pour ces sites témoins.

Tableau 42. Réponses positives aux 3 modalités causant l'érosion côtière dans les 4 sites testés

	% oui HGA	% oui BAS	% oui MIN	% oui MAT	% oui Est du Québec	Analyse statistique pour l'Est du Québec
<b>Vagues de tempête</b>	100	98	93	92	95	85 à 100 / p 0,4 / V 0,16 relation faible et non significative
<b>Diminution de la glace (couverture et durée)</b>	91	86	69	88	83	48 à 91 / P 0,001 / V 0,22 relation moyenne et significative
<b>Changements climatiques</b>	86	94	93	92	90	65 à 97 / p 0,006 / V 0,21 relation moyenne et significative
<b>Nb de répondants</b>	22	42	45	25	563	

Nous avons regardé s'il y avait une corrélation avec un autre paramètre qui aurait pu être utilisé comme proxy :

- ancienneté dans la municipalité : non pertinent (pas de gradation des corrélations, les 20-30 ans d'ancienneté et 5-10 ans sont les plus conscients)
- niveau d'étude : non pertinent (gradient uniquement pour la réponse Diminution de la glace, même si maximum pour les personnes ayant un niveau technique/cégep)

### 3.3.23.3 Scores

Un score a été attribué en fonction du pourcentage de bonnes réponses en ne prenant en compte que les réponses les plus pertinentes (a, d et i). Le score global est obtenu en additionnant le score des trois phénomènes retenus, puis divisé par 100. Le maximum potentiel était de 3, correspondant à une connaissance supposée parfaite de l'érosion de la population enquêtée.

Le calcul de cet indice du niveau de connaissance de l'érosion côtière a été effectué pour chacune des 15 MRC dans lesquelles l'enquête a été réalisée (tableau 43). La méthode des seuils apparents a été préférée à une méthode standardisée après l'analyse de la distribution (non gaussienne) et en raison du faible nombre d'individus. Quatre classes ont été différenciées (figure 8). Comme le score obtenu pour la classe supérieure était particulièrement élevé (2,83/3), il a été décidé que ces quatre groupes correspondraient à des scores de 2, 3, 4 et 5.

Tableau 43. Score du niveau de connaissance de l'érosion côtière

Niveau de connaissance	Nombre de points aux réponses a, d et i additionnées	Score pour le calcul	Nb de MRC sur les MRC enquêtées
très faible connaissance de l'érosion côtière	< 2,0	1	0
faible connaissance de l'érosion côtière	]2,0 – 2,2]	2	1
connaissance moyenne de l'érosion côtière	]2,2 – 2,6]	3	3 (dont MIN)
connaissances importantes de l'érosion côtière	]2,6 – 2,8]	4	10 (dont MAT, HGA et BAS)
connaissances très importantes de l'érosion côtière	]2,8 – 3,0]	5	1

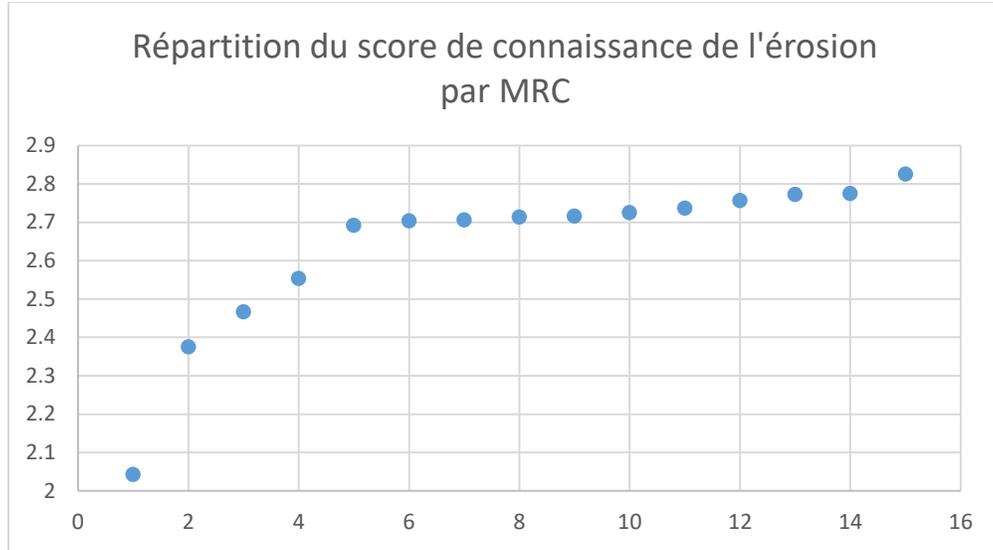


Figure 8. Répartition du score de connaissance de l'érosion côtière pour les 15 MRC testées

#### 3.3.23.4 Limites de la méthode

Ce paramètre nous paraît très important pour évaluer la vulnérabilité. Nous reconnaissons que nous n'avons pas les données idéales pour l'évaluer, mais nous avons préféré l'évaluer tout de même en reconnaissant les limites plutôt que ne de pas le prendre du tout. Celles-ci sont :

- Comme pour le paramètre précédent, la représentativité des enquêtés et donc de la donnée utilisée peut poser question.
- La question choisie ne reflète qu'un élément de la connaissance des risques.
- Le nombre de modalités proposées était important, ce qui pouvait perdre l'enquêté. Au final, seules trois modalités de réponses ont été conservées, les plus pertinentes (oui était forcément la bonne réponse).
- Il y a un biais de désirabilité, car certains répondants avaient tendance à identifier tous les phénomènes nommés comme pouvant être une cause d'érosion.
- La discrétisation en classes de vulnérabilité et leur association à un niveau de vulnérabilité a été difficile : comment déterminer la différence entre une très bonne connaissance et une bonne connaissance des risques ? De plus, ce n'est pas parce qu'une seule MRC a le taux le plus faible qu'elle mérite pour autant un niveau d'adaptation de 1. Cette difficulté à positionner une valeur sur une échelle de vulnérabilité s'explique aussi par l'absence de référence à l'échelle nationale (Meur-Ferec *et al*, 2008), même si nous avons tout de même des données sur 15 des 24 MRC riveraines de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent.

### 3.4 Pondération des paramètres par les acteurs du territoire

Nous avons souligné précédemment l'intérêt de faire pondérer les paramètres de vulnérabilité par les acteurs du territoire et le fait l'on tient rarement compte de ce que les futurs utilisateurs de notre indice considèrent comme le plus important (section 2.3.5). La méthode proposée (pondération du poids que devraient avoir les 22 paramètres dans l'équation) est par ailleurs originale par rapport aux autres études scientifiques pour lesquelles une pondération a été réalisée. Le certificat d'éthique en lien avec cette enquête est le CÉR-101-748.

#### 3.4.1 Les acteurs ayant participé à la pondération

Les acteurs du territoire ciblés pour la pondération étaient :

- Des représentants des ministères québécois en lien avec la gestion des risques côtiers issus des directions régionales, mais aussi quelques représentants au niveau national. Les ministères visés étaient ceux en lien avec la gestion des risques et l'adaptation (MSP, MTQ, MAMH, MELCC).
- Des acteurs locaux : les directeurs généraux et éventuellement les chargés d'urbanisme, d'aménagement du territoire, de gestion des risques dans les municipalités, les aménagistes et les éventuelles personnes chargées de la gestion des risques ou de la sécurité civile dans les MRC. Nous n'avons retenu qu'une personne par municipalité et au moins une personne par MRC. Des représentants des différentes communautés autochtones de l'Est du Québec ont aussi été contactés.

L'objectif de l'indice étant d'être une aide pour l'aménagement du territoire et l'adaptation aux risques, nous avons fait le choix de ne pas contacter d'élus ou d'organismes environnementaux ou de concertation. Par contre, comme la méthode a vocation à être utilisée partout au Québec, les acteurs locaux pouvaient provenir de l'ensemble des MRC de l'Est du Québec, excluant les MRC de l'estuaire moyen du Saint-Laurent étant donné que nous n'avons pas les données pour faire une analyse de vulnérabilité à court terme sur leur territoire. Aucune distinction n'a été faite par MRC, le nombre de répondants aurait été non représentatif. Le questionnaire était anonyme, seule la structure d'affiliation était demandée à des fins statistiques et de vérification de la représentativité.

Au total, 191 personnes ont été contactées. Au final, seules 40 personnes ont répondu (figure 9), ce qui nous paraît satisfaisant. Dans les rares études ayant fait appel aux avis d'experts, il n'est pratiquement jamais mentionné le nombre de personnes consultées, et, lorsque cela est le cas, celui-ci est bas (4 par exemple pour Bagdanavičiūtė *et al.*, 2019). Onze personnes sont issues de ministères. Aucun ministère n'est représenté de façon disproportionnée. Quatorze personnes

proviennent de MRC, 10 de municipalité, 4 de ville et 1 d'une communauté autochtone. La région Gaspésie-îles-de-la-Madeleine est moins représentée que les autres, soit la Côte-Nord et le Bas-Saint-Laurent. Aucune région n'est surreprésentée. Il faut aussi mentionner que douze personnes n'ont pas mentionné la région pour laquelle ils travaillent.

### STRUCTURE DES PERSONNES AYANT PARTICIPÉES À LA PONDÉRATION

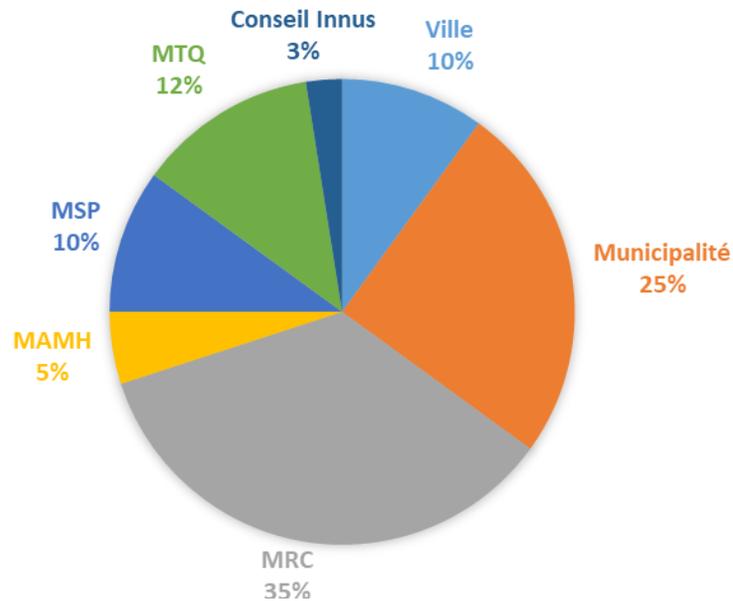


Figure 9. Structures des personnes ayant participé à la pondération

#### 3.4.2 Déroulement de la consultation des acteurs du territoire

Les acteurs du territoire visés ont été contactés par courriel en janvier 2021. Ils étaient invités à visionner une capsule vidéo de 15 minutes avant de remplir un sondage en ligne avant le 24 février 2021. Des rencontres en personnes étaient initialement prévues, mais la situation sanitaire nous en a empêchés.

La capsule vidéo comprenait :

1. Une présentation de ce qu'est la vulnérabilité et de ce à quoi peut servir un indice de vulnérabilité
2. Une présentation de l'indice développé dans le cadre de cette étude et des paramètres sur lesquels ils devaient se prononcer
3. Une présentation du sondage en ligne sur l'importance relative des différents paramètres.

Le questionnaire comportait deux questions principales :

- « Selon vous, lorsqu'il s'agit d'indiquer si un secteur de côte est vulnérable ou pas à l'érosion côtière et à quel point il est vulnérable, quelle importance accordez-vous à chacun des paramètres suivants pour tenir compte des enjeux humains, socio-économiques et environnementaux présents dans la zone côtière ? »
- « Selon vous, lorsqu'il s'agit d'indiquer si un secteur de côte est vulnérable ou pas à l'érosion côtière et à quel point il est vulnérable, quelle importance accordez-vous à chacun des paramètres suivants pour tenir compte du niveau d'adaptation des communautés côtières ? »
- Le questionnaire comportait aussi une question ouverte sur l'existence d'un paramètre qui leur paraîtrait pertinent à ajouter ainsi qu'une case « commentaires généraux ».

Dans les deux cas, les acteurs étaient invités à indiquer une valeur allant de 0 à 3 pour chaque paramètre :

- 0 = non important (serait à éliminer selon vous)
- 1 = peu important
- 2 = important
- 3 = très important

C'est la moyenne des valeurs attribuées par les 40 acteurs qui a servi de pondération calculer l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion.

### 3.4.3 Résultats de la pondération

Le tableau 44 présente les valeurs de la pondération pour les 22 paramètres utilisés.

Tableau 44. Pondération des 22 paramètres de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion

N° paramètre	Nom du paramètre	Pondération
E1	Nombre d'habitants exposés	2,65
E2	Proportion de la population vulnérable	1,88
E3	Niveau d'instruction de la population	0,68
E4	Bâtiments abritant des personnes sensibles	2,35

N° paramètre	Nom du paramètre	Pondération
E5	Usages sociaux et récréotouristiques	1,88
E6	Enjeux patrimoniaux	1,95
E7	Enjeux économiques	2,28
E8	Réseaux d'infrastructures	2,88
E9	Niveau d'impact de la rupture du service routier	2,83
E10	Enjeux stratégiques	2,48
E11	Risque pour l'environnement causé par les activités humaines	2,18
E12	Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion côtière	2,23
A1	Niveau de zonage des risques d'érosion côtière	2,4
A2	Niveau de réglementation liée aux risques naturels	2,42
A3	Mesures de protection structurelles	2,2
A4	Mesures de protection alternatives	2,3
A5	Existence de relocalisations	2,15
A6	Accès à l'information concernant les risques côtiers	2,1
A7	Niveau de préparation à une crise éventuelle	2,35
A8	Démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière	2,28
A9	Importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables (Connaissances des mesures d'adaptation les plus durables pour la MRC GSL)	2,18
A10	Connaissances de l'érosion côtière (non disponible pour la MRC GSL)	2,11

#### 3.4.4 Perception qu'ont les acteurs du territoire de la vulnérabilité à l'érosion côtière

La plupart des paramètres sont considérés comme importants par les acteurs à l'exception du paramètre E3 (Niveau d'instruction de la population), qui est considéré comme le moins important. En effet, le paramètre E3 serait à éliminer selon 50% des acteurs (figure 10). Le paramètre E3 est aussi considéré comme peu important pour 35% des acteurs. Cela peut être très étonnant puisque d'une part, dans la littérature plus un peuple est éduqué, moins il sera vulnérable puisque l'éducation peut directement influencer la perception du risque, les

connaissances et les compétences envers celui-ci ainsi qu'indirectement réduire la pauvreté, améliorer la santé et promouvoir l'accès aux informations et aux ressources (Muttarak et Lutz, 2014). Ainsi, l'éducation est souvent considérée comme une cause des comportements d'adaptation et d'autonomie des gens dans leur réponse à la préparation et au rétablissement d'un lieu à la suite d'un désastre (Muttarak et Lutz, 2014). L'éducation est donc souvent un moyen utilisé pour améliorer l'adaptation (Burkett et Davidson, 2012). D'autre part, le savoir local est de plus en plus reconnu comme étant une importante source d'information pour reconnaître les impacts locaux des changements climatiques (Bone et al., 2011). Cependant vu la présentation des paramètres réalisée au moyen d'une courte vidéo il n'a pas été possible d'expliquer aux participants du sondage en quoi ce paramètre influençait le niveau de vulnérabilité dans la littérature et comme nous n'étions pas sur place pour répondre aux interrogations, cela pourrait expliquer la très faible importance accordée au paramètre E3.

### E3: NIVEAU D'INSTRUCTION DE LA POPULATION

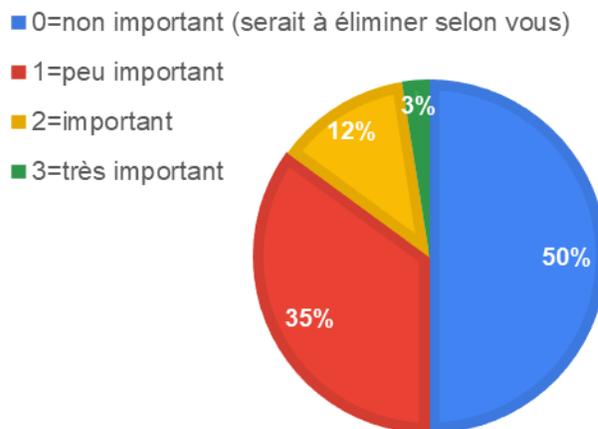


Figure 10. Graphique du résultat de la pondération du paramètre E3

#### 3.4.5 Limites de la méthode

Initialement, la pondération devait se faire après des échanges au niveau de tables de discussion (formule du *World café*). En raison de la pandémie, cela n'a pu être organisé ce qui n'a pas permis de pouvoir répondre aux questions éventuelles des acteurs sur certains paramètres (même si nous avons précisé que les répondants pouvaient nous contacter pour cela, aucun ne l'a fait), ni de favoriser des échanges qui auraient sans doute permis aux acteurs d'avoir un point de vue plus global, d'ouvrir les perspectives voire de rajouter des paramètres. Le choix du paramètre E3

(Niveau d'instruction de la population), sans doute mal compris, car peu plébiscité, aurait pu être ainsi expliqué et justifié.

Une autre limite de la méthode est la représentativité des répondants (sous-représentation de la région Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, nombreux acteurs issus des MRC et des municipalités). Des dissensus entre certaines catégories d'acteurs (ministères vs acteurs de terrain par exemple) pourraient exister et ne pourraient pas être présentées comme seule une valeur moyenne est utilisée.

Par ailleurs, plus globalement, il n'était pas évident pour les participants de faire la part des choses entre les éléments vraiment importants et peu importants. Leur vote a aussi pu être influencé par le contexte à l'hiver 2020 (situation pandémique, déprise économique, période des tempêtes hivernales...).

### 3.5 Création des polygones de secteurs d'érosion

Ce ne sont pas des paramètres physiques de la côte qui permettent d'avoir une approximation de l'érosion sur la côte, mais ce sont des calculs de prévision de déplacement futur de la côte découlant de mesures locales. S'intégrant dans un projet global, le chantier de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion reprend les mêmes principes scientifiques de base et s'appuie sur les mêmes concepts et tendances prévues et les mêmes calculs précédemment effectués (Touchette *et al.*, 2021).

#### 3.5.1 Justification du choix de la méthode

Dans la littérature (voir par exemple Boruff *et al.*, 2005 ; Meur-Ferec *et al.*, 2006 ; Özyurt et Ergin, 2010 ; Nguyen et Woodroffe 2016 ; Bagdanavičiūtė *et al.*, 2019), l'exposition aux aléas côtiers est souvent estimée à partir de *proxys* (variables de substitution) analysés par secteur de côte, parfois liés directement à cette exposition (taux de déplacement de la côte), mais souvent indirects (type de côte, de sédiments, largeur et hauteur de la plage, présence d'infrastructures, pente, marnage, hauteur moyenne des vagues significatives, élévation du niveau marin...). Compte tenu des données accumulées sur l'érosion côtière par le LDGIZC depuis plusieurs décennies et du travail spécifique sur l'exposition des côtes de l'Est du Québec réalisé dans le cadre du projet Résilience côtière (Touchette *et al.*, 2021), nous avons choisi d'utiliser une enveloppe spatiale variable correspondant, au mieux de nos connaissances, à l'espace pouvant être soumis à l'érosion tant actuelle que future. L'utilisation de données réelles d'érosion avait également été prise en compte pour l'indice de vulnérabilité des routes aux aléas côtiers (IVRAC) (Drejza *et al.*, 2015; 2019) et pour l'indice de vulnérabilité des infrastructures côtières (IVIC) (Drejza *et al.*, 2018).

Cependant pour le projet actuel les données réelles n'ont pas été associées à chaque élément étudié selon sa distance à la côte comme l'IVRAC ou l'IVIC. La création de deux zones tampons selon les horizons de travail a été préférée, car elle est en effet moins chronophage et facilite le traitement pour les enjeux surfaciques et non ponctuels (écosystèmes, secteurs d'activités sur la côte). De plus elle évite de devoir effectuer une caractérisation de chaque enjeu dans des secteurs de 500 m X 150 m (Drejza *et al.*, 2018) en permettant la caractérisation uniquement des éléments situés dans les zones tampons (*buffer*).

### 3.5.2 Détermination de l'évolution future de la côte

Les enveloppes spatiales doivent représenter les terrains soumis à l'action de l'érosion. Il est donc important de connaître à la fois le taux de déplacement probable à l'avenir de la côte (basé sur les mesures historiques) et le recul événementiel (recul potentiel de la côte en un seul événement).

La méthode est basée sur le **scénario d'érosion probable**. Nous exposerons ici les grandes lignes, mais le détail sur le choix de ce scénario d'évolution de la côte, son calcul et les images anciennes sur lesquels on se base est expliqué dans le rapport de Résilience côtière consacré à l'exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière (Touchette *et al.*, 2021) ainsi que dans de précédents rapports du LDGIZC (Marie *et al.*, 2014 et 2017 c). Pour chaque portion de côte homogène (ou unité géomorphologique homogène (UGH) lorsqu'établi par une précédente étude), le scénario d'évolution du littoral utilisé pour faire la projection du recul ou de l'avancée de la ligne de rivage ou du trait de côte a été choisi en fonction de la compréhension de la dynamique côtière et des scénarios climatiques projetés. Le taux de migration annuel probable a été calculé en déterminant une valeur tous les 50 m selon une moyenne mobile (moyenne de cinq taux de déplacement : celui du transect considéré et des deux mesures de part et d'autre de celui-ci). Ce taux annuel (qui peut être positif, nul ou négatif) a été multiplié par le nombre d'années séparant le dernier trait de côte disponible (2015, 2016 ou 2017) et l'année choisie comme horizon (2020 ou 2070).

Le **recul événementiel** correspond au recul maximal anticipé en un seul événement. Il est distinct selon le type de côte et selon les zones géomorphologiques du Québec maritime et a été déterminé à partir des mesures annuelles prises au cours des 20 dernières années par le LDGIZC (voir tableau 45 et Touchette *et al.*, 2021). Cette valeur correspond à la limite à partir de laquelle un enjeu peut être considéré comme étant à risque imminent d'érosion. Pour l'exposition actuelle (2020) ou lorsque les taux d'évolution du scénario probable indiquaient une accrétion pour l'horizon 2070 ou encore lorsque la côte est protégée par une infrastructure côtière (mur, enrochement), seul ce recul événementiel a été pris en compte pour l'enveloppe spatiale d'exposition.

Tableau 45. Reculs événementiels pour les sites témoins (en mètre)

Type de côte	BAS	MAT	HGA	MIN et GSL
Falaise meuble	-2,9	-2,9	-5,30	-15
Falaise meuble-base rocheuse	-0,85	-0,5	-1,40	-15
Falaise rocheuse	-0,85	-0,4	-0,85	0
Falaise rocheuse – sommet meuble	Non répertorié	-0,4	-0,65	0

Type de côte	BAS	MAT	HGA	MIN et GSL
Flèche littorale	-7,7	-6,35	-8,20	-19,4
Flèche littorale intérieure	-7,7	Indéfini	Indéfini	-6
Marais maritime	Indéfini	Indéfini	Indéfini	Indéfini
Meuble sans falaise	-2,9	-2,9	-5,3	-24,6 (TP)
Meuble sans falaise morainique	Non répertorié	Non répertorié	Non répertorié	-5
Terrasse de plage et terrasse de plage à base rocheuse	-10,15	-14,20	-14,20	-24,6

### 3.5.3 Présence de structures de protection

Même si la côte est artificialisée la valeur de recul événementiel possible dans ce type d'environnement est toute de même appliquée. En effet, même si la côte est artificialisée des événements peuvent détruire ces structures et provoquer de l'érosion en arrière celles-ci (par exemple figure 11). Cela a été mesuré en plusieurs endroits au Québec.



Figure 11. Suite à la tempête du 6 décembre 2010 en Haute-Gaspésie, murs de béton et route 132 partiellement détruits (Source des photos : MTQ)

Cette manière de procéder est cohérente avec les calculs d'exposition à l'érosion effectués au LDGIZC tant dans les précédents projets (Fraser *et al.*, 2014) que dans le projet Résilience côtière (Touchette *et al.*, 2021). C'est également l'approche qui a été utilisée par Drejza *et al.* pour les deux indices développés (IVRAC en 2015 et IVIC en 2018).

### 3.5.4 Divisions de la côte en secteurs d'analyse

Pour chaque site étudié, les deux polygones d'enveloppes spatiales d'exposition à l'érosion côtière (horizon 2020 et 2070) ont été découpées tous les 500 m de côte (figure 12); les mêmes limites sont utilisées pour les deux horizons temporels.

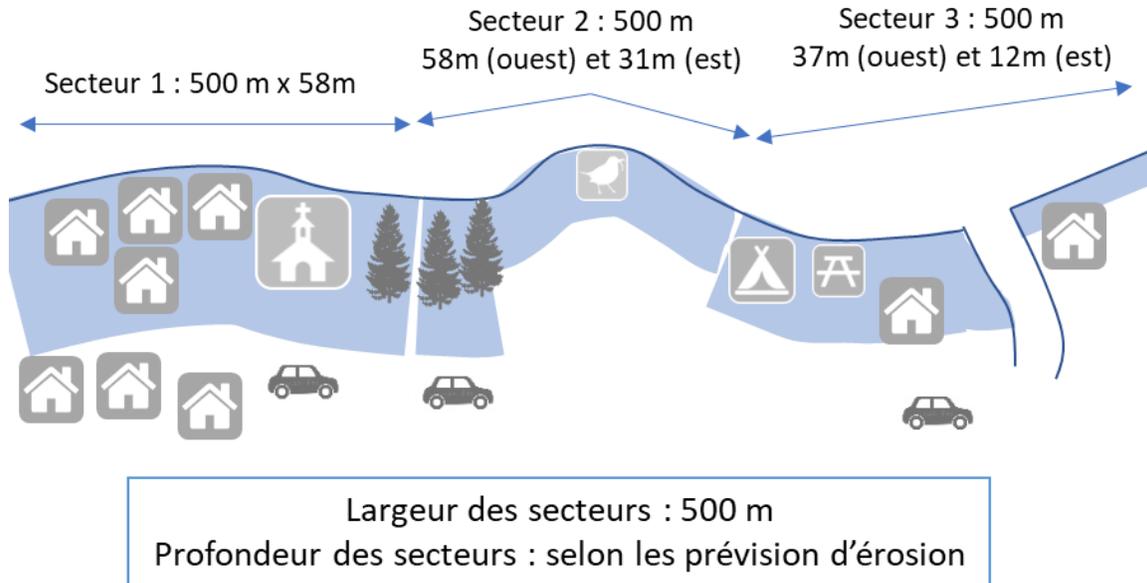


Figure 12. Schéma méthodologique de division de la zone exposée à l'érosion en secteurs de 500 m

Dans la littérature, le choix de l'enveloppe spatiale est très différent selon les études. Par exemple, en Irlande du Nord, un indice a été réalisé à l'échelle de mailles aussi distinctes que 500 x 500 m, 25 x 25 m et 1 x 1 m (McLaughlin *et al.*, 2002). Au Québec, Thomas *et al.* (2012) ont analysé visuellement leur secteur d'étude (ville de Montréal) et ont cherché « le juste compromis entre la précision et une taille de cellules suffisamment grande pour [leur] permettre de compter plusieurs infrastructures par cellule ». Après avoir testé des unités de 75 x 75 m et 100 x 100 m, le choix c'est finalement arrêté sur des cellules de 200 m par 200 m.

La réalité de notre territoire d'étude, beaucoup moins densément urbanisé que celui de Thomas *et al.* (2012), nous a amené à segmenter notre côte à une échelle moins fine afin d'éviter de ne tenir compte que d'un élément isolé dans un secteur et de lisser également le niveau de vulnérabilité d'un secteur à l'autre. Une segmentation en secteurs inférieurs à 500 mètres pourrait en effet engendrer un passage trop rapide d'un secteur vulnérable à un secteur non vulnérable. À l'inverse, une segmentation supérieure à 500 mètres lisserait trop les informations, ce qui causerait une perte d'information. Un secteur de 500 m de côte peut comprendre

seulement 3 ou 4 maisons dans les secteurs peu denses, mais jusqu'à 20 dans les centres de villages et de villes.

La longueur des secteurs de 500 mètres a été mesurée à partir de la ligne d'évolution de la côte (ligne de rivage, trait de côte ou sommet d'ouvrage selon les secteurs) tracée au 1:600 et lissée (ArcGIS : outil = Lisser des lignes/*smooth line*; algorithme = Peak; tolérance = 500 m). L'objectif est de généraliser un peu la ligne de la côte pour éviter que les petites anfractuosités du rivage conduisent à générer des secteurs avec une superficie moindre que d'autres qui sont plus linéaires.

Pour chaque site, la ligne de la côte a été numérisée sur les images les plus récentes disponibles au moment du projet (voir Arsenault *et al.*, 2021). Les ruisseaux et les petits cours d'eau ont été inclus afin d'obtenir des secteurs continus. Cependant, les cours d'eau de plus de 50 m de large (c'est-à-dire 10 % d'un secteur) n'ont pas été pris en compte dans la ligne continue et les secteurs peuvent s'étendre de part et d'autre.

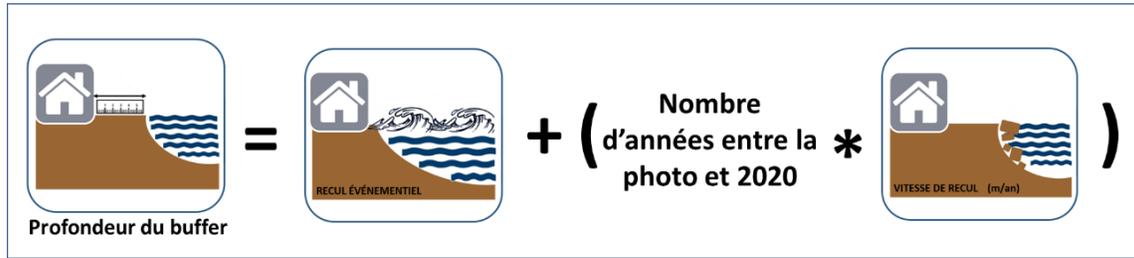
### 3.5.5 Création des zones tampons (*buffer*)

À partir de l'équation 1 et de la figure 8, la profondeur de la zone d'exposition de la côte à l'érosion pour chacun des deux horizons temporels a été calculée. Ce calcul est effectué sur chaque segment de côte selon les mesures disponibles localement et peut donc varier à de nombreuses reprises pour un secteur d'analyse. Cela a été cartographié pour chacun des sites à l'étude. Les profondeurs des zones tampons (*buffer*) ne sont pas arrondies.

#### *Équation 1. Détermination de la profondeur des secteurs d'érosion*

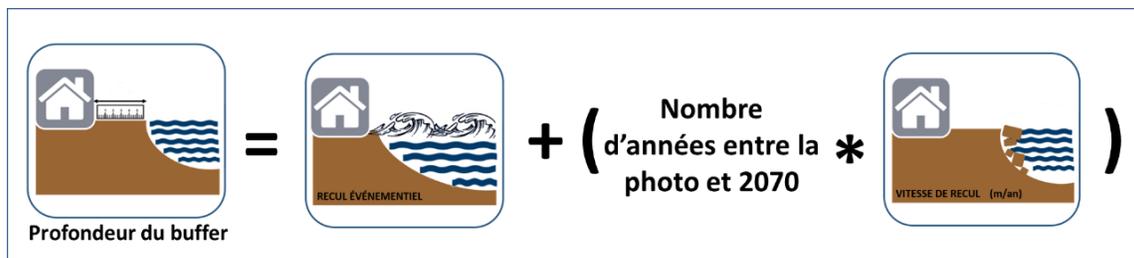
$$\begin{aligned} \text{Profondeur prévue d'érosion} = & \\ (\text{Taux de recul du scénario le plus probable}) \times (\text{Nombre d'années séparant la date de la ligne de} & \\ \text{référence utilisée et l'horizon de l'indice}) & \\ + (\text{Recul événementiel}) & \end{aligned}$$

**A. Si érosion d'ici 2020 :**



\*comme les images peuvent être plus anciennes que 2020, il faut ajuster jusqu'à l'actuel.

**B. Si érosion d'ici 2070 :**



**C. Si déplacement nul (stabilité) ou progradation de la côte (avancée) :**

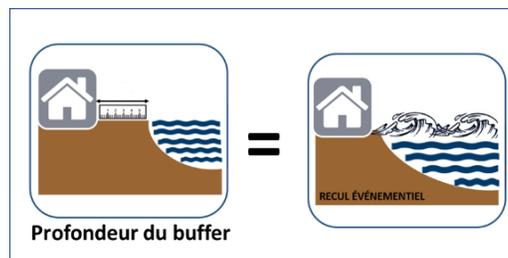


Figure 13. Schématisation des calculs des zones tampons

La ligne doit être continue pour faire les zones tampons (*buffers*), cela a donc parfois nécessité des traitements géomatiques (topologie). Les premiers secteurs de chaque site à l'étude débutent à partir du début d'une cellule hydrosédimentaire (si possible, sinon d'un élément fixe du paysage : cours d'eau, port, jetée...).

À noter que même si la limite côté mer des secteurs de 500 m est la ligne du sommet du talus ou la ligne de rivage, sont tout de même pris en compte les enjeux qui pourraient être affectés par l'érosion côtière et qui sont présents côté mer. Par exemple des accès à l'estran qui permettent de faire des activités en mer ou sur la plage, qu'il s'agisse d'activités faites de façons récréatives ou commerciales; ou des bâtiments construits dans le talus côtier ou sur la plage.

### 3.5.6 Fichiers numériques produits

Les données sont produites sous le format de géodatabase (gdb) avec deux classes d'entités (*feature class*) de polygones (2020 et 2070), puis plusieurs tableaux pour les descriptions des différents paramètres, la pondération, les sous-indices et indice. Le lien entre les tables et les polygones est effectué par l'identifiant unique du secteur. Chaque paramètre peut avoir plusieurs colonnes d'informations saisies soit le descriptif, le nombre d'éléments considéré ou sa longueur ainsi que leurs scores associés. Ainsi il est possible de consulter non seulement le résultat des sous-indices et indices, mais de connaître quels paramètres sont élevés ou faibles et pourquoi. Voir les annexes 1, 2 et 3 pour les structures des tables.

Il est important d'avoir à la fois le score final, mais aussi le décompte du nombre d'éléments présents et leur typologie pour :

- 1) la cartographie
- 2) la compréhension de l'indice (dans l'analyse il est important de pouvoir expliquer ce qui a causé la vulnérabilité).

**L'identifiant unique** est un code composé de 3 lettres pour la municipalité suivi de « - » puis de 3 chiffres. La numérotation s'effectue d'ouest en est. Les codes des municipalités sont propres au LDGIZC.

### 3.6 Équation pour les sous-indices

L'indice de la vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion développé dans le cadre du projet Résilience côtière peut être décomposé en deux sous-indices : Enjeux exposés et Adaptation. Chacun d'entre eux est calculé à partir de la valeur attribuée pour chacun des paramètres étudiés, qui est généralement comprise entre 1 et 5. Le choix a été fait de multiplier le score des différents paramètres, puis de prendre en compte la racine carrée, à l'instar de ce qui est fait par de nombreux auteurs (30 % des indices publiés entre 2014 et 2017 par exemple selon Cogswell *et al.*, 2018). Chacun des paramètres aura donc une valeur positive. Si l'un des paramètres n'influe pas sur la vulnérabilité (absence d'enjeu stratégique sur le segment considéré par exemple), il aura un score de 1. Des scores inférieurs à 1 (mais supérieurs à 0) sont possibles lorsque le paramètre d'adaptation considéré augmente la vulnérabilité (mauvaise solution d'adaptation). Chaque paramètre est par ailleurs multiplié par la pondération des acteurs du territoire (voir section 3.6). Au final, les scores pour les différents paramètres et pour les sous-indices restent positifs.

À noter que, si notre indice s'inspire du *Place Vulnerability Index* de Boruff *et al.* (2005), celui-ci, à l'instar d'autres indices dans la littérature (Cutter *et al.*, 2003 ; McLaughlin et Cooper, 2010 ; Bagdanavičiūtė *et al.*, 2019), utilise la somme des paramètres plutôt que la multiplication. Nous avons préféré opter pour la multiplication des variables.

### 3.6.1 Sous-Indice des enjeux exposés

Ce sous-indice correspond à l'ensemble des enjeux exposés à l'érosion côtière (horizon 2020 ou 2070), soit ceux situés dans la zone exposée. Son calcul, à partir des scores obtenus pour chacun des paramètres enjeux, est exprimé dans l'équation 2.

Équation 2. Sous-Indice des enjeux exposés

$$\text{Sous - indice des enjeux exposés} = \sqrt{\frac{\alpha E1. \beta E2. \delta E3 \dots \omega En}{\alpha + \beta + \delta + \dots + \omega}}$$

- ➔ E1, E2, E3 jusqu'à E12... étant les différents paramètres utilisés pour estimer le niveau d'enjeux scorés de 1 à 5
- ➔  $\alpha, \beta, \delta \dots$  étant les pondérations proposées par les acteurs pour chaque paramètre

À noter qu'il n'y a pas de distinction dans l'équation selon les trois types d'enjeux (humains, socio-économiques et environnementaux). Le sous-indice est normalisé selon les pondérations des acteurs, et ensuite entre 0 et 100, 100 correspondant au score théorique maximum qui puisse être atteint (246 513,03 si tous les paramètres avaient un score de 5 et compte tenu de la pondération des acteurs, tableau 46). Les scores réellement obtenus sont faibles et les valeurs sont généralement très proches de 0. Lorsqu'on a un secteur non exposé à l'érosion, le sous-indice Enjeux exposés, et donc l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion, est nul (ces secteurs n'auront aucune zone tampon et peuvent uniquement survenir si des côtes rocheuses ignées stables à long terme sont présentes sur tout le secteur de 500 m).

Tableau 46. Résultats minimum et maximum théoriques des sous-indices

Valeurs théoriques	Résultat Enjeux théorique	Résultat Adaptation théorique
Max théorique (Est du Qc)	246513,03	37752,22
Max théorique (BCN)	246513,03	12209,53
Min théorique (Est du Qc)	15,78	7,49
Min théorique (BCN)	15,78	5,41

### 3.6.2 *Sous-indice du niveau d'adaptation*

Ce sous-indice correspond à l'ensemble des paramètres influant actuellement sur le niveau d'adaptation. Ne pouvant anticiper comment ces paramètres vont évoluer dans le futur, le même score est utilisé pour l'horizon actuel (2020) et futur (2070). Son calcul, à partir des scores obtenus pour chacun des paramètres enjeux, est exprimé dans l'équation 2.

Équation 3. *Sous-Indice du niveau d'adaptation*

$$\text{Sous - indice du niveau d'adaptation} = \sqrt{\frac{\alpha A1. \beta A2. \delta A3 \dots \omega An}{\alpha + \beta + \delta + \dots + \omega}}$$

- A1, A2, A3 jusqu'à A10 (A9 pour la Basse-Côte-Nord) étant les différents paramètres utilisés pour estimer le niveau d'enjeux scorés de 0,6 à 5
- $\alpha, \beta, \delta \dots$  étant les pondérations proposées par les acteurs

Là encore, il n'y a pas de distinction dans l'équation selon les différents types de catégories d'adaptation (aménagement du territoire, solutions d'adaptation, communication, prévention, gestion de crise, gouvernance, capacité à faire face de la société). Le sous-indice est normalisé selon les pondérations des acteurs, et ensuite entre 0 et 100, 100 correspondant au score théorique maximum qui puisse être atteint (12 209,53 en Basse-Côte-Nord, 37 752,22 ailleurs, tableau 46). Le score obtenu est beaucoup plus élevé que pour le *sous-indice Enjeux exposés*, bien que dans les deux cas le score ait été normalisé sur 100.

### 3.6.3 *Discrétisation des sous-indices*

La distribution des valeurs obtenues pour le *sous-indice Enjeux exposés* (à la fois les valeurs obtenues pour l'horizon temporel 2020 et celui de 2070) et le *sous-indice Niveau d'adaptation* dans chacun des 173 secteurs des six sites d'étude (totalisant 140 km de côte) a été analysée. Cette analyse a dû être réalisée sans inclure les deux derniers sites d'étude pour permettre l'avancée des travaux de maîtrise de C. Pelletier-Boily. La distribution des deux sous-indices était fortement asymétrique. Nous avons donc fait le choix de faire une discrétisation selon les seuils apparents (ou seuils naturels), la plus adaptée à notre distribution, et permettant de délimiter des classes bien distinctes (forte variance interclasse) avec des individus les plus semblables possible

au sein de chaque classe (faible variance intraclasse). L'objectif était que cette discrétisation puisse être applicable sur l'ensemble de l'Est du Québec pour permettre les comparaisons et nous avons estimé que les côtes analysées (site de la Haute-Gaspésie, de la Minganie et de la Basse-Côte-Nord) étaient représentatives de ce qui pouvait être rencontré ailleurs le long de l'estuaire ou du golfe du Saint-Laurent. Nous avons fait le choix de faire 5 classes distinctes à l'instar d'autres auteurs (Cutter *et al.*, 2003; Meur-Ferec *et al.*, 2008; 2020; Bagdanavičiūtė *et al.*, 2019), ce nombre variant généralement entre 4 et 6.

Pour le choix des classes du *sous-indice Enjeux exposés* (entre 1 et 5), une vérification du niveau de vulnérabilité a été faite pour les différentes valeurs par les experts pour vérifier la pertinence des seuils (en particulier pour le seuil entre 3 et 4, et 4 et 5, à partir des exemples traités). Les seuils apparents ont été légèrement modifiés pour prendre des valeurs arrondies.

Pour le choix du *sous-indice Niveau d'adaptation* (entre 1 et 5), une vérification du niveau de vulnérabilité a été faite pour les différentes valeurs par les experts pour vérifier la pertinence des seuils (en particulier pour le seuil entre 2 et 3, 3 et 4, à partir des exemples traités, et le seuil entre 4 et 5 à partir d'exemples, pris dans une municipalité proactive face aux aléas côtiers, à Sainte-Flavie). Le choix de ne pas mettre de valeur 5 comme possibilité s'explique par l'absence d'adaptation totalement pertinente au Québec à ce jour.

On peut s'interroger sur la représentativité de nos données par rapport à la réalité de l'ensemble de l'Est du Québec. Nous avons aussi conscience que les seuils pertinents pourraient varier si on ajoutait de nouvelles données, mais nous avons dû fixer les seuils, ce qui est une limite de notre méthode. Enfin, le choix de la méthode de discrétisation, adaptée à la distribution de nos données, mais pas forcément aux données sur l'ensemble du territoire potentiellement couvert, peut également être critiquable, mais il s'agit d'une méthode relativement adaptée à tout type de distribution, même si les seuils peuvent varier.

Dans la littérature, il n'est pas toujours précisé la façon dont les classes de vulnérabilité ou d'éventuels sous-indices sont réalisés. Plusieurs méthodes sont possibles et même si les mêmes variables sont utilisées, la discrimination pour le choix des classes n'est pas forcément identique selon les auteurs (Nguyen *et al.*, 2016). La méthode de classes d'égale étendue a pu être utilisée (Barette *et al.*, 2018; Bagdanavičiūtė *et al.*, 2019) ou des classes standardisées selon la moyenne et l'écart type (Cutter *et al.*, 2003; Boruff *et al.*, 2005), mais ces deux méthodes sont théoriquement plus adaptées lorsque la distribution est normale (gaussienne), ce qui n'était pas du tout le cas de notre distribution. La méthode des quantiles est également utilisée (Meur-Ferec *et al.*, 2020). À noter que Thomas *et al.* (2012) et Nguyen et Woodroffe (2016) utilisent la méthode de Jenks, qui est proche de notre méthode (seuils naturels selon un algorithme).

Voir le 47 pour les seuils retenus pour les enjeux exposés et le tableau 48 pour le niveau d'adaptation.

Tableau 47. Discretisation des valeurs du sous-indice des Enjeux exposés

Valeurs du sous-indice d'enjeux (classes selon les seuils apparents)	Niveau du sous-indice d'enjeux
< 0,025	1
[ 0,025-0,15 [	2
[ 0,15-1 [	3
[ 1-3 [	4
≥ 3	5

Tableau 48. Discretisation des valeurs des sous-indices du niveau d'adaptation

Valeurs du sous-indice d'adaptation (classes selon les seuils apparents)	Niveau du sous-indice d'adaptation
[ 0-1 [	1
[ 1-3 [	2
[ 3-5 [	3
[ 5-10 [	4
≥ 10	5

### 3.7 Matrice du niveau de vulnérabilité intégrant les deux sous-indices

Initialement, nous souhaitions soustraire le *sous-indice Niveau d'adaptation* au *sous-indice Enjeux exposés*, en pondérant sur avis d'experts le poids de chacun des sous-indices pour éviter que l'adaptation soit surévaluée et annule totalement les impacts de l'érosion sur les enjeux et que la vulnérabilité devienne nulle, ce qui nous semblait inadéquat. Or, même si les deux sous-indices ont été normalisés afin d'avoir une valeur comparable (comprise entre 0 et 100), l'ordre de grandeur des valeurs obtenues ne permettait pas de les associer au sein d'une même équation, car la valeur aurait été systématiquement négative, à moins de donner arbitrairement un poids démesurément important aux enjeux par rapport au niveau d'adaptation. Diviser la valeur du *sous-indice Enjeux exposés* à celle du *sous-indice Niveau d'adaptation* ne nous est pas apparu comme opportun non plus. Par ailleurs, il est délicat d'associer deux éléments représentant des informations si distinctes. Ainsi, même avec des valeurs semblables pour les deux sous-indices, en soustrayant la valeur d'adaptation à celle des enjeux exposés on pourrait avoir des valeurs très semblables pour la vulnérabilité, avec des situations pourtant très différentes, ce qui ne reflèterait pas le niveau réel de vulnérabilité (Valeur élevée d'enjeux exposés – Valeur élevée d'adaptation = Valeur faible d'enjeux exposés – Valeur faible d'adaptation, or le niveau de vulnérabilité est différent). Dernière limite, les valeurs ainsi déterminées de vulnérabilité auraient été plus difficiles à discrétiser (seuils très aléatoires).

Pour toutes ces raisons, nous avons plutôt fait le choix d'utiliser une matrice selon avis d'experts (figure 14), à l'instar de l'étude de Barette *et al.* (2018), inspirée elle-même par les travaux de Pampalon et Raymond (2003). L'idée est de croiser la classe du *sous-indice Enjeux exposés* à celle du *sous-indice Niveau d'adaptation* pour déterminer un *niveau de Vulnérabilité*, compris entre 1 et 5. Cette méthode permet de mieux refléter selon nous la diversité des situations et d'avoir une approche plus qualitative que quantitative. Ce qui nous paraît plus approprié en tant qu'étape finale, moins arbitraire.

Cette matrice à échelles bidimensionnelles a été réfléchi de façon à ce qu'il n'y ait pas de surreprésentation de la valeur centrale de vulnérabilité (classe 3) et que le poids des enjeux exposés soit prépondérant par rapport à celui du niveau d'adaptation. Elle a également été testée sur plusieurs segments de côte.

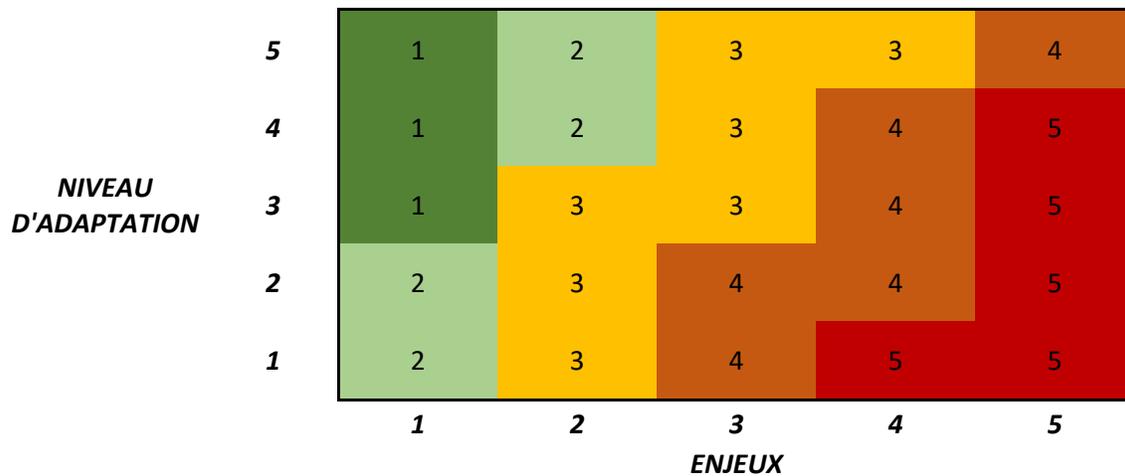


Figure 14. Matrice du niveau de vulnérabilité en fonction des niveaux d'Enjeux exposés et de Niveau d'adaptation

### 3.8 Limites de la méthode

Le développement d'un indice global de vulnérabilité se heurte à de nombreux défis : intégration de données quantitatives et qualitatives, ponctuelles, surfaciques et linéaires, diversité des types de données, des sources de données, de l'échelle de ces données, disponibilité des données, accrétion des différents paramètres, discrétisation en classes, restitution cartographique...

#### 3.8.1 *Évolution future des populations et activités économiques*

Bien que l'indice soit calculé selon deux horizons de temps, l'évolution des enjeux exposés et des capacités d'adaptation n'est pas prise en compte, car il n'est pas possible de prédire l'avenir ni les enjeux qui s'ajouteront ou disparaîtront des secteurs côtiers affectés par l'érosion. Ainsi, dans le temps, le seul facteur qu'on peut véritablement prédire est le nombre d'enjeux actuellement présents qui pourrait être affectés selon la projection de l'exposition à l'érosion côtière. C'est une limite intrinsèque du calcul en fonction du temps, puisqu'on ne connaît pas le futur. De plus, des modèles d'évolution des populations ainsi que des activités économiques n'ont pas été inclus puisque les prévisions des modèles ne sont pas adaptées à l'échelle de travail que nous utilisons et donc ne seront pas assez précises pour déterminer s'ils s'appliqueront aux zones côtières.

L'évolution future des mesures d'adaptation n'est pas non plus prise en compte dans l'indice bien que l'équipe scientifique soit consciente que les municipalités du Québec sont en constante amélioration de leurs pratiques et qu'elles aient elles-mêmes demandé au LDGIZC des outils d'adaptation à l'érosion côtière.

#### 3.8.2 *Effet domino*

L'effet domino (Robert et Morabito, 2011), soit que l'effet de l'érosion dans une zone précise pourrait avoir un impact au-delà des limites de la zone à risque, n'est pas prise en compte. C'est d'ailleurs une lacune de plusieurs indices de vulnérabilité (Viavattene *et al.*, 2018). Bien que l'effet domino ne soit pas pris en compte, son principe a en quelque sorte été appliqué aux paramètres E9 (Niveau d'impact de la rupture du service routier) et E10 (Enjeux stratégiques). En effet, le paramètre E9 tient compte des risques indirects impactant uniquement l'accès aux premiers intervenants d'urgence (hôpital ou équivalent et pompiers). Le paramètre E10 est directement basé sur l'effet domino puisqu'il permet de valoriser les segments dans lesquels l'exposition côtière d'éléments vulnérables crée des conséquences en raison de leur absence pour le reste de la communauté (effet de chaîne/domino). Toutefois, ces deux paramètres ne comptabilisent pas tous les dommages indirects que pourrait causer l'érosion côtière dans un segment ni les effets cumulés que les impacts dans plusieurs secteurs pourraient provoquer.

#### 4. Territoires de développements retenus : 8 sites témoins

L'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion a été développé pour l'Est du Québec. Cependant il a été mis en œuvre sur 8 sites témoins répartis dans 5 MRC de l'Est du Québec (tableau 49).

Les **MRC retenues** sont La Matanie (MAT), la Minganie (MIN), la Haute-Gaspésie (HGA), les Basques (BAS) et le Golfe-du-Saint-Laurent (GSL). Le choix des MRC a été effectué selon plusieurs critères. Tout d'abord celles ayant le plus signifié leur intérêt pour une analyse de vulnérabilité lors des ateliers initiaux du projet Résilience Côtière, à savoir MIN, BAS et HGA (Marie *et al.*, 2017 a et b). Puis la MRC de GSL a été ajoutée, car cela s'insère dans un projet spécifique, en lien avec l'isolement des communautés. Par la suite MAT a également été ajouté, car elle fait partie d'un autre projet de recherche sur les mêmes thématiques (projet de Co-construction de scénarios d'adaptation des territoires maritimes aux risques côtiers dans un contexte de changements climatiques en France et au Québec - [ARICO](#)). Il est important de noter que pour MIN, en plus des résultats des consultations réalisées en 2017, une sollicitation spécifique des acteurs pour une telle étude a été effectuée auprès du LDGIZC.

La démarche qui a été suivie pour **choisir les sites** qui ont été étudiés au sein des MRC a été double, soit de considérer à la fois les demandes des acteurs locaux ainsi que l'intérêt scientifique. Il n'était en effet pas possible de faire l'analyse sur l'entièreté des MRC qui en avaient fait la demande.

Concernant **les demandes des acteurs locaux**, nous nous sommes basés sur la table de priorisation des sites d'intérêt sur leur territoire qui a été organisée lors des ateliers de mi-projet de Résilience côtière (MAT le 2 avril 2019, HGA le 19 octobre 2019 et MIN le 10 décembre 2019). Cette priorisation visait à connaître les sites d'intérêt des acteurs locaux, premièrement pour la réalisation de portraits diagnostics, mais aussi pour les autres outils. Pour MIN, une rencontre de la Table de concertation sur l'érosion en Minganie a également eu lieu avec un membre du LDGIZC le 11 décembre 2019 et sept critères de sélection ont été établis pour le choix du site dans leur MRC soit, sans ordre d'importance, les bâtiments exposés (avec une priorisation bâtiments publics / résidences principales / résidences secondaires), les infrastructures exposées, les marges de recul/urgence dans le temps, la route 138 exposée, les sites environnementaux exceptionnels exposés, les sites culturels et patrimoniaux exposés et la vulnérabilité des ouvrages municipaux de protection à l'érosion. Pour la MRC des BAS, l'atelier 2 ayant été annulé en raison de la situation sanitaire, une consultation spécifique avec l'aménagiste de la MRC a été effectuée. Après consultation de sa part avec son équipe, le site a été choisi. Pour le GSL, le choix des sites s'est fait à partir d'un échantillon de villages parmi ceux qui semblaient être les plus vulnérables à l'érosion côtière, choisis notamment d'après les caractéristiques physiques de leurs côtes. Les villages ayant des côtes meubles, plus mobiles, ont ainsi été priorisés. De plus, une analyse préliminaire de divers enjeux d'intérêt social, patrimonial et écologique, ainsi que la densité du bâti et les infrastructures routières situées à proximité de la côte ont été considérés dans le choix des sites.

De plus, d'un point de vue de l'**intérêt scientifique**, l'équipe a également veillé à sélectionner des sites adéquats. Ils devaient être : 1) affectés par l'érosion (selon la réalité de l'exposition des enjeux après les résultats du chantier d'exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime, voir Touchette *et al.*, 2021); 2) offrir la possibilité d'effectuer des comparaisons (entre des secteurs au sein du site, avec d'autres sites, entre différents types de côtes et d'occupation humaine pour pouvoir tester l'applicabilité en toute circonstance de la méthodologie développée) et 3) diversifiés (afin que la plupart des paramètres pris en compte soit présente sur au moins un site).

Il a été privilégié de ne pas effectuer l'analyse de vulnérabilité sur le même site que celui qui a été retenu pour le chantier de réalisation de **portraits diagnostics de sites prioritaires et recommandations pour l'adaptation aux aléas côtiers** (à venir). Ainsi cela permettra d'outiller les acteurs pour un plus grand nombre de territoires. Les sites finalement retenus se trouvent dans le tableau 49.

Tableau 49. Sites témoins retenus pour l'application de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion

Nom du site témoin	Limite ouest	Limite est	Nom de la municipalité ou communauté concernée	Longueur de côte étudiée (km)
Blanc-Sablon	l'Anse-aux-Dunes	Jusqu'à Black Rock	Blanc-Sablon et Lourdes-de-Blanc-Sablon	21,3
La Romaine/Unamen Shipu	La pointe de rivière à la Croix	Jusqu'à la marina du côté de la rivière Netagamiou	La Romaine et Unamen Shipu	9
Chevery	Du quai de La Romaine	Jusqu'à la pointe de la rivière Olamen	Chevery	26,6
Kegaska	De l'embouchure de la rivière de l'Anse Muddy	Jusqu'à l'est de la baie de Kegaska	Kegaska	13,1
La Matanie	du quai de Baie-des-Sables	au quai de Matane	Baie-des-Sables, Saint-Ulric et Matane	28,7
La Haute-Gaspésie	du port de Saint-Maxime-du-Mont-Louis	à l'est de la Grande Anse à Sainte-Madeleine-de-la-Rivière-Madeleine	Saint-Maxime-du-Mont-Louis, Sainte-Madeleine-de-la-Rivière-Madeleine	43,1
La Minganie	de la rivière Mingan du port de Havre-Saint-Pierre	jusqu'à la Pointe Paradis jusqu'aux Caps Blancs	Havre-Saint-Pierre	23,8
Les Basques	de l'ancien quai sur la rue de la grève à Notre-Dame-des-Neiges	au quai du traversier à Trois-Pistoles	Notre-Dame-des-Neiges, Trois-Pistoles	5,4
<b>TOTAL</b>				<b>171,0</b>

#### 4.1 Site de Notre-Dame-des-Neiges/Trois-Pistoles (MRC des Basques)

Ce site témoin s'étend sur 5,4 km de côtes entre l'ancien quai sur la rue de la grève à Notre-Dame-des-Neiges et le quai du traversier à Trois-Pistoles (figure 15). En plus de présenter une concentration d'enjeux dans la MRC des Basques, le site présente un intérêt scientifique particulier, car il s'étend sur 2 municipalités différentes et qu'il est donc soumis à deux manières de gérer les aléas côtiers.

##### 4.1.1 Description du site

Ce site se situe dans la cellule hydrosédimentaire des Grèves (unité de la rade de l'île Verte). Il est constitué principalement de terrasses de plages (figure 16) avec des côtes rocheuses sans falaises (figure 17). Les secteurs des « grève Rioux », « grève D'Amours » et « grève Morency » sont des secteurs de côtes basses, historiquement de villégiature pour la population locale. On y retrouve de nombreux chalets à proximité de la côte (certains sont maintenant des résidences principales).

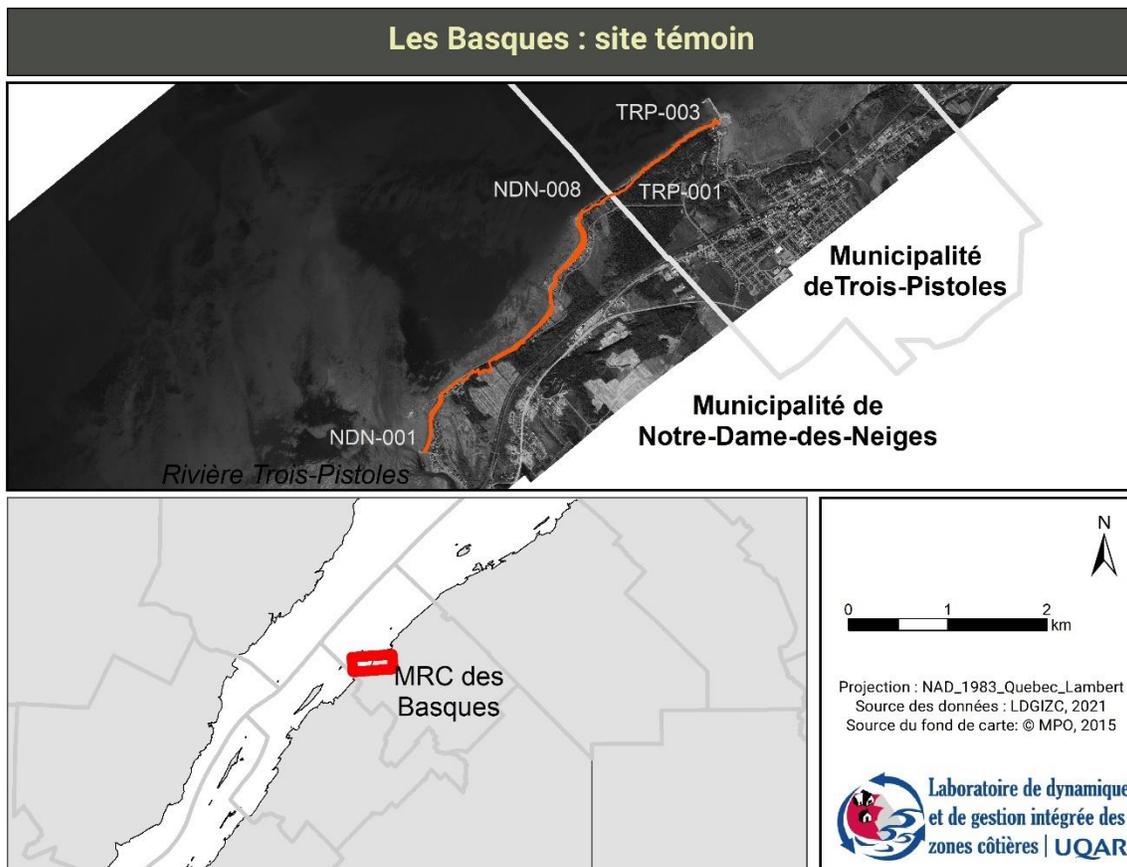


Figure 15. Carte de localisation du site des Basques



*Figure 16. Vue hélicoptérée oblique sur le site témoin des Basques*



*Figure 17. Limite est du site d'étude, quai du traversier de Trois-Pistole. Vue vers le secteur de côtes rocheuses sans falaises densément bâti*

Pour deux portions de côtes, il n'a pas pu être établi de déplacement historique avec l'imagerie aérienne ancienne et donc aucun déplacement futur n'y a été considéré (Touchette *et al.*, 2021). Pour cette analyse de vulnérabilité, il était important d'avoir une valeur de déplacement de la côte partout, afin de créer les polygones de secteurs affectés par l'érosion, donc les mesures des stations de suivi du LDGIZC ont été utilisées pour ces secteurs. Une moyenne du déplacement, depuis 2005 y a été établie.

#### 4.1.2 Résultats

Pour les 11 secteurs pour lesquels l'indice de de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion a été calculé, un secteur présente une forte vulnérabilité en 2020 (NDN-004) et ce nombre s'élève à 3 secteurs pour 2070 (NDN-002, NDN-004 et NDN-007). Les résultats peuvent être visualisés sur la figure 18 (en 2020) et la figure 19 (en 2070). Pour consulter les zones plus en détail, vous pouvez consulter la carte sur la plateforme SIGEC Web (<https://ldgizc.uqar.ca/Web/sigecweb>).

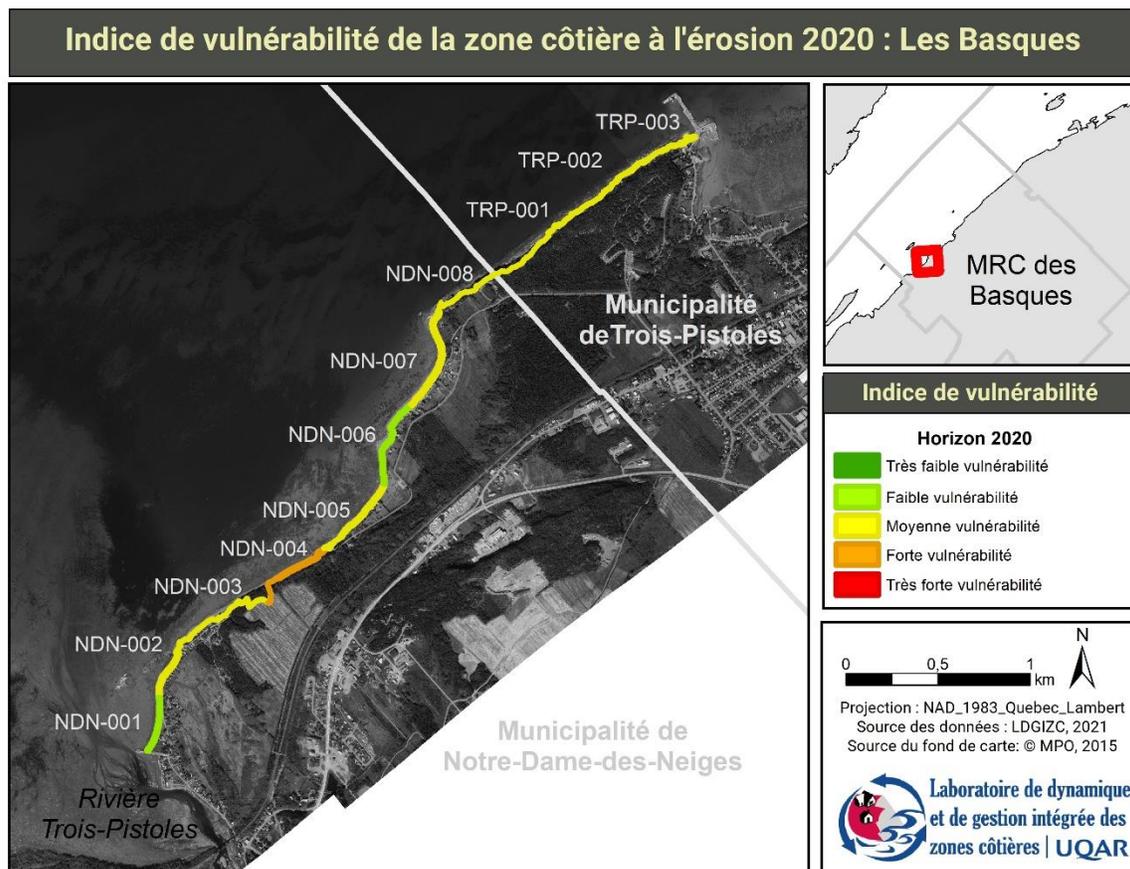


Figure 18. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2020 : Les Basques

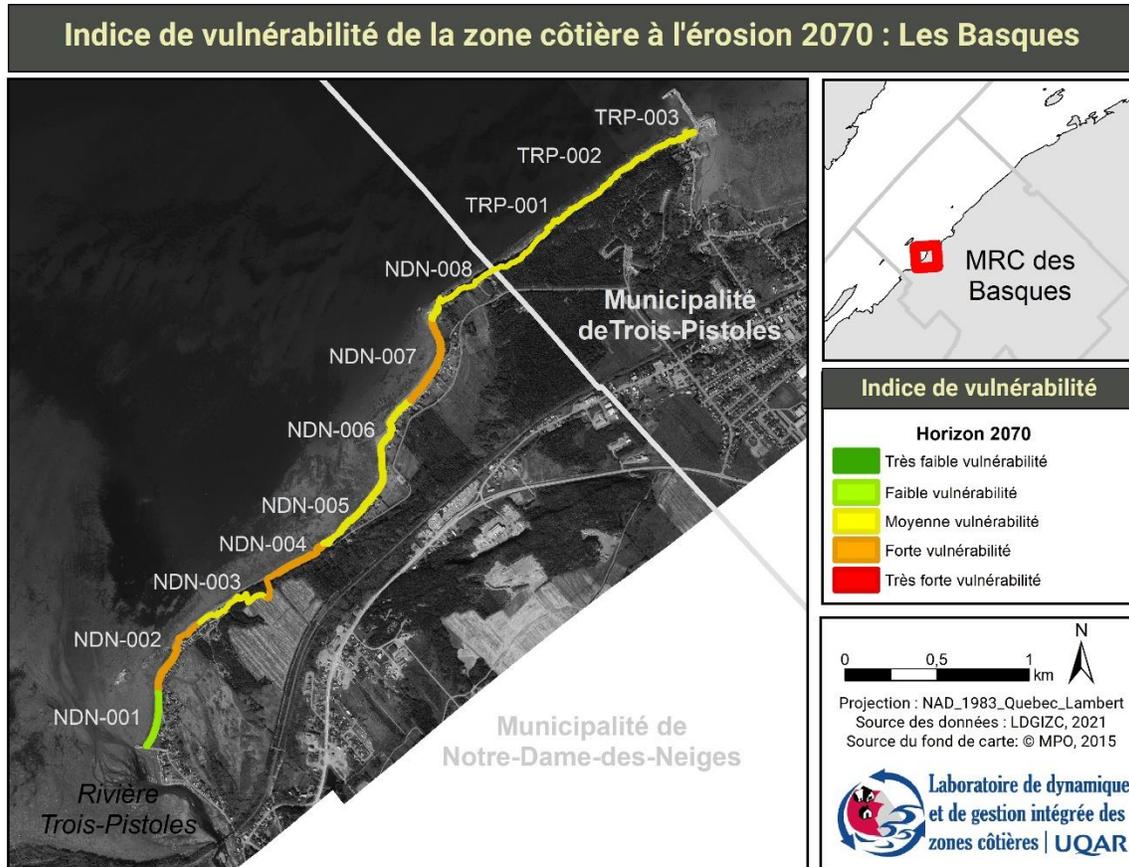


Figure 19. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2070 : Les Basques

Certains secteurs évoluent peu avec le temps car le déplacement probable y est très faible ou que la majorité des enjeux sont déjà affectés en 2020. Par exemple NDN-001 a une faible vulnérabilité et très peu d'éléments exposés, en 2020 comme en 2070, ou TRP-003 qui a une vulnérabilité moyenne tant actuellement qu'en 2070 et pour lequel presque tous les bâtiments sont exposés à l'érosion dès maintenant (15) et seulement 2 viennent s'ajouter d'ici 2070. Ceci dénote que c'est la très faible distance et l'exposition aux tempêtes actuelles et non le recul graduel futur de la côte qui est principalement à l'origine de l'exposition des résidences. Cependant pour d'autres secteurs, il y a une forte évolution prévue aux cours des 50 prochaines années. Par exemple, pour le secteur NDN-007, en 2020 il y a seulement 1 résidence qui est exposée à l'érosion, et en 2070 cela monte à 16 (figure 20). S'ajoutent également la route et l'aqueduc qui se situe en dessous d'elle (aqueduc saisonnier). De plus, une éventuelle rupture de la route isolerait des citoyens ce qui augmente la vulnérabilité du secteur. Le secteur NDN-002 connaît lui aussi une hausse de vulnérabilité liée principalement au fait que la route serait potentiellement coupée ainsi que les réseaux d'aqueduc, d'égout et d'électricité et que cela isolerait plusieurs personnes qui n'ont qu'une seule voie d'accès à leurs résidences (figure 21).

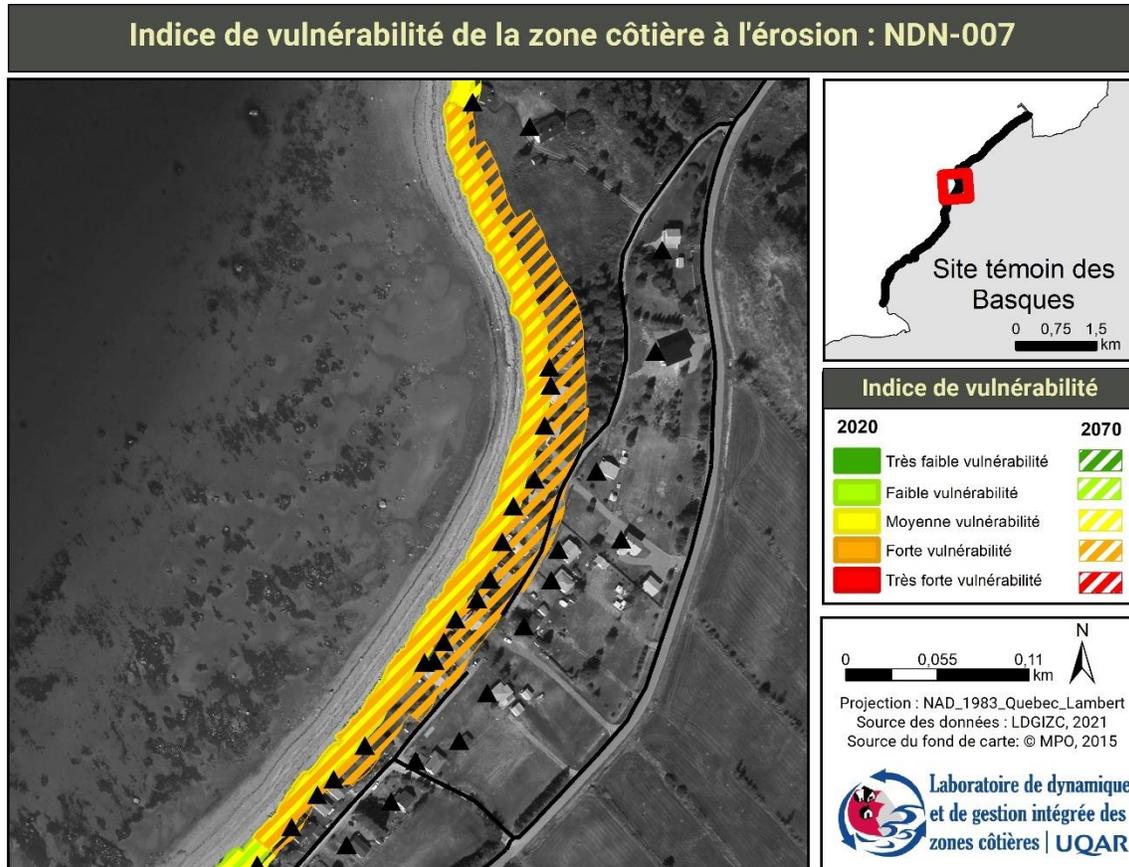


Figure 20. Vulnérabilité du secteur NDN-007 (BAS)

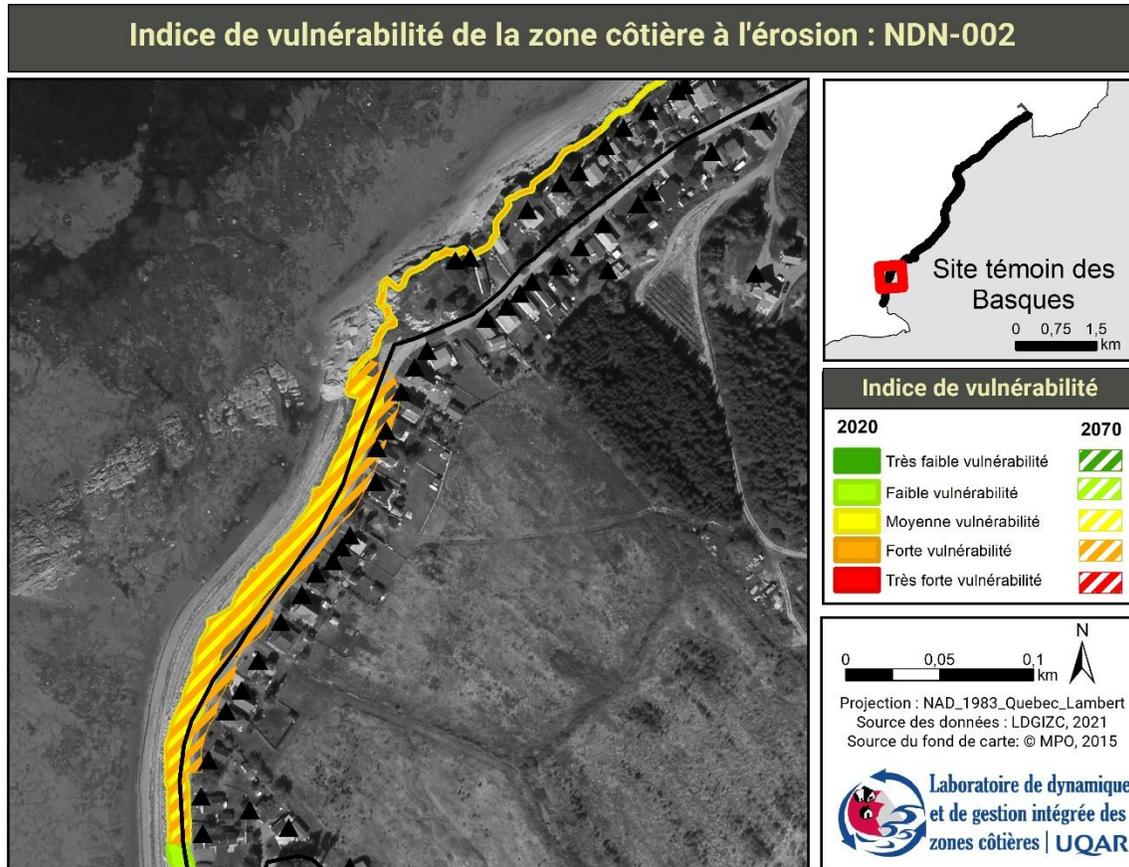


Figure 21. Vulnérabilité du secteur NDN-002 (BAS)

L'adaptation de ce site témoin est influencée positivement par les travaux du comité ZIP de la rive Sud-de-l'Estuaire qui a procédé à la restauration d'habitats côtiers au niveau de la rue de la Grève (Pothier *et al.*, 2021). Cela correspond au secteur NDN-002. De plus, un projet privé de mise en place d'écran organique a aussi été implanté dans le secteur NDN-007. Par contre, la présence en plusieurs endroits d'ouvrages de protection non adaptés à l'environnement côtier (murs et enrochements dans des terrasses de plage) est un élément qui réduit le niveau d'adaptation de ces secteurs.

Il faut noter que pour le secteur TRP-003 (figure 22), lorsque les fondations des résidences sont directement exposées aux vagues, elles n'ont pas été considérées comme étant des ouvrages de protection côtière (OPC) mais plutôt comme des infrastructures côtières (Sauvé, comm. pers.). Ainsi, ces murs de fondation ne sont pas considérés ici comme des ouvrages adaptés à ce type de côte. Pour les côtes rocheuses sans falaises, pour ce qui a trait à l'érosion côtière, les murs sont considérés comme adaptés (ce qui n'est pas le cas pour les murs situés dans des côtes à terrasse de plage). Cela ne veut pas dire que pour les autres aléas, ces murs offrent une protection (que ce soit pour les côtes rocheuses sans falaise ou les terrasses de plage). Il peut quand même se produire de la submersion (par-dessus les ouvrages), du déferlement violent avec projection de débris, etc.



Figure 22. Vue vers les résidences du secteur TRP-003 (© LDGIZC, 2017)

Le nombre de secteurs selon leur niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 est présenté au tableau 50 et les niveaux moyen, minimum et maximum pour les sous-indices et l'indice de vulnérabilité sont présentés au tableau 51.

Tableau 50. Nombre de secteurs par niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 (BAS)

	2020	2070
<b>Vulnérabilité très faible</b>	0	0
<b>Vulnérabilité faible</b>	2	1
<b>Vulnérabilité moyenne</b>	8	7
<b>Vulnérabilité forte</b>	1	3
<b>Vulnérabilité très forte</b>	0	0

Tableau 51. Niveaux moyen, minimum et maximum des sous indices et de l'indice de vulnérabilité (BAS)

	Enjeux exposés 2020 :	Enjeux exposés 2070	Adaptation	Vulnérabilité 2020	Vulnérabilité 2070
<b>Niveau moyen</b>	2	2	2	3	3
<b>minimum</b>	1	1	1	2	2
<b>maximum</b>	3	3	3	4	4

## 4.2 Site de Mont-Louis/Sainte-Madeleine-de-la-Rivière-Madeleine (MRC de la Haute-Gaspésie)

Le site dans cette MRC s'étend de l'ouest de l'anse de Saint-Maxime-du-Mont-Louis (l'anse de Mont-Louis) puis se prolonge vers l'est vers de l'Anse-Pleureuse et se termine à Rivière-La-Madeleine. Ce site d'intérêt a été ajouté par les participants de l'atelier 2 du projet Résilience côtière et ne leur était pas suggéré initialement. Il a une grande longueur et possède plusieurs anses, ce qui présente l'intérêt de pouvoir les comparer entre elles au sein d'une même municipalité, mais aussi entre les deux municipalités.

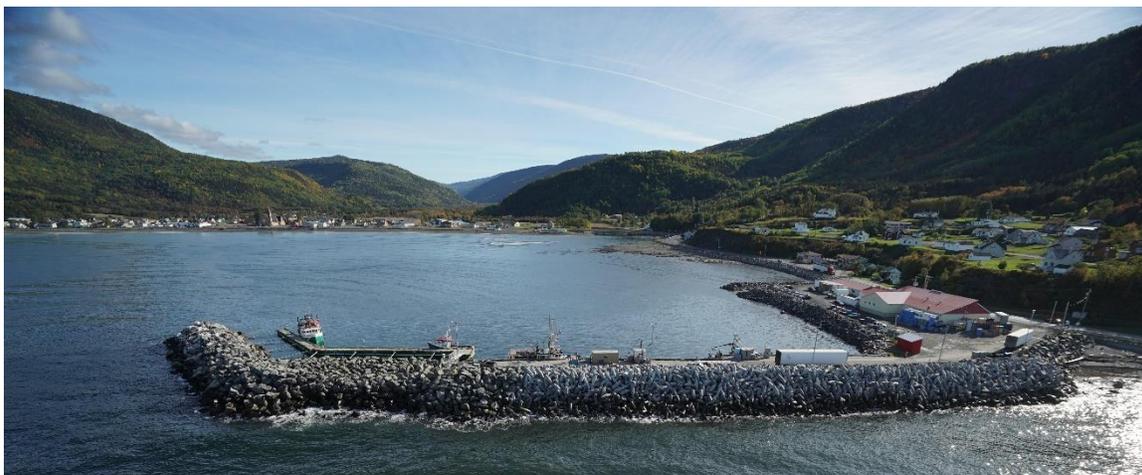
### 4.2.1 Description du site

Le site s'étend sur deux municipalités (Saint-Maxime-du-Mont-Louis et Sainte-Madeleine-de-la-Rivière-Madeleine). Il comprend 6 noyaux villageois répartis dans autant d'anses le long de la côte : Mont-Louis, L'Anse-Pleureuse, Gros-Morne, Manche-d'Épée, Madeleine centre et Rivière-la-Madeleine (figure 23). Le site mesure 43,1 km de longueur. Il est découpé en 80 secteurs, 40 pour chacune des municipalités (MAX-001 à MAX-040 et SRM-001 à SRM-040).



Figure 23. Carte du site de la Haute-Gaspésie

Les noyaux villageois sont établis principalement dans le fond de petites baies (figure 24) et sont reliés entre eux par la route 132 qui passe sur des remblais installés au pied de hautes falaises rocheuses (figure 25). Quelques portions de bas plateaux sont également habitées (figure 26). À l'embouchure de la rivière Madeleine, une portion de côte naturelle et de flèche littorale est également présente (figure 27).



*Figure 24. Vue vers le fond de la baie de Mont-Louis*



*Figure 25. Route 132 située sur un remblai en pied d'une haute falaise rocheuse*



Figure 26. Bas plateau habité bordé par une falaise est un estran rocheux



Figure 27. Flèche littorale de la rivière Madeleine et vue vers le village en arrière-plan

Il est à noter que les cartes de marges de sécurité en Haute-Gaspésie sont faites pour l'horizon de 2060 (car réalisées avec les images de 2009 ou 2012, Marie *et al.*, 2017c). Mais comme ce projet utilise le nouveau trait plus récent ainsi que des méthodes de calculs différentes (pas de marge minimale, mais plutôt le scénario le plus probable d'évolution à l'avenir), l'horizon retenu est donc 50 ans à compter de ce nouveau projet et donc 2070.

#### 4.2.2 Résultats

Pour les 80 secteurs pour lesquels l'indice de de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion a été calculé en Haute-Gaspésie, quatre secteurs présentent une forte vulnérabilité en 2020 (RMAD-009, MAX-033, MAX-002, MAX-013) et ce sont les mêmes secteurs en 2070. Les résultats peuvent être visualités sur la figure 28 (en 2020) et la figure 29 (en 2070). Pour consulter les zones plus en détail, vous pouvez afficher la carte sur la plateforme SIGEC Web (<https://ldgizc.uqar.ca/Web/sigecweb>).

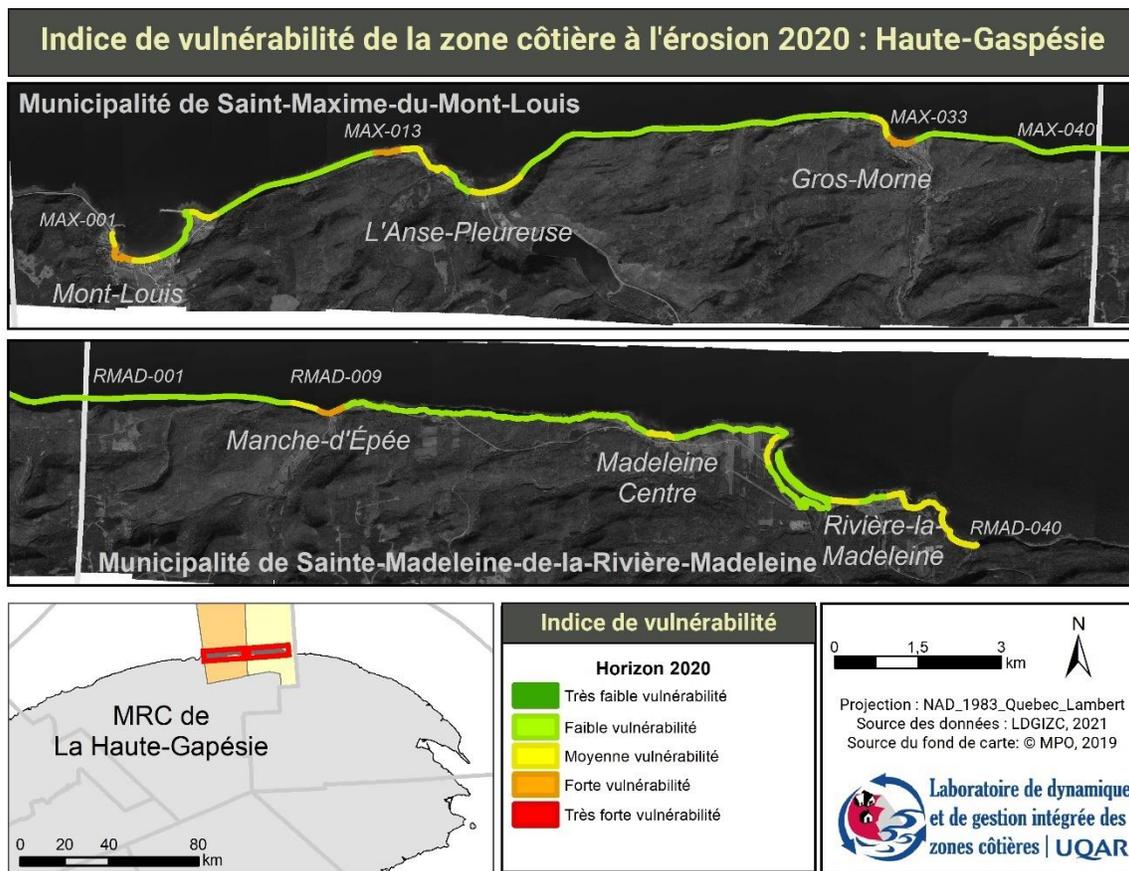


Figure 28. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2020 : Haute-Gaspésie

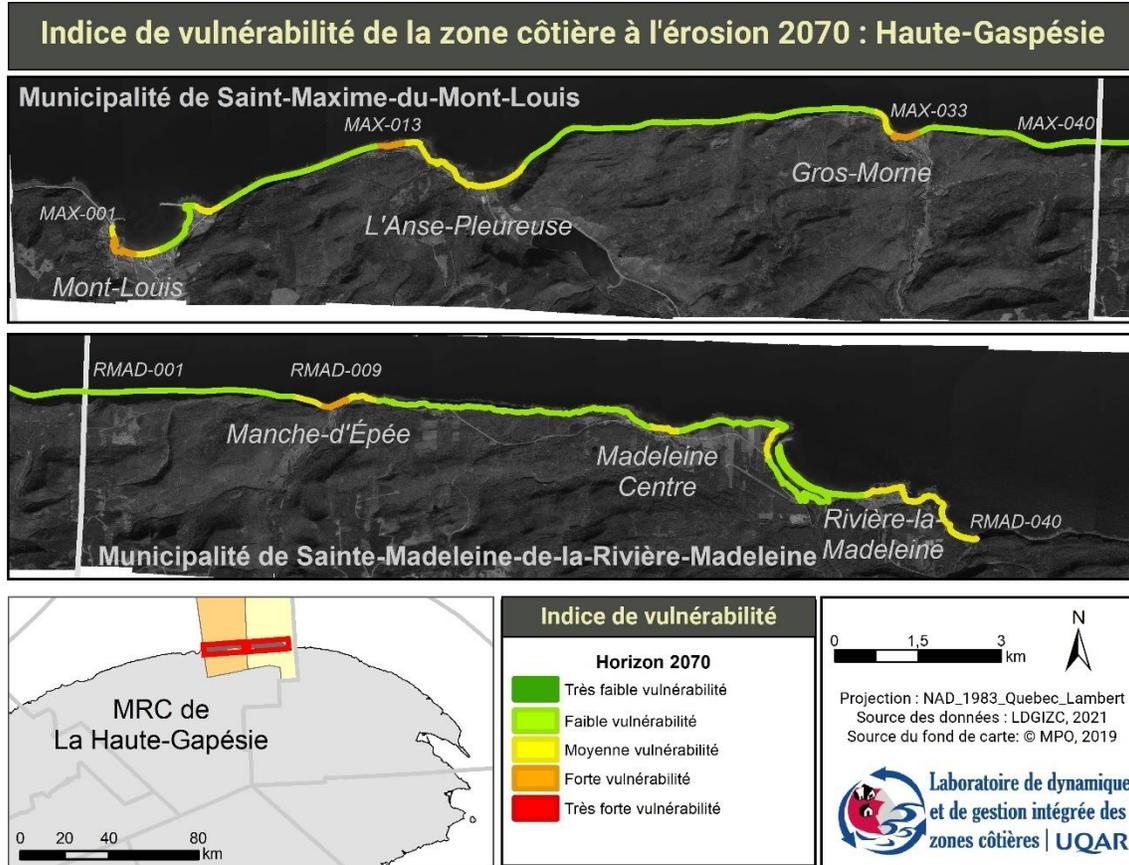


Figure 29. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2070 : Haute-Gaspésie

Il est important de noter que la route 132 est située sur la plus grande partie de sa longueur à une distance supérieure à un recul événementiel (-4,4 m pour ces côtes à remblai). Cependant même si la ligne blanche n'est pas affectée selon nos calculs, il pourrait arriver que l'accotement le soit, Le MTQ reste le seul à juger de la sécurité de la route et de son ouverture ou non si l'accotement est affecté. Ainsi le niveau de vulnérabilité qui est cartographié ici considère une route qui resterait ouverte et pour lequel le MTQ réparerait les ouvrages après chaque tempête (aucune évolution à long terme n'est incluse). Si cela n'est pas le cas, la vulnérabilité à l'érosion côtière devrait être recalculée et serait plus élevée étant donné que la route 132 est la seule voie de communication entre les villages. Une limite importante à notre étude est le fait qu'il est très difficile d'estimer quel recul pourrait se produire dans les remblais en arrière des infrastructures lorsqu'elles brisent dans une tempête car ce ne sont pas des environnements naturels. Si l'on s'intéresse uniquement à la vulnérabilité des routes, l'utilisation de l'indice de vulnérabilité des routes aux aléas côtiers (IVRAC) devrait être utilisée (Drejza *et al.*, 2015).

Il y a très peu d'évolution entre la vulnérabilité actuelle et celle de 2070. Seuls 2 secteurs voient leur niveau de vulnérabilité augmenter, en passant de la classe faible à moyenne, à savoir RMAD-010 et MAX-016, en raison de populations affectées seulement en 2070.

À noter que l'adaptation est homogène pour tous les secteurs et correspond à un niveau très faible car peu d'actions sont actuellement mises en œuvre (pas de zonage autre que la PPRLPI en 2021). Cela peut s'expliquer par le fait que le principal enjeu est lié à la route et que celle-ci est du ressort du ministère du Transport du Québec qui fait des recherches, des protections et des études, mais ces éléments d'adaptation ne sont pas pris en compte ici.

Le nombre de secteurs selon leur niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 est présenté au tableau 52 et les niveaux moyen, minimum et maximum pour les sous-indices et l'indice de vulnérabilité sont présentés au tableau 53.

Tableau 52. Nombre de secteurs par niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 (HGA)

	2020	2070
<b>Vulnérabilité très faible</b>	0	0
<b>Vulnérabilité faible</b>	60	58
<b>Vulnérabilité moyenne</b>	16	18
<b>Vulnérabilité forte</b>	4	4
<b>Vulnérabilité très forte</b>	0	0

Tableau 53. Niveaux moyen, minimum et maximum des sous indices et de l'indice de vulnérabilité (HGA)

	Enjeux exposés 2020 :	Enjeux exposés 2070	Adaptation	Vulnérabilité 2020	Vulnérabilité 2070
<b>Niveau moyen</b>	2	2	1	3	3
<b>minimum</b>	1	1	1	2	2
<b>maximum</b>	3	3	1	4	4

### 4.3 Site de Baie-des-Sables, Saint-Ulric et Matane (MRC de La Matanie)

Ce site témoin s'étend du quai de Baie-des-Sables au quai de Matane, sur le territoire des municipalités de Baie-des-Sables, Saint-Ulric et Matane (figure 30). Il englobe à la fois le site choisi en priorité 1 (qui fera également l'objet d'un portrait diagnostique) et l'un de ceux choisi en priorité 3 lors de l'atelier avec les acteurs. Le site choisi en deuxième priorité pour la MRC de La Matanie est essentiellement exposé à la submersion.

#### 4.3.1 Description du site

Le site s'étend sur 28,7 km répartis sur 2 cellules hydrosédimentaires soit la cellule de Saint-Ulric et Matane-sur-Mer (12,7 km) et la Cellule de la Tartigou (16 km). Il est principalement composé de côtes basses meubles (terrasses de plage) sensibles à l'érosion côtière, avec la présence d'un large estran (figure 31 et figure 32). L'occupation humaine linéaire est très proche de la côte, que ce soit la route nationale 132, les bâtiments situés le long de celle-ci et les centres des municipalités. Le site comporte deux cœurs de village (est de Baie-des-Sables et Saint-Ulric), un hameau (Tartigou) et une zone résidentielle (partiellement composée de chalets) à l'ouest de Matane, au niveau de la Grande Anse (Matane-sur-Mer). Entre ces quatre sites, le bâti est diffus et présent majoritairement au sud de la route (côté terre). Il faut noter que pour ce site, un arrière-pays agricole est présent (et donc qu'il y a des routes de déviation possible).

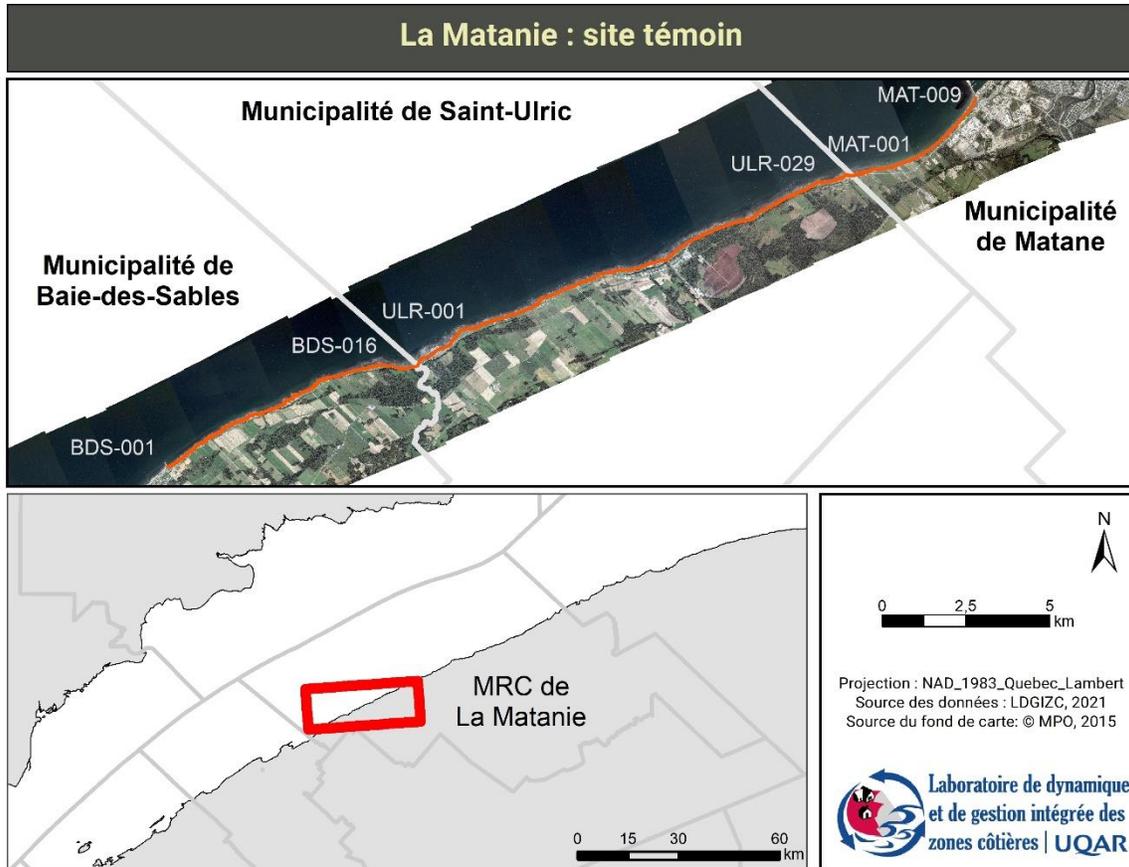


Figure 30. Carte de localisation du site de Baie-des-Sables, Saint-Ulric et Matane



*Figure 31. Vue vers l'ouest sur les secteurs ULR-023, 024 et 025*



*Figure 32. Vue vers l'est sur le village de Baie-des-Sables (BDS-001)*

#### 4.3.2 Résultats

Pour les 54 secteurs pour lesquels l'indice de de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion a été calculé en Matanie, sept secteurs présentent une forte vulnérabilité en 2020 (BDS-009, ULR-013, ULR-014, ULR-016, ULR-017, ULR-018, ULR-027) et ce sont 5 secteurs supplémentaires qui ont une forte vulnérabilité en 2070 soit un total de 12 (ULR-029, BDS-001, BDS-004, ULR-007, ULR-015). Les résultats peuvent être visualisés sur la figure 33 (en 2020) et la figure 34 (en 2070). Pour consulter les zones plus en détail, vous pouvez consulter la carte sur la plateforme SIGEC Web (<https://ldgizc.uqar.ca/Web/sigecweb>).

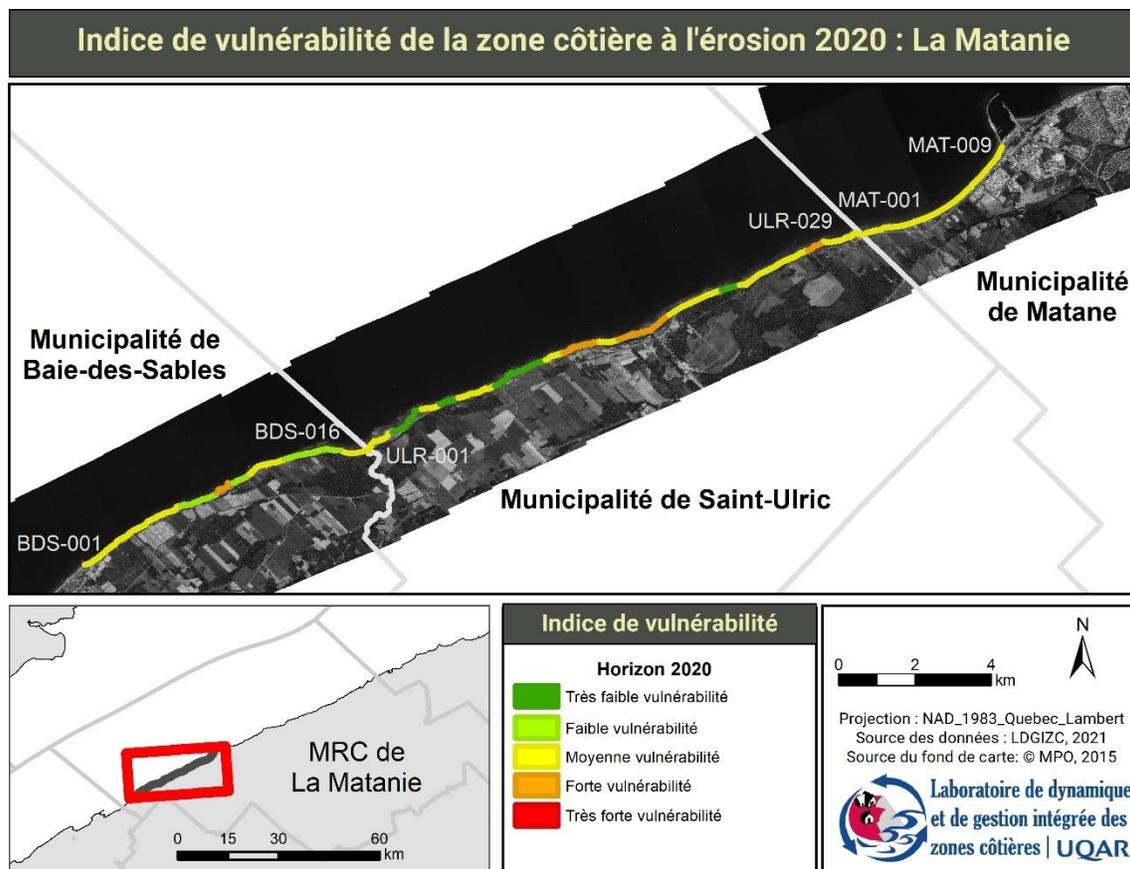


Figure 33. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2020 : La Matanie

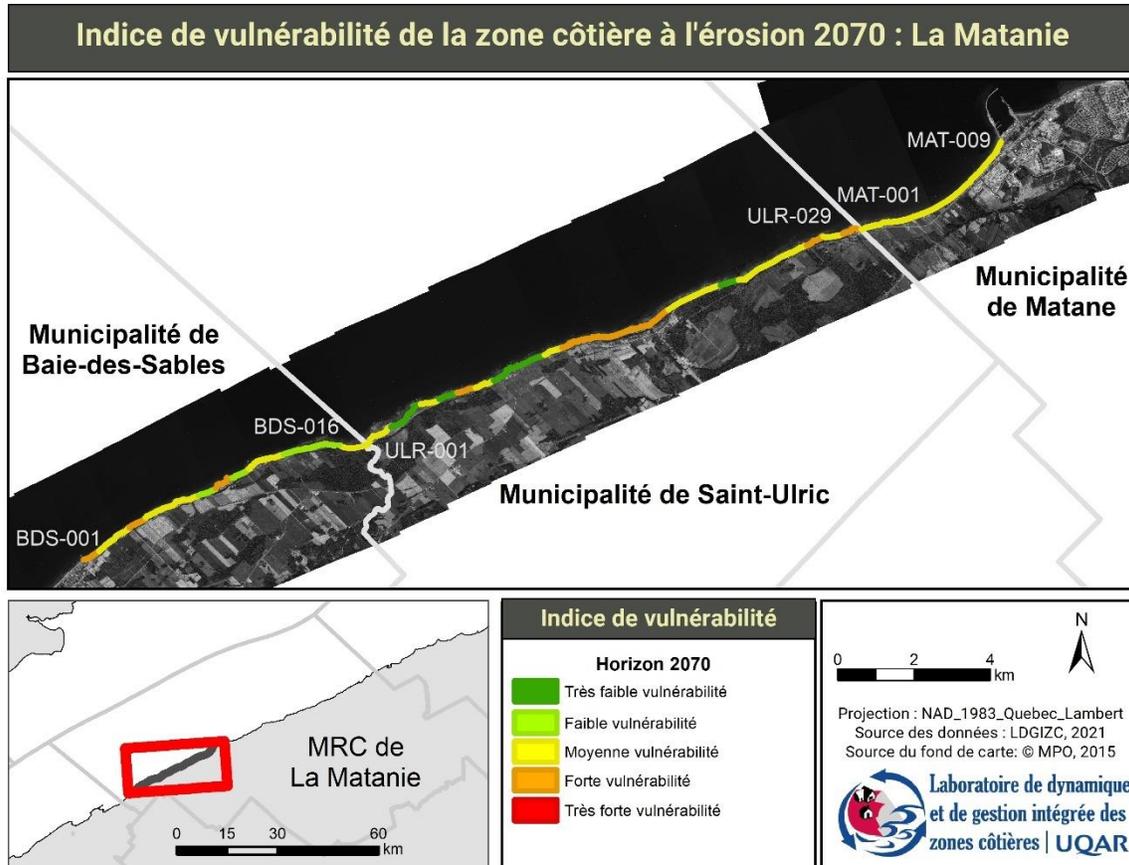


Figure 34. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2070 : La Matanie

De façon générale, les secteurs étudiés de la Matanie possèdent une vulnérabilité moyenne (score de 3) et ce, pour les deux horizons de temps. Les secteurs qui sont très peu vulnérables actuellement le restent même en 2070. On remarque un noyau de vulnérabilité forte au centre du village de Saint-Ulric (entièreté du cœur du village, 6 des 12 secteurs fortement vulnérables, figure 35). Ce noyau de vulnérabilité forte est très peu influencé par l'augmentation de la vulnérabilité avec le temps, mais plutôt par la situation actuelle du fait de la grande proximité des infrastructures à la côte : résidences (jusqu'à 17 dans un secteur), voies municipales, éléments patrimoniaux (presbytère), entreprises. De plus, un risque pour l'environnement est présent à Saint-Ulric du fait de l'érosion au niveau d'un ancien dépotoir (notre étude est datée de 2020, mais un nettoyage partiel a été effectué par le Comité ZIP Sud-de-l'Estuaire en 2021 et n'est pas pris en compte ici). Par ailleurs, les écosystèmes le long de la plupart des secteurs du village sont coincés en raison de la présence d'ouvrages de protection rigides et l'absence d'espace de liberté ce qui favorise à long terme la disparition de ces écosystèmes.

Les autres secteurs qui ont une concentration de secteurs avec un niveau de vulnérabilité fort sont la jonction entre les municipalités de Saint-Ulric et de Matane (ULR-027 et 029) ainsi que l'est du village de Baie-des-Sables (BDS-001 et BDS-004). Dans le secteur BDS-001 (figure 36), se trouvent, en plus de résidences, d'une route municipale, de l'égout, l'aqueduc, des usages récréatifs, une station-service dont les pompes seraient affectées par l'érosion en 2070. Ceci est un facteur de vulnérabilité tant pour l'économie (E7) que pour les risques pour l'environnement (E12).

Le nombre de secteurs selon leur niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 est présenté au tableau 54 et les niveaux moyen, minimum et maximum pour les sous-indices et l'indice de vulnérabilité sont présentés au tableau 55.

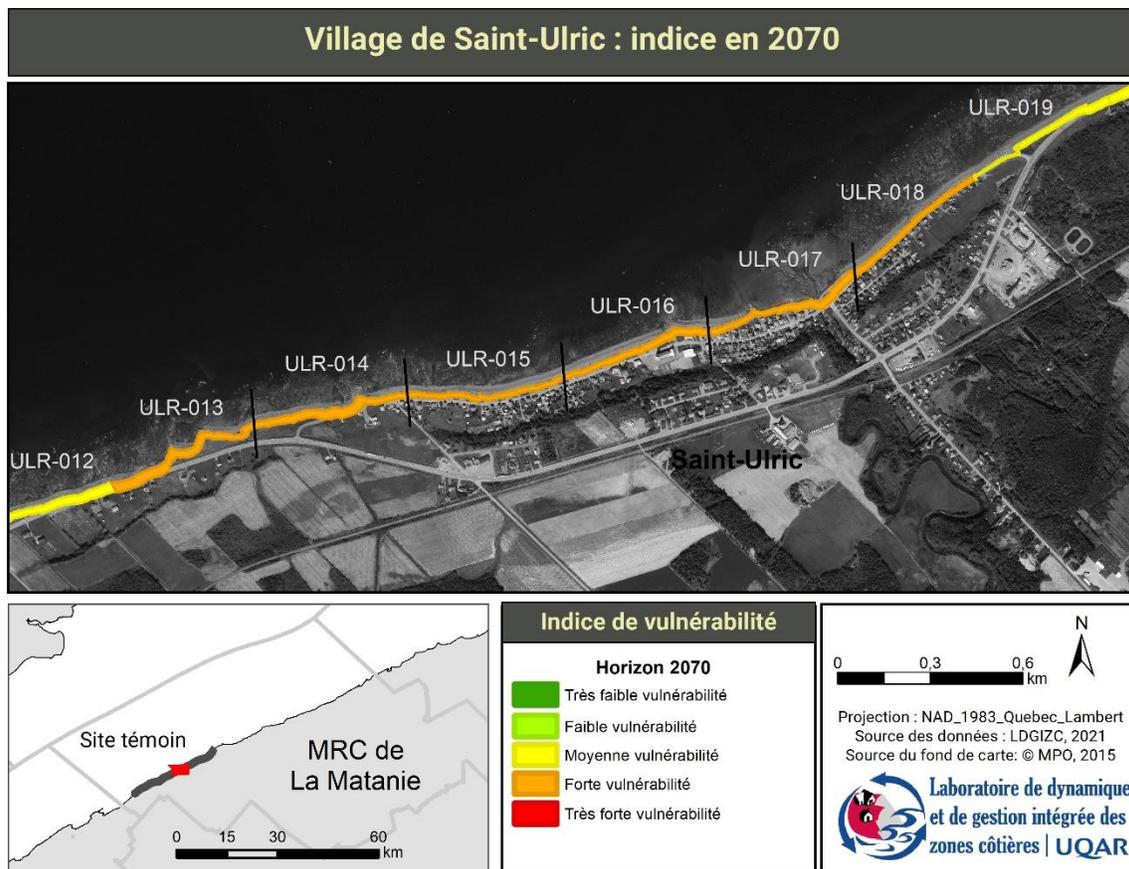


Figure 35. Secteurs du centre du village de Saint-Ulric (2070)

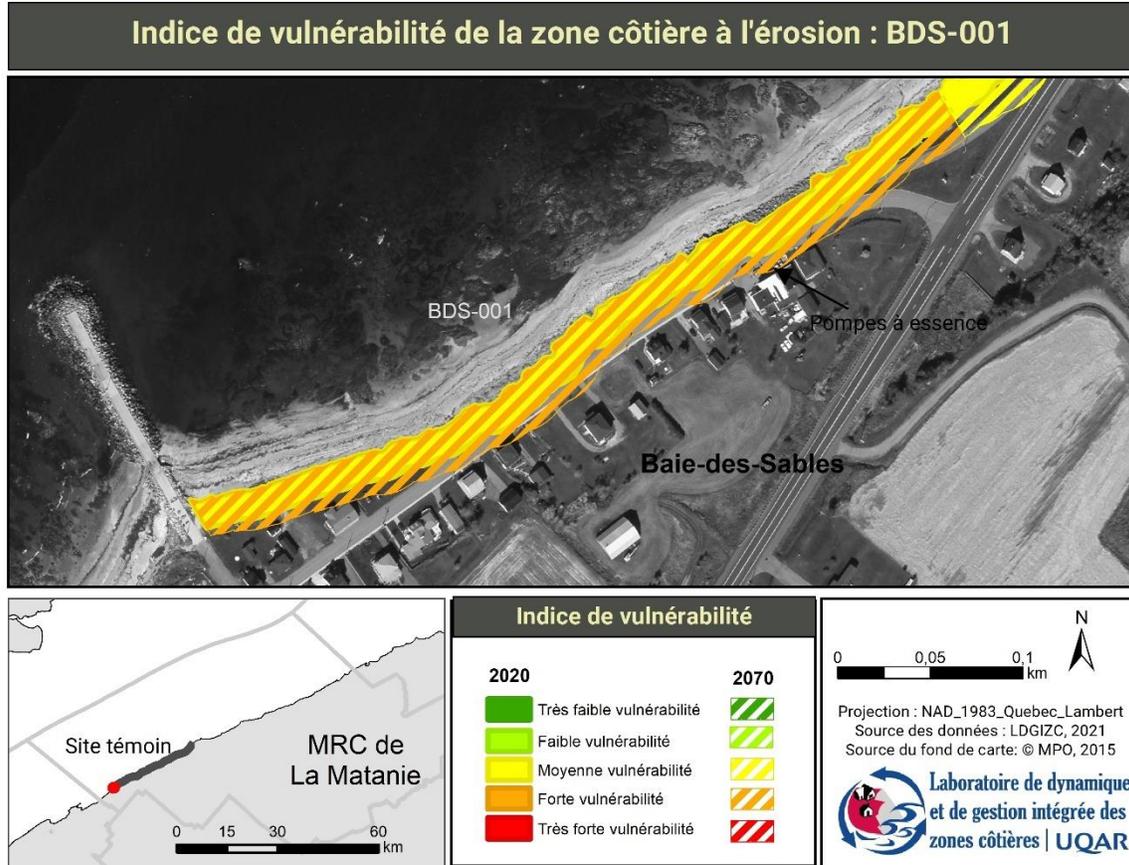


Figure 36. Vulnérabilité du secteur BDS-001 (MAT)

Tableau 54. Nombre de secteurs par niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 (MAT)

	2020	2070
Vulnérabilité très faible	7	7
Vulnérabilité faible	6	5
Vulnérabilité moyenne	34	30
Vulnérabilité forte	7	12
Vulnérabilité très forte	0	0

Tableau 55. Niveaux moyen, minimum et maximum des sous indices et de l'indice de vulnérabilité (MAT)

	Enjeux exposés 2020 :	Enjeux exposés 2070	Adaptation	Vulnérabilité 2020	Vulnérabilité 2070
Niveau moyen	2	2	2	3	3
minimum	1	1	2	1	1
maximum	3	3	3	4	4

#### 4.4 Site de Havre-Saint-Pierre (MRC de la Minganie)

Le site témoin se trouve dans la municipalité de Havre-Saint-Pierre. Il se compose de deux sous-sites témoins soit tout d'abord de l'ouest de la rivière Mingan jusqu'à la Pointe Paradis puis le centre-ville (du port de Havre-Saint-Pierre jusqu'aux Caps Blancs) (voir figure 37). Bien que le site n'ait pas été priorisé par les acteurs lors de l'atelier 2, il présente davantage de diversité que les autres sites potentiels et répond ainsi aux critères choisis par la Table de concertation sur l'érosion en Minganie. Veuillez noter que le site de Rivière-Saint-Jean, le plus priorisé, a été sélectionné pour le portrait diagnostic. Les sites de Longue-Pointe-de-Mingan, d'Aguanish et Natashquan, priorisés de façon moindre, présentaient moins de diversité et peu d'exposition. Ils ont été considérés, mais non retenus.

##### 4.4.1 Description du site

Le secteur ouest présente 15,4 km de côtes et le secteur du centre-ville présente 8,4 km de côtes (figure 37).

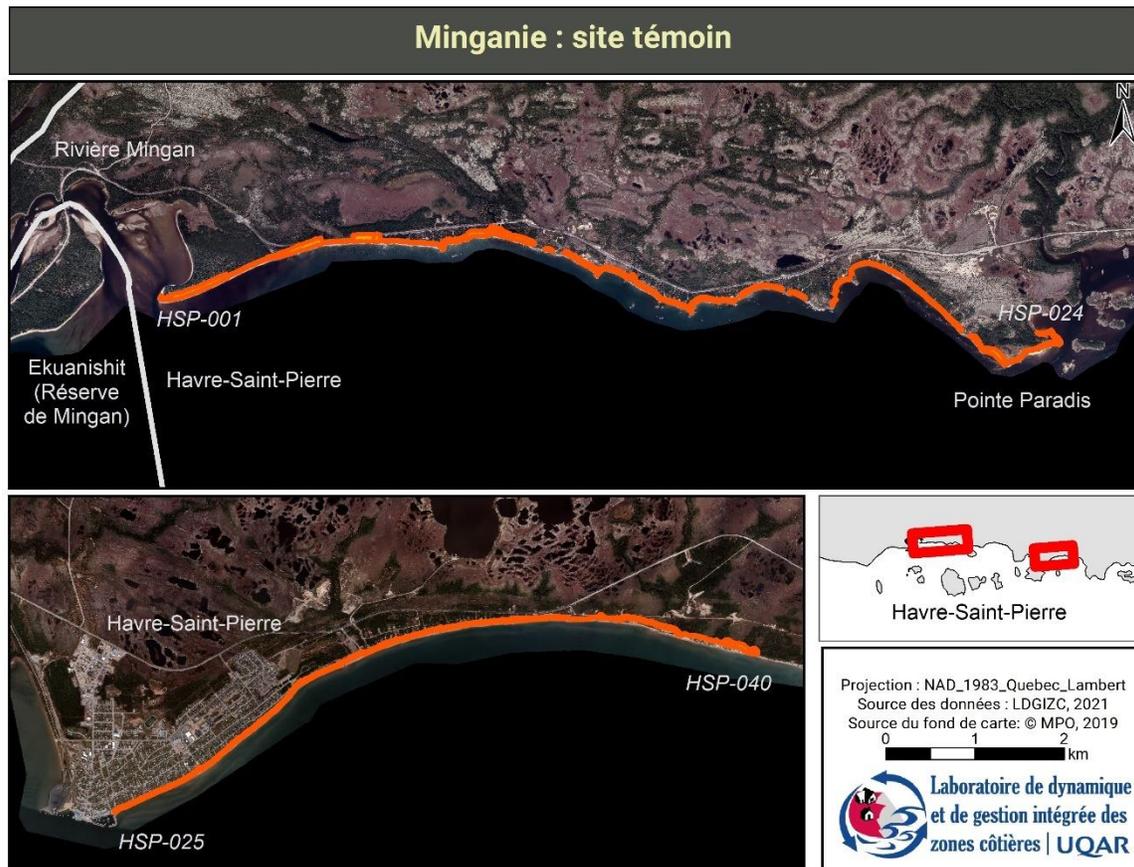


Figure 37. Carte de localisation du site de la Minganie

Le secteur du centre-ville (figure 38) présente des côtes basses meubles (terrasse de plage) dans sa partie ouest la plus densément urbanisée, puis de falaises meubles dans son extrémité est au sortir de la zone urbaine.



*Figure 38. Secteur du centre-ville de Havre-Saint-Pierre*

Le secteur ouest est principalement composé de côtes à terrasses de plage ou de falaises meubles entrecoupées de petits secteurs de côtes rocheuses ignées (figure 39). Aucun secteur n'est totalement à l'abri de l'érosion, car il y a toujours des secteurs de côtes meubles.



Figure 39. Vue vers l'est, secteurs ouest

#### 4.4.2 Résultats

Pour les 40 secteurs pour lesquels l'indice de de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion a été calculé en Minganie, aucun secteur ne présente une forte vulnérabilité en 2020 ou en 2070. Le niveau de vulnérabilité le plus important est moyen avec 10 secteurs en 2020 (HSP-001, HSP-002, HSP-003, HSP-004, HSP-008, HSP-013, HSP-014, HSP-026, HSP-029 et HSP-035) et 14 en 2070 (en plus des précédents on trouve : HSP-005, HSP-006, HSP-007 et HSP-034). Les résultats peuvent être visualisés sur la figure 40 (en 2020) et la figure 41 (en 2070). Pour consulter les zones plus en détail, vous pouvez consulter la carte sur la plateforme SIGEC Web (<https://ldgizc.uqar.ca/Web/sigecweb>).

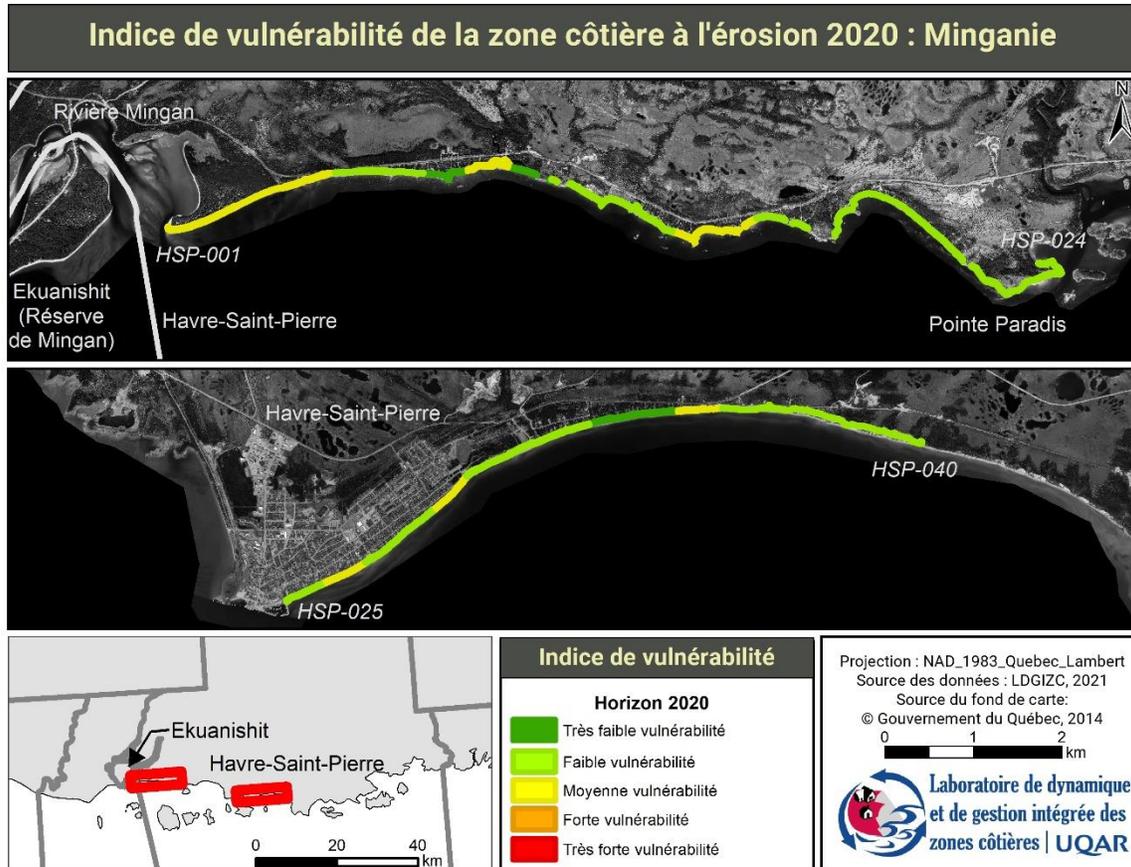


Figure 40. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2020 : La Minganie

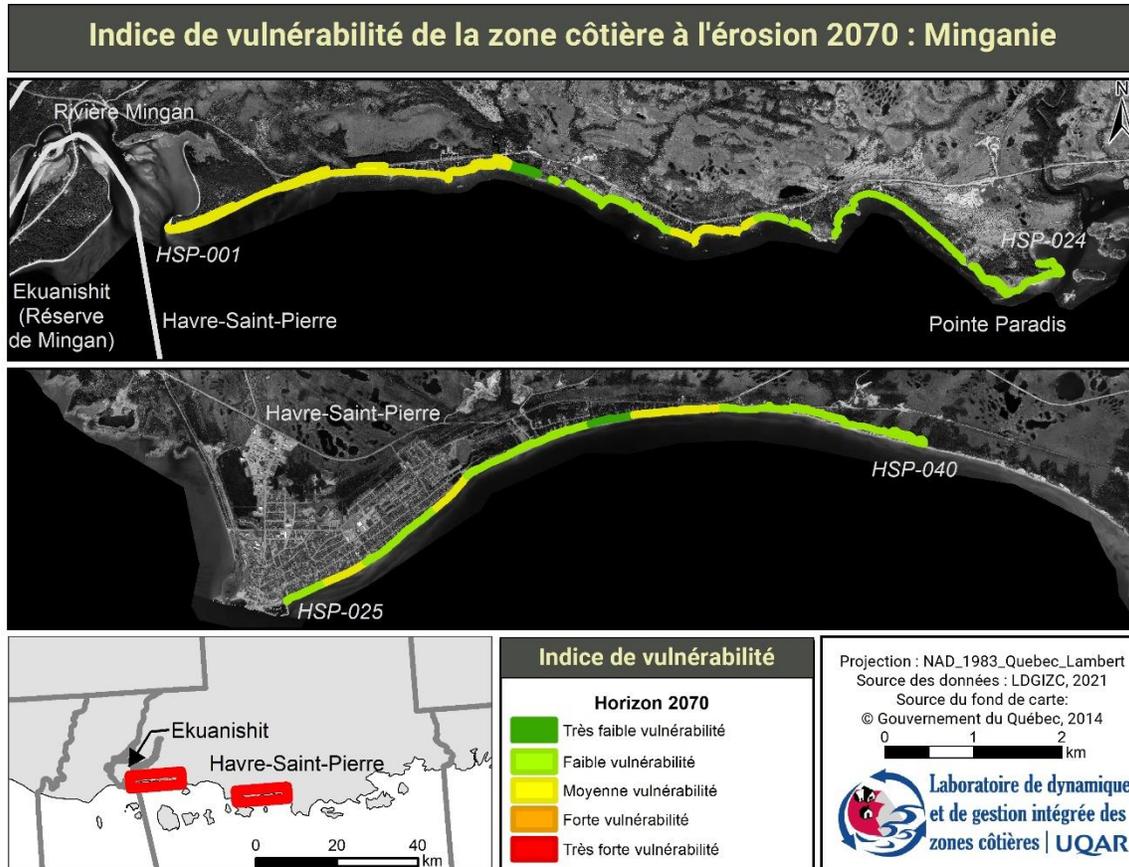


Figure 41. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour 2070 : La Minganie

Les niveaux de vulnérabilités les plus importants pour le site de la Minganie sont observés dans l'ouest car on y retrouve une certaine concentration de bâtiments résidentiels exposés (jusqu'à 12) et les voies de communications pourraient être coupées isolant des populations, mais peu d'autres éléments sont présents. Il faut noter que les secteurs HSP-034 et HSP-007 ont un niveau de vulnérabilité très faible actuellement mais se retrouvent dans la catégorie de vulnérabilité moyenne en 2070. Leur niveau d'adaptation de 3 permet de limiter grandement le niveau de vulnérabilité tant que les enjeux restent très faibles comme en 2020 (voir matrice à la figure 14), mais pas en 2070 lorsque les enjeux augmentent pour se placer à un niveau faible. Il est aussi intéressant de noter que le secteur HSP-008 comprend un site archéologique classé. Cela contribue à son niveau de vulnérabilité moyen.

Ce qui augmente quelque peu les niveaux d'adaptation de certains secteurs (niveau moyen alors que la majorité du site témoin ont un niveau faible) c'est la présence de recharges en sable de hauts de plages. Bien qu'aucune documentation n'ait été trouvée, elles semblent avoir été mises en place de manière artisanale suite à la tempête de la fin de l'année 2016 et sont ainsi visibles sur les images héliportées obliques de 2017.

Le nombre de secteurs selon leur niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 est présenté au tableau 56 et les niveaux moyen, minimum et maximum pour les sous-indices et l'indice de vulnérabilité sont présentés au tableau 57.

Tableau 56. Nombre de secteurs par niveau de vulnérabilité en 2020 et 2070 (MIN)

	2020	2070
<b>Vulnérabilité très faible</b>	4	2
<b>Vulnérabilité faible</b>	26	24
<b>Vulnérabilité moyenne</b>	10	14
<b>Vulnérabilité forte</b>	0	0
<b>Vulnérabilité très forte</b>	0	0

Tableau 57. Niveaux moyen, minimum et maximum des sous indices et de l'indice de vulnérabilité (MIN)

	Enjeux exposés 2020 :	Enjeux exposés 2070	Adaptation	Vulnérabilité 2020	Vulnérabilité 2070
<b>Niveau moyen</b>	1	2	2	2	3
<b>minimum</b>	1	1	2	1	1
<b>maximum</b>	2	2	3	3	3

#### 4.5 Sites de la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent (Basse-Côte-Nord)

Pour cette MRC, 4 sites témoins ont été retenus (tableau 58). Il s'agit des sites pour le projet du mémoire de maîtrise de Clara Pelletier-Boily (2021).

Tableau 58. Liste des sites témoins pour la MRC de GSL

Nom du site témoin	Limite ouest	Limite est	Nom de la municipalité ou communauté concernée	Longueur de côte étudiée (km)
<b>Kegaska</b>	De l'embouchure de la rivière de l'Anse Muddy	Jusqu'à l'est de la baie de Kegaska	Kegaska	13,1
<b>La Romaine/Unamen Shipu</b>	Du quai de La Romaine	Jusqu'à la pointe de la rivière Olamen	La Romaine et Unamen Shipu	9,0
<b>Chevery</b>	La pointe de rivière à la Croix	Jusqu'à la marina du côté de la rivière Netagamiou	Chevery	26,6
<b>Blanc-Sablon</b>	l'Anse-aux-Dunes	Jusqu'à Black Rock	Blanc-Sablon	21,3

##### 4.5.1 Choix des quatre villages étudiés

L'indice de vulnérabilité aux aléas côtiers pour les communautés isolées a été développé sur quatre sites d'études, soit Kegaska, La Romaine et Unamen Shipu, Chevery et Blanc-Sablon (figure 42). Les communautés de La Romaine et Unamen Shipu sont analysés ensemble puisque géographiquement, les communautés sont très proches et elles collaborent ensemble sur certains aspects.

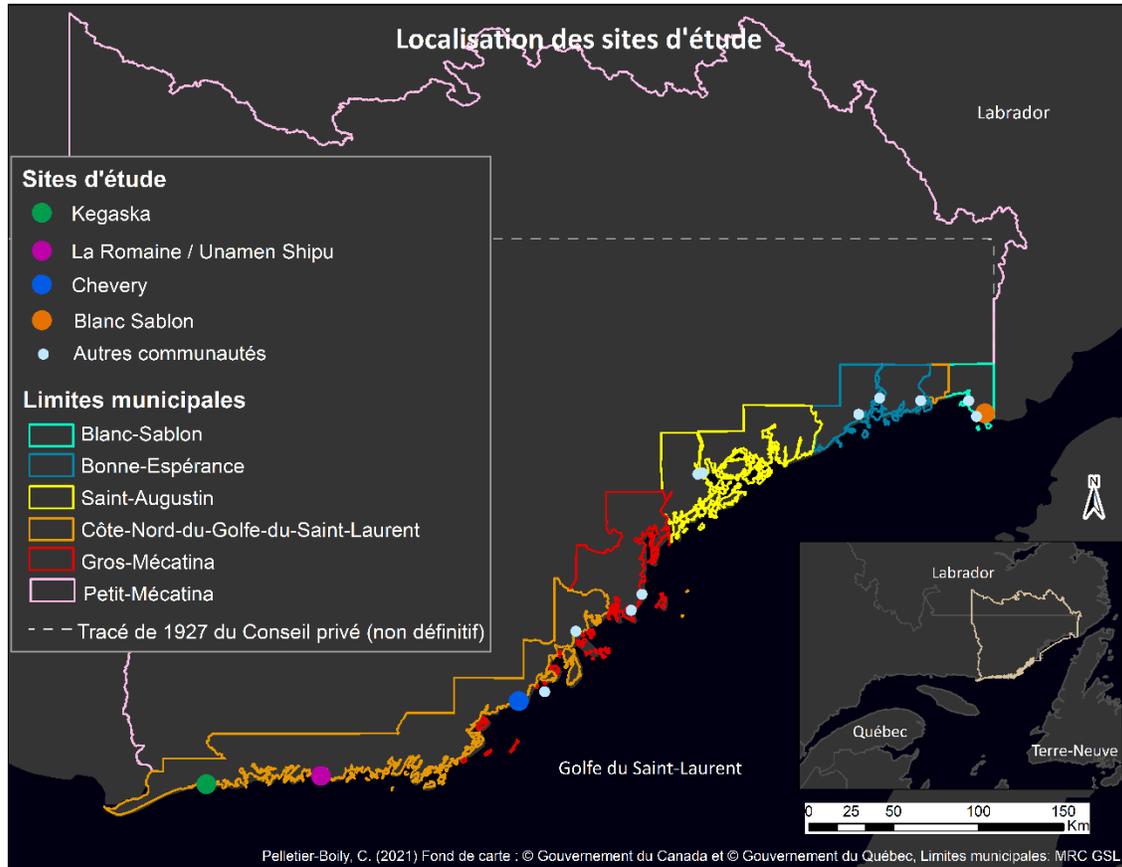


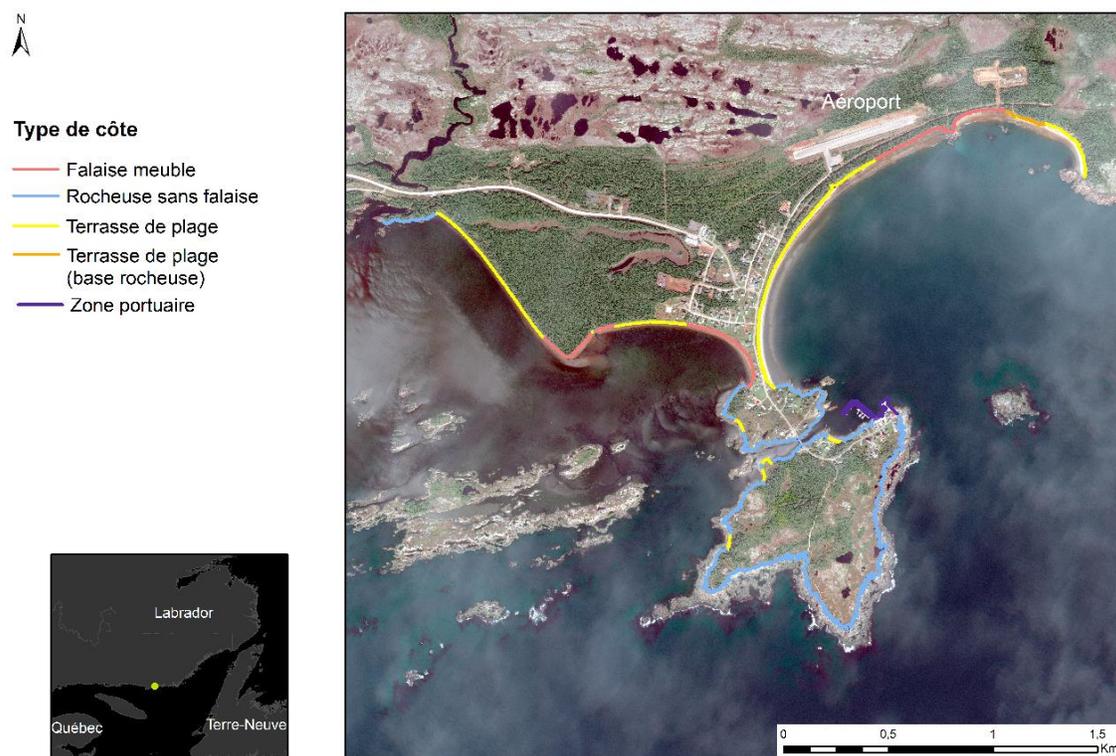
Figure 42. Localisation des sites d'études de la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent

#### 4.5.2 Kegaska

##### Description du site

Le site témoin se trouve dans la municipalité de la Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent de l'embouchure de la rivière de l'Anse Muddy jusqu'à l'est de la baie de Kegaska. Le site de Kegaska repose sur un complexe granitique gneissique du domaine de Natashquan (Corriveau *et al.*, 2002). Le village s'est édifié, à proximité immédiate du golfe, sur une terrasse de plage qui connecte le continent à une ancienne île du même nom (figure 43). Ce cordon littoral de sédiments se nomme un tombolo. Celui-ci se forme grâce à la protection des vagues et du vent que l'île lui procure (Trenhaile, 2004). La côte de l'île se rattachant au tombolo et celle de l'île en face est principalement constituée d'affleurement rocheux ce qui explique le grand pourcentage de côtes rocheuses (figure 43). La côte à l'ouest du tombolo est par ailleurs constituée de falaises meubles alors que du côté est du tombolo on retrouve plus de terrasses de plage (figure 43).

### Localisation et type de côte, Kegaska



Pelletier-Boily, C (2021) Type de côte [Document cartographique]. 1:20 000 Utilisation de ArcMap [SIG]. Version 10.6. Université du Québec à Rimouski.

Figure 43. Localisation et type de côte, Kegaska

Kegaska est un village côtier où vivaient 246 personnes en 2016, à majorité anglophone (Statistique Canada). En raison de sa localisation, les résidents de Kegaska doivent se procurer certains services au centre régional à Sept-Îles (Guimond, 2007). L'économie du village est centrée sur la pêche commerciale du crabe. De plus, depuis 2013, la route 138 le relie au reste du Québec, le village attire ainsi un nombre relativement important de touristes durant la saison estivale, environ 5 000 par été (Bourque *et al.*, 2009).

### Résultats

Les scores de l'indice de vulnérabilité à l'horizon 2020 sont en majorité de 2, soit de faible vulnérabilité (figure 44). 6 segments ont un score de 3 (moyenne vulnérabilité) (figure 44). Les segments se démarquent donc peu entre eux (figure 44).

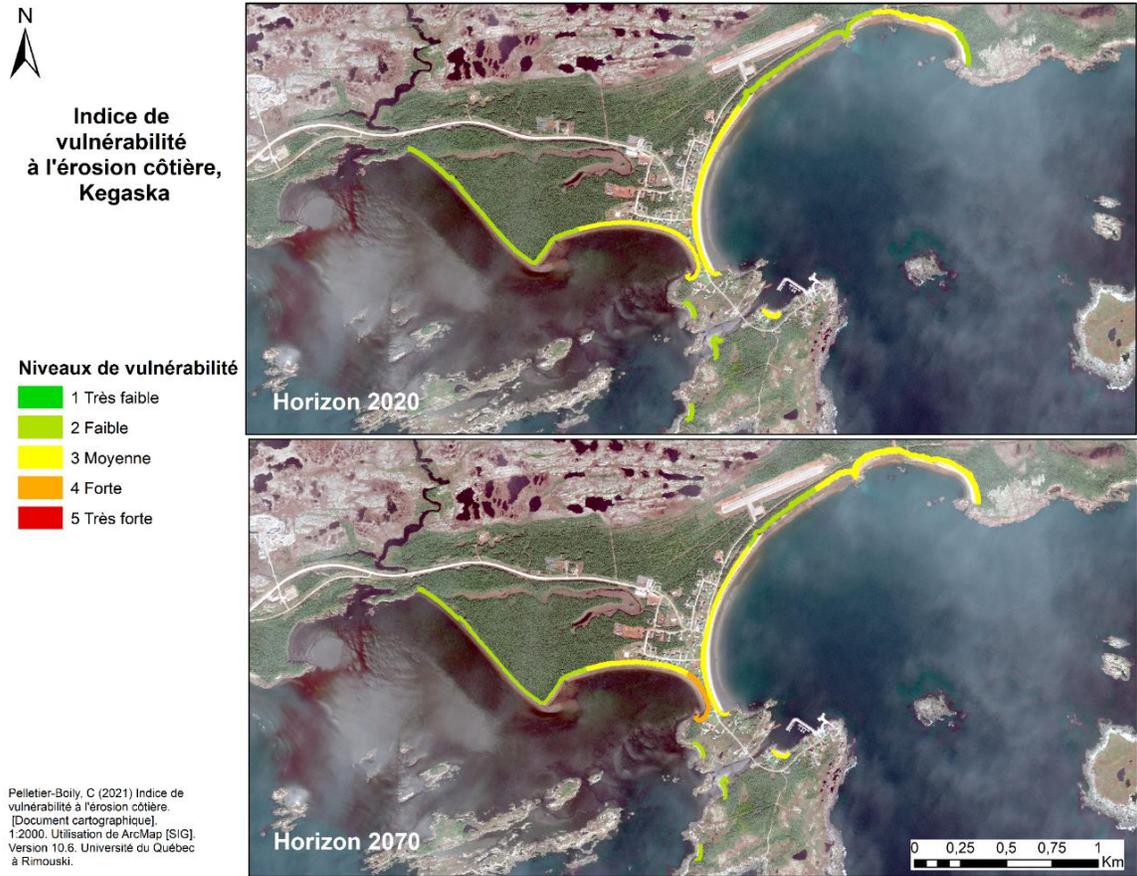


Figure 44. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion, Kegaska

Après analyse des résultats des sous-indices Enjeux exposés et Niveau d'adaptation, on remarque que le segment KEG\_005 est légèrement plus vulnérable en termes d'enjeux exposés à l'érosion côtière et en termes d'adaptation suivi de près par le segment KEG\_010 (figure 45). Ces deux segments longent chacun un côté du tombolo, ce qui en fait un point névralgique puisque le tombolo relie deux parties du village et permet l'accès au port. D'ailleurs, en 2070, le score de vulnérabilité du segment KEG-005 passe de moyenne vulnérabilité (3) à forte vulnérabilité (4).

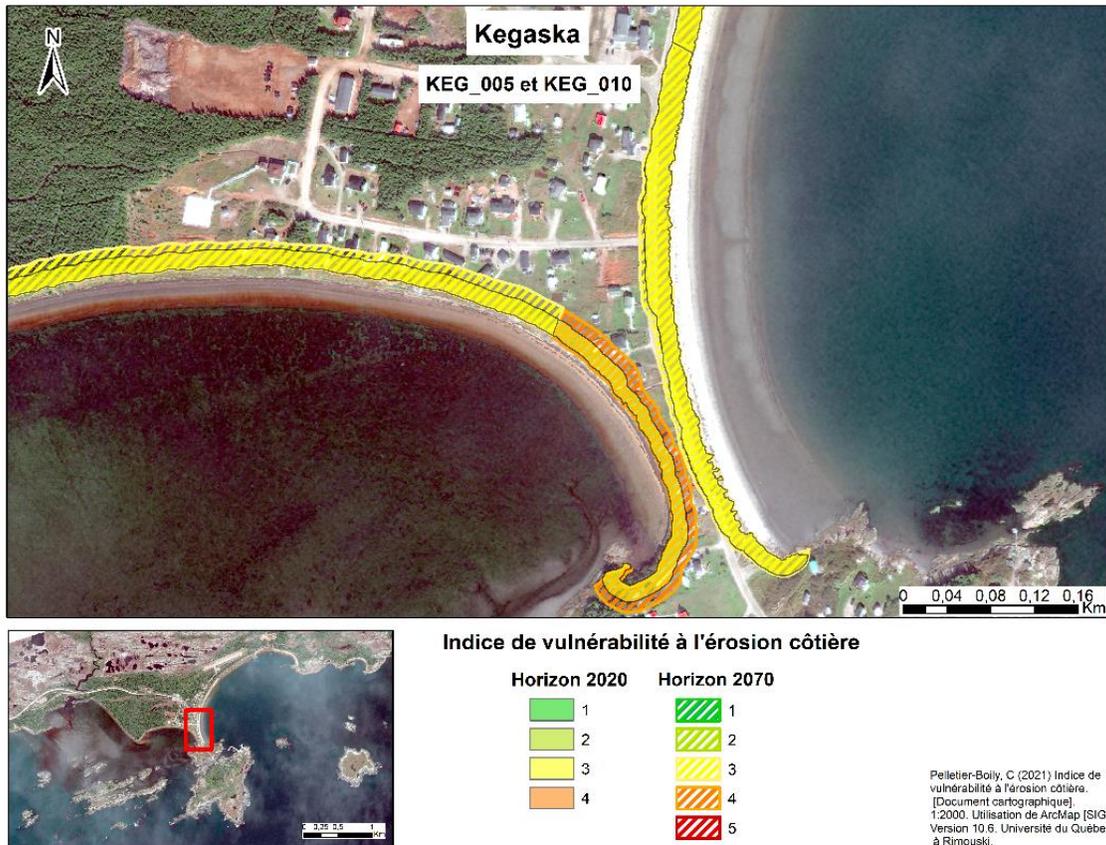


Figure 45. Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière-segment KEG-005 et KEG-010

Pour ce qui est de l'adaptation du segment KEG\_005, c'est le paramètre A3 (Présence de mesures de protection structurales et adéquation avec l'environnement côtier dans le segment de côte) qui contribue le plus à diminuer le sous-indice *Niveau d'adaptation*. En effet, malheureusement plusieurs mesures de protection structurales mal adaptées aux types de côtes ou même des déchets ont été mis en place dans le passé par les citoyens afin de tenter de se protéger de l'érosion côtière. On observe le long de la côte de Kegaska des pneus, des pieux, des murets de bois et de ciment dans des environnements sableux tels que des terrasses de plage et des falaises meubles (figure 46). Ces solutions contribuent à l'augmentation de l'érosion et à la pollution des écosystèmes côtiers.



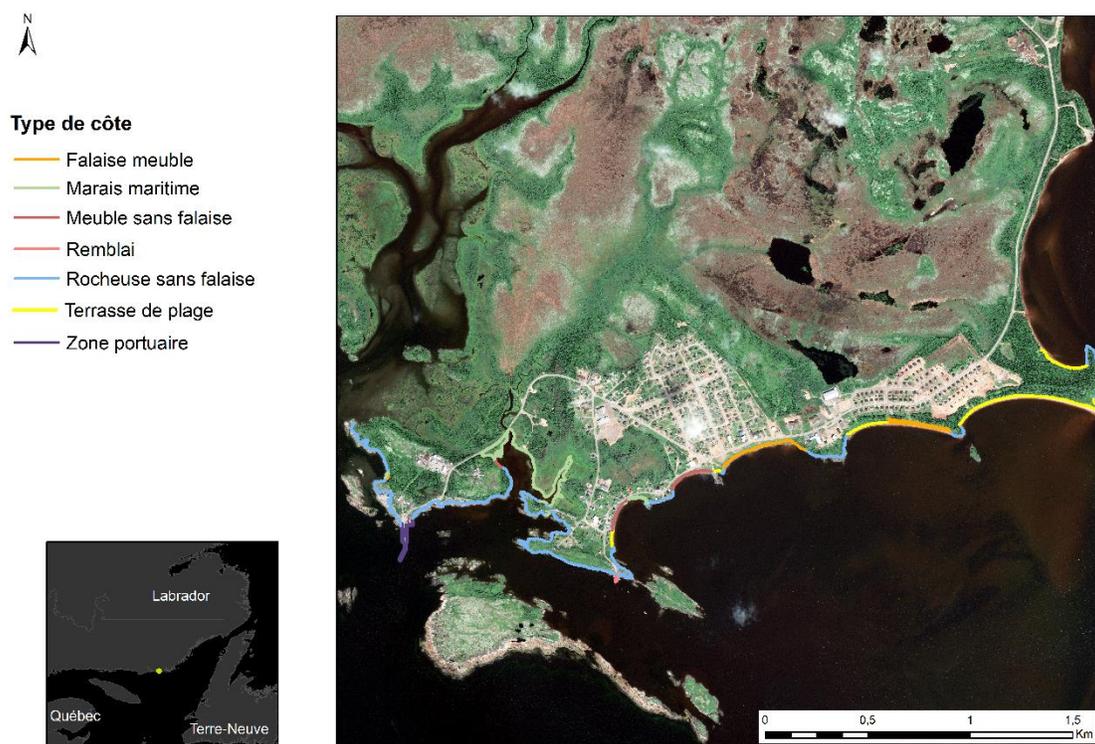
Figure 46. Exemple de déchets et d'ouvrage de protection côtière mal adaptés, segment KEG-005, Kegaska

### 4.5.3 La Romaine/Unamen Shipu

#### Description du site

Les villages d'Unamen Shipu et de La Romaine est situé sur un complexe metaquartzite du domaine de La Romaine (Corriveau *et al.*, 2002). La côte du site à l'étude englobant les communautés d'Unamen Shipu et de La Romaine est à 46 % composé d'affleurements rocheux (côte rocheuse sans falaise) (figure 47). Toutefois, la côte séparant le quai du village de La Romaine est principalement du marais maritime (figure 47). La côte bordant la communauté d'Unamen Shipu est constituée de falaise meuble de sédiments fins, peu sujette aux mouvements de terrain, provenant en grande quantités de l'apport sédimentaire de la rivière Olomane et de la présence de dépôts sédimentaires quaternaires

### Localisation et type de côte, La Romaine / Unamen Shipu



Pelletier-Boily, C. (2021) Type de côte [Document cartographique]. 1:20 000 Utilisation de ArcMap [SIG]. Version 10.6. Université du Québec à Rimouski.

Figure 47. Localisation et type de côte, La Romaine/Unamen Shipu

Les communautés étaient habitées par 982 habitants en 2016 (Statistique Canada). La majorité (977 en 2016) sont Innus et appartiennent à la communauté Unamen Shipu. Une grande partie de la communauté n'habite pas directement en zone côtière. Les habitants d'Unamen Shipu et La Romaine sont en majorité francophones. Malgré leur langue commune et leur grande proximité géographique, les communautés sont bien distinctes. En effet, leur administration n'est pas la même. La communauté de La Romaine est administrée sous le régime municipal de la Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent, alors que Unamen Shipu est gouvernée par un conseil de bande élu selon la coutume basée sur la *section 11 de la Loi sur les Indiens* (Unamen Shipu, n.d. a). La communauté d'Unamen Shipu fait partie du regroupement Mammit Innuat qui s'assure de la représenter auprès du public, des organismes provinciaux, nationaux et internationaux (Mammit Innuat, 2011). Afin d'alléger le texte, le seul nom Unamen Shipu sera utilisé pour désigner les communautés Unamen Shipu et La Romaine.

## Résultats

La vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion est plus forte dans l'ouest de la communauté d'Unamen Shipu, car plusieurs types d'enjeux s'y retrouvent (Figure 48), alors qu'à l'est de la communauté seuls quelques enjeux patrimoniaux (E6) sont dans la zone d'exposition à l'érosion côtière, ce qui explique la faible vulnérabilité.

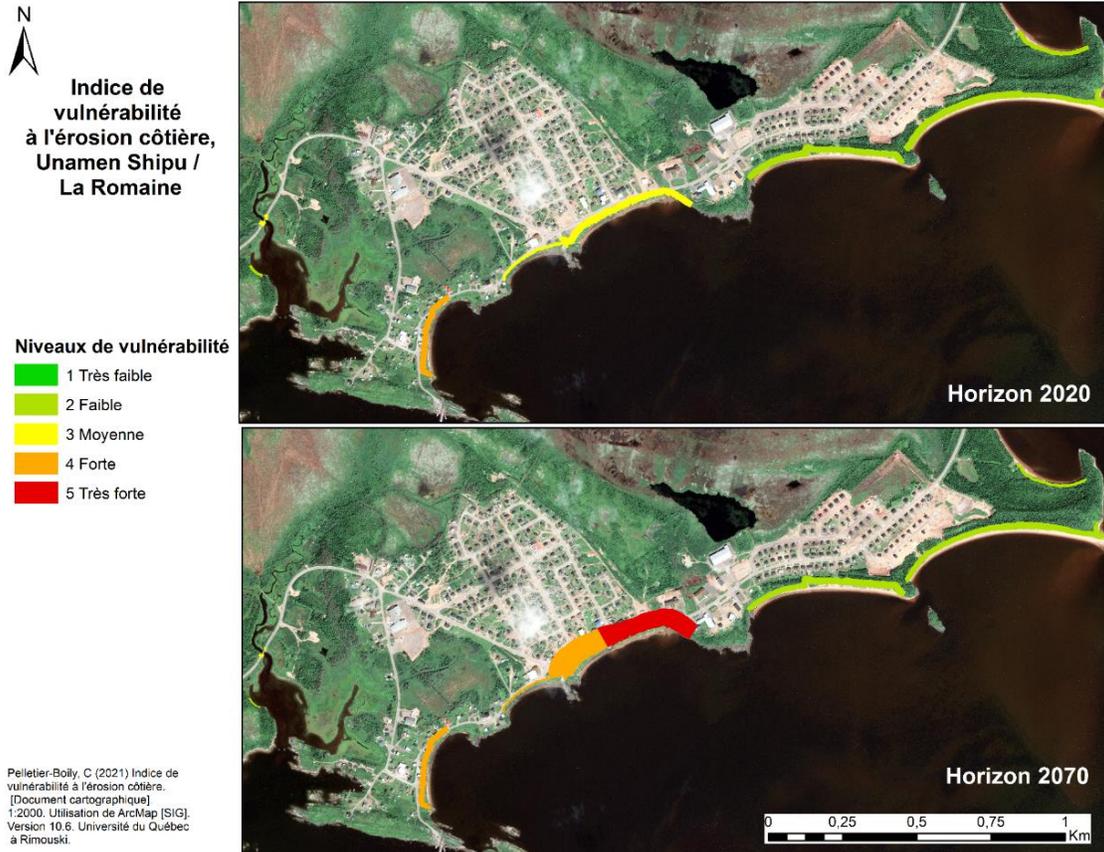


Figure 48. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion, Unamen Shipu/ La Romaine

Le segment le plus vulnérable est le segment ROM\_10 qui abrite une diversité d'activités économiques et récréotouristiques puisque le centre d'affaires Mukutan, la radio communautaire et la maison des jeunes s'y retrouvent (figure 49). De plus, il comprend des enjeux stratégiques dont la station de pompage et l'aqueduc ainsi que la radio communautaire qui permet les communications en période d'urgence (E10). Compte tenu de la diversité et du nombre d'enjeux présents dans le segment ROM\_010, il est le seul, dans la MRC, à présenter une vulnérabilité très forte (score de 5). Cette vulnérabilité identifiée grâce à l'indice s'est avérée bien représenter la réalité puisqu'à l'automne 2020, le conseil d'Unamen Shipu a fait construire un enrochement devant une partie des segments ROM\_009 et ROM\_010. Ainsi, notre évaluation de ces deux

segments n'est déjà plus à jour. Toutefois, cette réaction des décideurs de la communauté démontre que l'indice développé dans cette étude mesurait bien la vulnérabilité de ces secteurs.

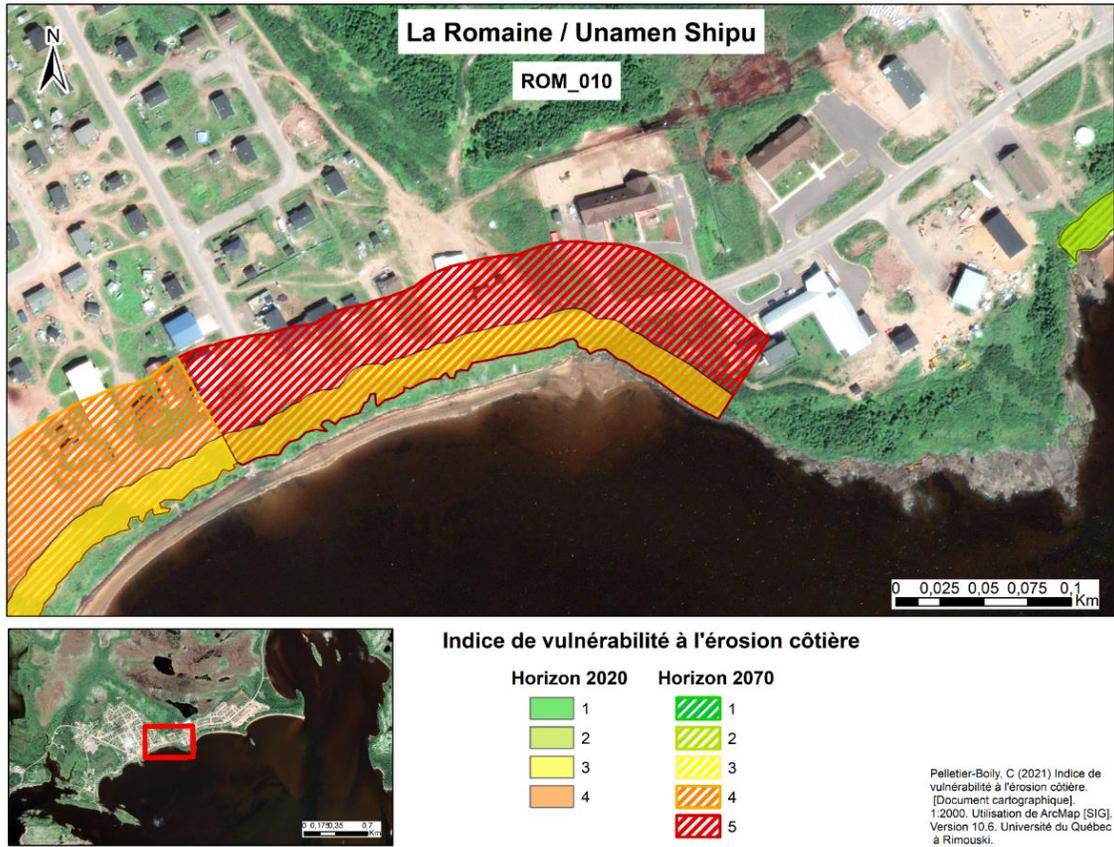


Figure 49. Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière, segment ROM-010



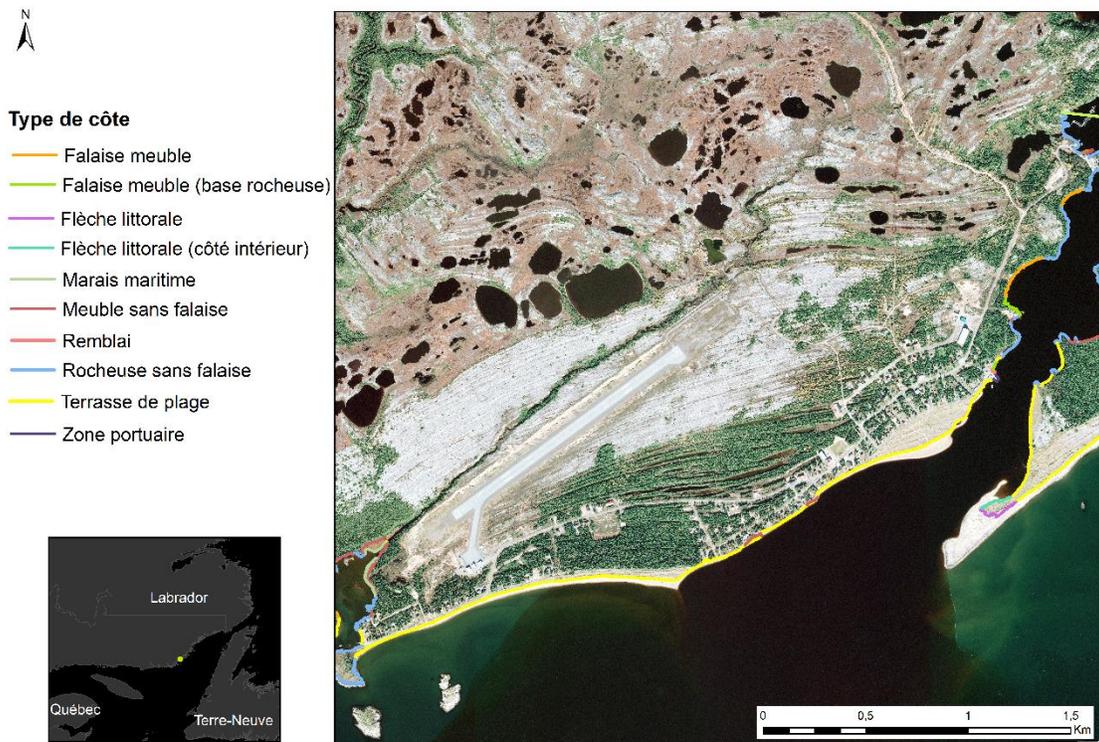
Figure 50. Photo oblique du segment ROM-010, 2019

#### 4.5.4 Chevery

##### Description du site

Le village de Chevery est situé dans la municipalité de la Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent, sur une série de plages soulevées qui ont été formées par la mer postglaciaire de Goldthwait (figure 51). Ainsi, ces plages soulevées par le relèvement isostatique de la croûte terrestre (Bernatchez, 2005) représentent les anciens niveaux d'éstran sur lesquelles s'accumulaient les sédiments fins. Chevery est enclavé entre deux embouchures de rivières, la rivière à la Croix à l'ouest et la rivière Netagamiou à l'est (Bernatchez *et al.*, 2008). Les côtes à terrasses de plage de sables fins, nombreuses sur ce site, sont principalement situées face au village (figure 51). Le substrat rocheux est moins souvent affleurant que sur les autres sites et se retrouve en majorité au bord de la rivière Netagamiou le long de laquelle on retrouve quelques installations humaines (figure 51). Le substrat rocheux divise les petites anses qui sont caractérisée par les falaises meubles (figure 51). L'environnement côtier de Chevery, bien qu'influencé par plusieurs facteurs anthropiques, a principalement évolué au rythme des apports sédimentaires de la rivière Netagamiou (Bernatchez *et al.*, 2008).

##### Localisation et type de côte, Chevery



Pelletier-Boily, C (2021) Type de côte [Document cartographique]. 1:20 000 Utilisation de ArcMap [SIG]. Version 10.6. Université du Québec à Rimouski.

Figure 51. Localisation et type de côte, Chevery

Chevery est un village côtier qui était habité par 236 personnes en 2016 (Statistique Canada). La communauté est à majorité blanche et anglophone (Statistique Canada). Le centre administratif de la MRC est localisé à Chevery. Ce qui permet d'offrir plusieurs emplois dans le secteur tertiaire.

## Résultats

Les niveaux de vulnérabilité sont présentés à la figure 52. La majorité des segments possèdent un niveau de vulnérabilité moyen qui ne se modifie guère au fil du temps. Seuls deux segments ont un niveau de vulnérabilité qui se modifie entre l'horizon 2020 et 2070.

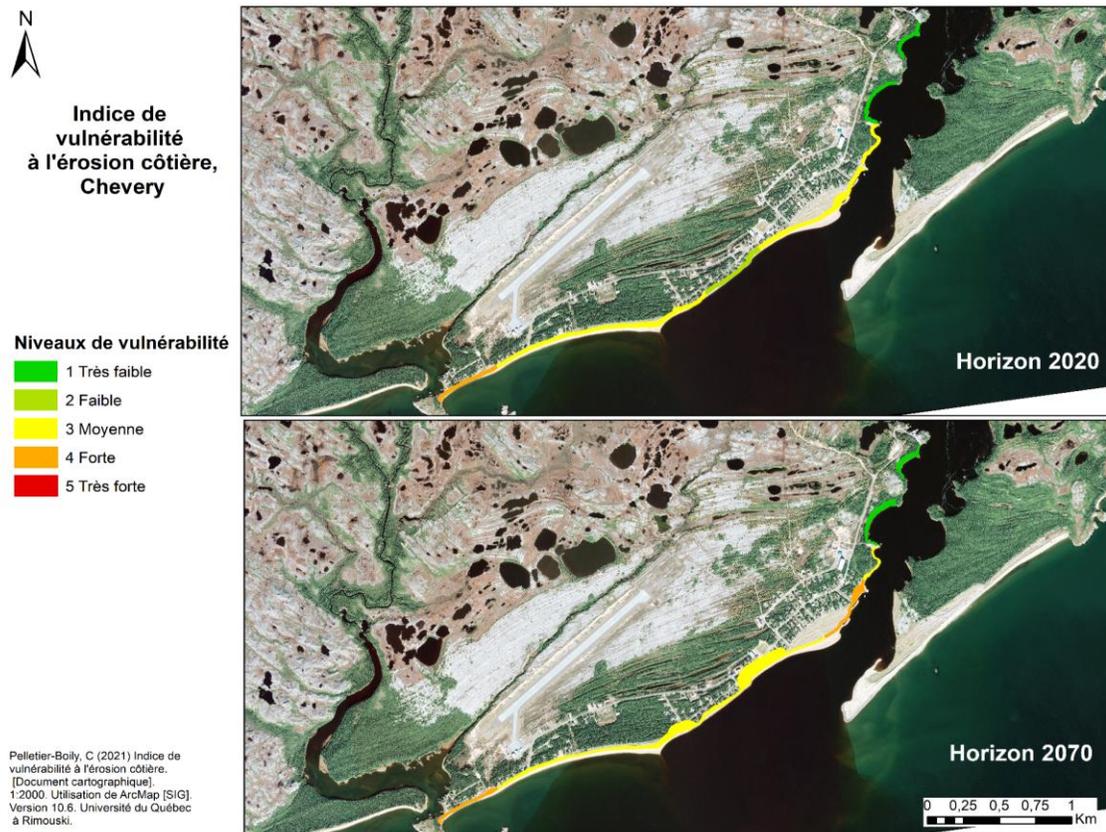


Figure 52. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion, Chevery

Le segment CHV\_008 se modifie et passe d'un score de 3 (moyenne vulnérabilité) en 2020 à un score de 4 en 2070 et le segment CHV\_006 passe d'un score de 2 (faible vulnérabilité) en 2020 à un score de 3 (moyenne vulnérabilité). Le segment CHV\_006 représente un endroit à surveiller à l'horizon 2070 car l'expansion de la zone d'exposition à l'érosion côtière comprend dès lors, une section du chemin Netagamiou et du chemin Bellecourt divisant par le fait même le village en deux (figure 53). Les réseaux routiers, d'électricité et le réseau de la téléphonie seraient

probablement coupés et une partie du village de Chevery ne pourrait plus avoir accès aux services d'urgence et à l'aéroport. Malgré cela, le segment CHV\_006 est le plus adapté de Chevery en raison de son score au paramètre A4 (Mesures de protection alternatives) qui est le plus élevé de tous les segments de la côte de Chevery. En effet, au moins deux propriétés y ont été relocalisées depuis 2013, ce qui comptabilisé comme une amélioration des capacités d'adaptation dans l'indice. Les relocalisations ont d'ailleurs contribué à la conscientisation de la communauté aux impacts de l'érosion côtière.

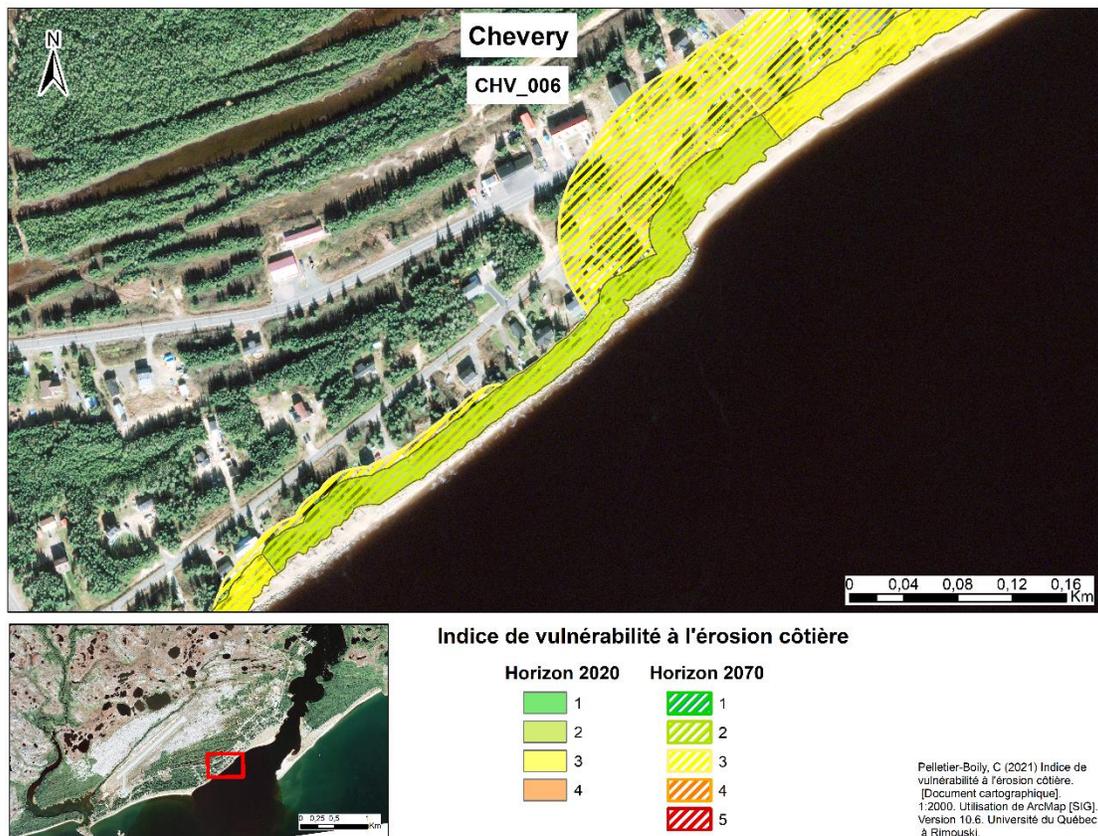


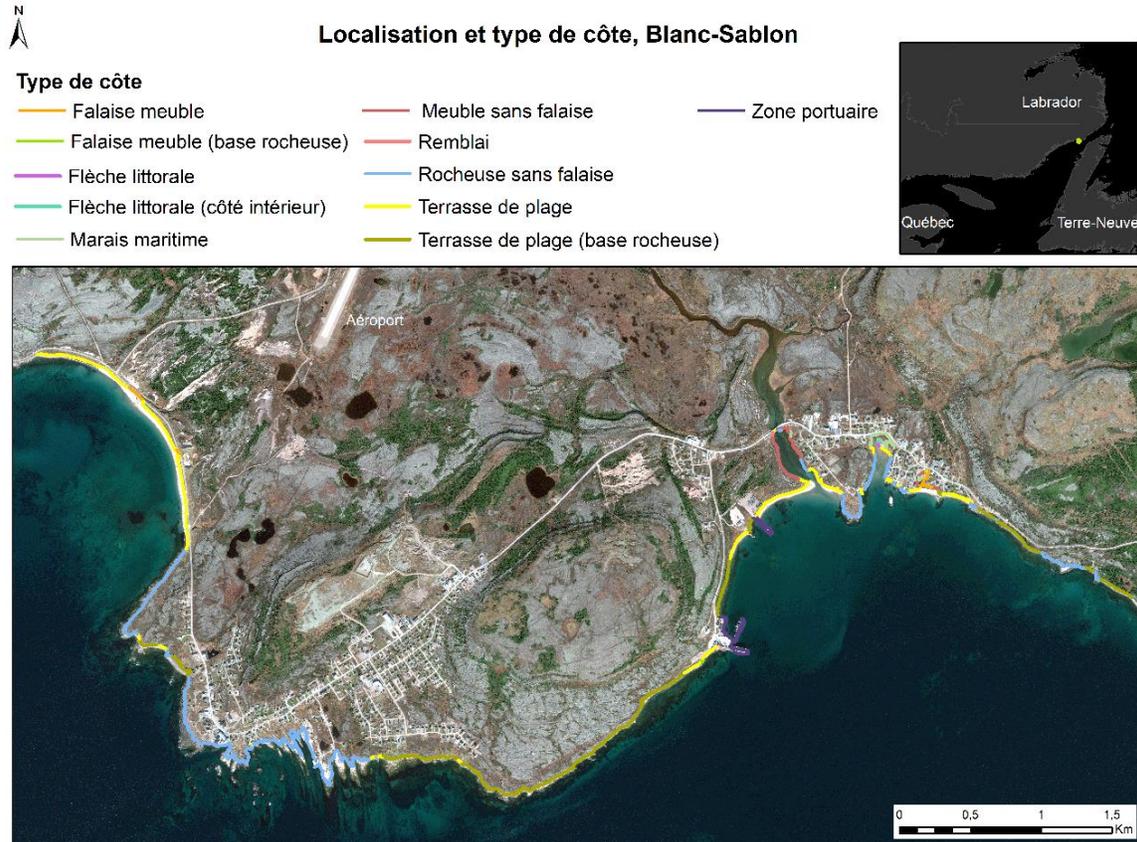
Figure 53: Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière, segment CHV-006, Chevery

#### 4.5.5 Blanc-Sablon

##### Description du site

Le site d'étude de Blanc-Sablon est constitué de deux communautés, soit à l'est la communauté éponyme de Blanc-Sablon et, 4 km à l'ouest, le village de Lourdes-de-Blanc-Sablon (figure 54). Ces

deux communautés sont dans la municipalité de Blanc-Sablon. Lourdes-de-Blanc-Sablon se situe sur l'assise rocheuse alors que Blanc-Sablon est constitué de dépôts de plage allant du sable au bloc de la mer de Goldthwait (Dionne, 1984) (figure 54). D'ailleurs, la rivière Blanc-Sablon qui divise le village de Blanc-Sablon en deux est une source de sédiment pour les plages situées à l'ouest du village (figure 55). Il y a aussi de grandes terrasses de plage à l'ouest de Lourdes-de-Blanc-Sablon (figure 54 et figure 56). Celles-ci sont les vestiges de cordons littoraux successifs dont le dénivelé décroît à mesure que l'altitude diminue (Boutray et Hillaire-Marcel, 1977)



Pelletier-Boily, C (2021) Type de côte [Document cartographique]. 1:30 000 Utilisation de ArcMap [SIG]. Version 10.6. Université du Québec à Rimouski.

Figure 54. Blanc-Sablon



*Figure 55. Plage de l'ouest du village de Blanc-Sablon*



*Figure 56. Plage à l'ouest de Lourdes-de-Blanc-Sablon*

Les villages de Blanc-Sablon et de Lourdes-de-Blanc-Sablon étaient habités respectivement, en 2016, par 118 habitants et 849 habitants à majorité blanche et anglophone (Statistique Canada). Parmi les sites de la Basse-Côte-Nord, le village de Blanc-Sablon n'est pas si isolé bien qu'il soit le plus oriental du Québec. En effet, vers l'ouest, il est relié à la municipalité de Bonne-Espérance par le tronçon est de la route 138, et, à l'est, il est relié au Labrador par la route 510 (MRC GSL, n.d.). Blanc-Sablon possède une frontière terrestre commune avec le Labrador et un lien maritime quotidien avec Terre-Neuve de par son traversier. Ainsi, les résidents de Blanc-Sablon ont un lien économique fort avec Terre-Neuve, plus particulièrement avec la ville de Corner Brook, qui leur sert de centre régional de services (Guimond, 2007).

## Résultats

Parmi tous les segments qui sont exposés à l'érosion côtière en 2020, les deux tiers présentent une vulnérabilité moyenne, soit un score de 3 et le tiers restant présente une vulnérabilité faible, soit un score de 2 (figure 57). Pour ce qui est des segments les plus vulnérables à l'horizon 2070, ils ont tous le même score que pour l'indice de 2020. L'absence de changements dans le score de l'indice de 2070 s'explique par le fait que les zones d'exposition à l'érosion côtière qui augmentent de superficie en 2070 n'intègrent pas de nouveaux enjeux par rapport à la zone d'exposition de 2020.

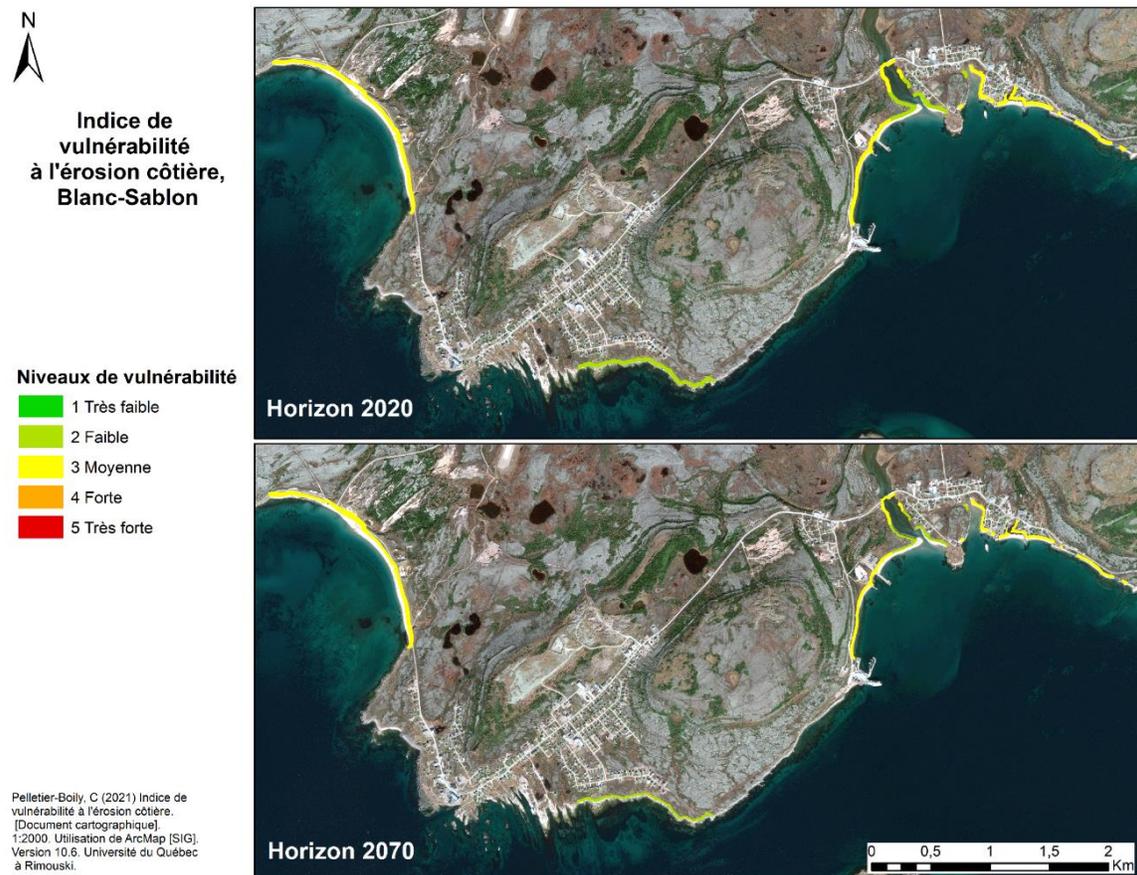


Figure 57. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion, Blanc-Sablon

Les scores des différents paramètres sont pratiquement tous pareils entre les deux horizons de temps de l'indice. Seuls les scores du paramètre E8 (Réseaux d'infrastructures) et du paramètre E12 (Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion côtière) du segment BSN\_001 sont modifiés en 2070. Malgré une vulnérabilité faible en moyenne, deux secteurs névralgiques sont exposés à l'érosion côtière en 2020 et en 2070. Ce sont les segments BSN\_002 et BSN\_011 (figure 58 et figure 59). Le segment BSN-002 inclus dans sa zone d'exposition à l'érosion côtière un tronçon de

la route 138 qui donne accès à l'aéroport de même que les réseaux de distribution d'Hydro-Québec et de téléphonie. Ainsi, il y aurait potentiellement 3 réseaux d'infrastructures affectés par l'érosion côtière. De plus, il pourrait mener à une rupture du réseau routier coupant l'accès aux services d'urgence pour les 4 villages à l'ouest de Blanc-Sablon (Vieux Fort, Rivière-Saint-Paul, Middle Bay et Brador) et coupant aussi l'accès routier à l'aéroport pour tous les villages de la région. Le segment BSN\_011 se démarque des autres, puisqu'il contient des éléments présentant des enjeux patrimoniaux (E6), mais surtout parce que la route entre le village de Lourdes-de-Blanc-Sablon et Blanc-Sablon est en partie incluse dans la zone d'exposition à l'érosion côtière. Ainsi, dans l'éventualité où il y aurait rupture du service routier causée par l'érosion côtière, aucune alternative serait possible pour assurer un accès entre le village de Blanc-Sablon et l'hôpital situé à Lourdes-de-Blanc-Sablon (E9).

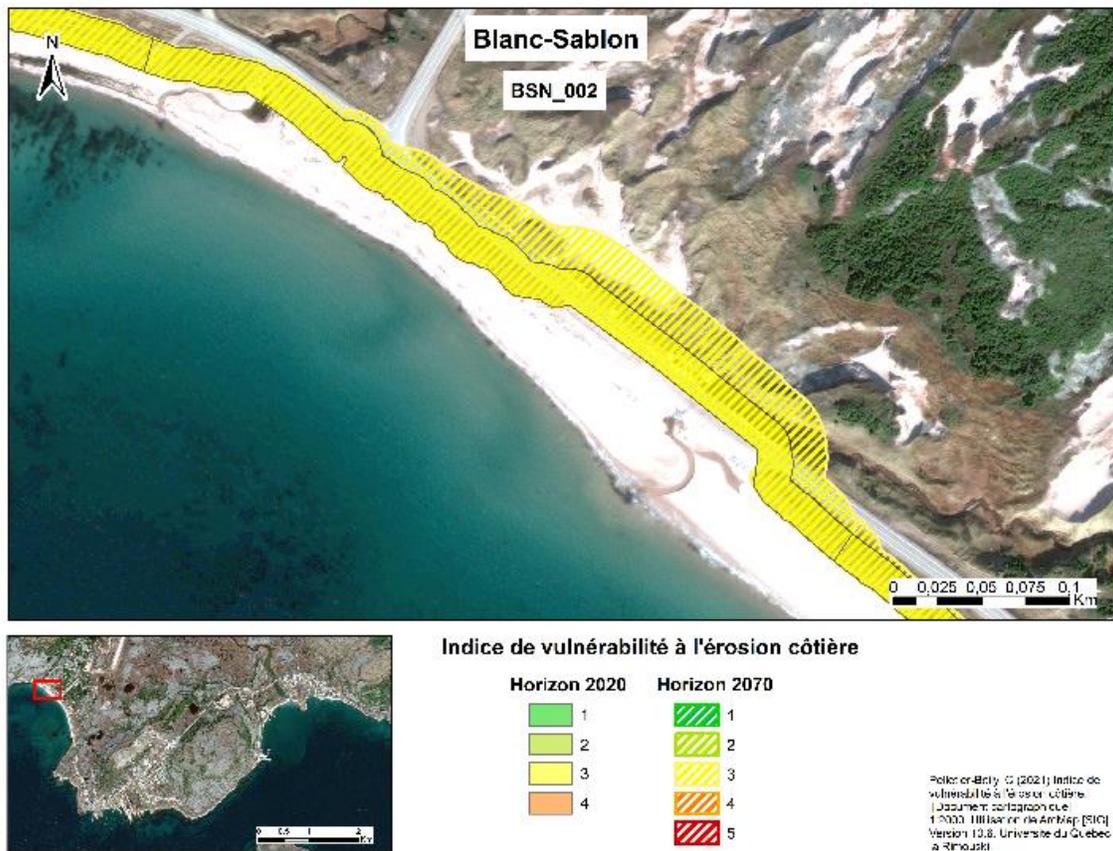


Figure 58. Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière, segment BSN-002, Blanc-Sablon



Figure 59. Indice de vulnérabilité à l'érosion côtière, segment BSN-11, Blanc-Sablon

#### 4.5.6 Résultats pour les sites de la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent

Ces résultats sont tirés de Pelletier-Boily (2021).

La figure 60 montre qu'à l'horizon 2020, le sous-indice Enjeux exposés est semblable pour tous les sites étudiés. À l'horizon 2070, la vulnérabilité du sous-indice Enjeux exposés augmente pour les sites de La Romaine/Unamen Shipu et Chevery. Pour ce qui est du sous-indice Niveau d'adaptation, La Romaine/Unamen Shipu est le site ayant le plus faible niveau d'adaptation (Très faible adaptation). Chevery est le site ayant le niveau d'adaptation le plus élevé, entre autres, causé par le fait que c'est le seul site où il y a eu des relocalisations ce qui est comptabilisé dans l'indice comme ayant un rôle augmentant la capacité d'adaptation des communautés. L'indice de vulnérabilité globale est similaire pour tous les sites à l'horizon 2020. Les sites ont une vulnérabilité moyenne. À l'horizon 2070, seul l'indice de vulnérabilité de La Romaine/Unamen Shipu augmente à une vulnérabilité forte, ce qui en fait le site le plus vulnérable des quatre.

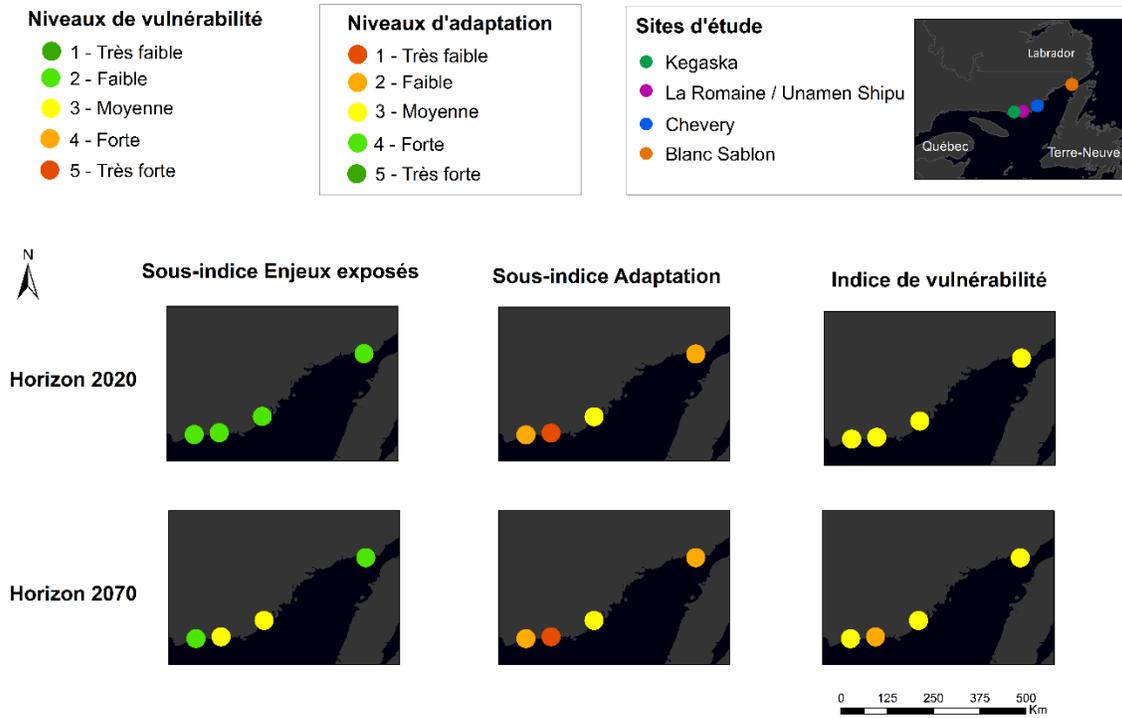


Figure 60. Synthèse des résultats de l'indice pour les sites de la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent

### Paramètres principaux influençant la vulnérabilité en Basse-Côte-Nord

En moyenne le paramètre *Enjeux* ayant le score le plus élevé dans chaque communauté de la Basse-Côte-Nord est le paramètre E12 (Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion côtière) et ce autant en 2020 qu'en 2070. Toutefois, la situation est différente pour Chevery en 2070. En effet, c'est le paramètre E9 (Niveau d'impact de la rupture du service routier) qui a une moyenne de score la plus élevée. D'ailleurs, pour 54 % des segments de Chevery, il est impossible de contourner la potentielle rupture du service routier. La proportion de segments pouvant être affectée par une rupture de service routier est d'ailleurs un peu plus grande à Chevery qu'à Blanc-Sablon (50 %) et beaucoup plus grande qu'à Unamen Shipu (22 %) et Kegaska (7 %). En analysant les critères de chacun des paramètres, les paramètres ayant en moyenne le plus haut score semblent être davantage généraux et donc applicables à plusieurs segments tel que le paramètre E12.

Pour ce qui est du paramètre *Enjeux* qui influence le moins la vulnérabilité totale c'est le paramètre E4 (Bâtiment abritant des personnes sensibles). En effet, pour toutes les zones exposées en Basse-Côte-Nord, il n'y a aucun bâtiment abritant des personnes sensibles tels que des résidences pour personnes âgées, des garderies et des écoles primaires.

### **Paramètres principaux influençant les capacités d'adaptation**

Le paramètre A2 (Niveau de réglementation liée aux risques naturels) est le mieux adapté de tous les paramètres Adaptation et ce, pour les communautés de Blanc-Sablon, Chevery, Kegaska et certains segments propres à La Romaine. À l'inverse, le paramètre A2 contribue à faire baisser la capacité d'adaptation à Unamen Shipu. Cela s'explique, entre autres, parce que Blanc-Sablon, Chevery, Kegaska et La Romaine font partie de la MRC de la Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent et qu'elles se doivent de respecter les orientations du SAD de la MRC, alors qu'à Unamen Shipu, il n'y a aucune réglementation directement en lien avec les risques côtiers (étant un territoire autochtone, les règles d'urbanismes qui s'y appliquent sont différentes de celles des municipalités et MRC).

Toutefois, les segments d'Unamen Shipu sont mieux adaptés quant au niveau de préparation à une crise éventuelle (A7), tout comme à Blanc-Sablon. Or, bien que ces deux sites aient des scores de 5 (très bonne adaptation) pour le paramètre A7, ce n'est pas pour les mêmes raisons. En effet, les critères de Blanc-Sablon concernent directement les risques côtiers alors que ceux d'Unamen Shipu concernent davantage la préparation à une situation d'urgence qui n'est pas en lien avec l'érosion côtière, mais qui pourrait favoriser la résilience de la population, peu importe l'aléa dont elle sera victime.

#### **4.5.7 Particularités des villages isolés**

Les communautés isolées sont souvent considérées comme des régions plus vulnérables aux changements climatiques puisque ceux-ci multiplient les inégalités déjà existantes (Maru *et al.*, 2014). Toutefois, il existe un autre discours concernant la façon de considérer les communautés isolées qui s'appuie davantage sur un discours de résilience. C'est-à-dire que l'incertitude à laquelle les communautés isolées font face dans leur quotidien, entre autres, en raison du climat rigoureux et des ressources limitées, les incitent à avoir un mode de vie plus flexible, qui n'est pas orienté sur l'accumulation et la propriété et qui tend à s'adapter plus facilement (Maru *et al.*, 2014).

Les communautés isolées dont celles de la Basse-Côte-Nord ont souvent les caractéristiques suivantes :

- Elles subissent de la marginalisation causée par la distance géographique qui les sépare des centres de services sociaux et économiques, mais aussi, des centres de décision politique (Maru *et al.*, 2014).
- Elles sont caractérisées par une faible population.
- Elles souffrent d'exode, particulièrement des jeunes.
- Elles ont un faible dynamisme économique et possèdent peu d'offres d'emploi.

- Elles détiennent un réseau de transport souvent peu développé, ce qui limite, par le fait même, l'économie. Cette situation augmente les coûts de biens et services (Kramer *et al.*, 2009).
- Elles possèdent généralement une gamme limitée de services publics et privés, car le coût d'administration et d'entretien est élevé (Slack *et al.*, 2003).

Ces caractéristiques qui semblent nuire aux communautés isolées pourraient aussi les favoriser sur certains aspects, entre autres pour augmenter leur résilience. Par exemple, la conscience des bas-côtières vis-à-vis de leur environnement leur est bénéfique puisque vivre dans ce contexte leur a permis de développer des stratégies de subsistance pour s'adapter aux changements environnementaux et sociaux (Mercer *et al.*, 2007). En effet, l'isolement et la petite taille des communautés sont des facteurs qui contribuent à solidifier la solidarité et le sens de la communauté (Anckar et Anckar, 1995) qui ne peuvent qu'être bénéfiques au renforcement de la résilience des communautés. D'ailleurs, dans les communautés de la Basse-Côte-Nord un grand sens de la communauté est perceptible, ce qui est probablement due à un grand sentiment d'appartenance et à un rapport particulier à l'espace qui favorisent des liens sociaux solides (Ependa, 2004). Ces liens sociaux solides favorisent l'entraide durant les périodes plus difficiles, comme lorsqu'il y a de grandes tempêtes et des dommages. Le fait d'être isolé peut résulter en des moyens de subsistance plus forts et plus diversifiés (Rampengan *et al.*, 2014). Ainsi, l'isolement, les ressources plus limitées et les risques côtiers auxquels font face les Bas-Côtières peuvent être des sources d'innovation afin d'améliorer leur mode de vie et l'adapter aux changements au lieu de n'être que des sources qui augmentent leur vulnérabilité. Toutefois, dans certains cas, malgré toute leur bonne volonté pour faire face à une catastrophe, ils ont besoin d'aide supplémentaire. De ce fait, l'étude, qui fait l'objet du mémoire de Clara Pelletier-Boily (2021), constitue une contribution majeure en termes d'acquisition de connaissances pour la Basse-Côte-Nord. En effet, les communautés étudiées possèdent maintenant des connaissances sur les zones côtières les plus vulnérables en fonction des enjeux pris en compte dans l'indice de vulnérabilité. Elles ont désormais des outils qui pourront leur permettre de réduire la vulnérabilité de ces zones.

#### 4.6 Synthèse des résultats

Le niveau moyen du sous-indice des enjeux, du sous-indice du niveau d'Adaptation et de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour les 8 sites témoins est présenté à la figure 61. Alors qu'en 2020, 7 sites sur 8 ont un niveau moyen d'enjeux exposés faible, seul le site de la Minganie présente une valeur très faible. Cependant, en 2070, les deux sites qui se démarquent sont La Romaine/Unamen Shipu et Chevery avec un niveau moyen d'enjeux exposés de moyen contrairement aux autres sites où il reste faible. Il y a donc globalement peu d'évolution du niveau d'enjeux exposés pour nos sites témoins. Il faut garder à l'esprit que cela est une moyenne et que certains de nos secteurs connaissent de fortes augmentations (bien qu'ils restent peu nombreux). Le niveau d'adaptation est très faible pour la Haute-Gaspésie et La Romaine/Unamen Shipu alors qu'ailleurs il est moyen voire faible pour Chevery. Ces deux sites ont ainsi une plus grande place possible à l'amélioration de leur capacité d'adaptation. En 2020, la moyenne du niveau de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion correspond à un niveau moyen pour 7 de nos sites, et seul le site de Minganie a un niveau faible. En 2070, seul le site de La Romaine/Unamen Shipu se démarque des autres avec un niveau moyen au lieu de faible. Il faut noter que pour ce site témoin seuls 9 secteurs ont été étudiés, ce qui fait que lorsque deux secteurs y voient leur vulnérabilité augmenter beaucoup (niveaux fort et très fort en 2070 alors qu'ils étaient moyens en 2020), cela influence beaucoup la moyenne du site. A contrario, pour la Haute-Gaspésie ou la Matanie, les sites témoins sont très longs (respectivement 80 et 54 secteurs), ainsi, comme la majorité des secteurs sont des routes nationales en bordure du fleuve et que leur vulnérabilité n'augmente pas, le niveau moyen du site témoin n'est pas modifié. Certains secteurs connaissent tout de même des hausses de leur niveau de vulnérabilité à l'érosion côtière entre les deux horizons d'étude.

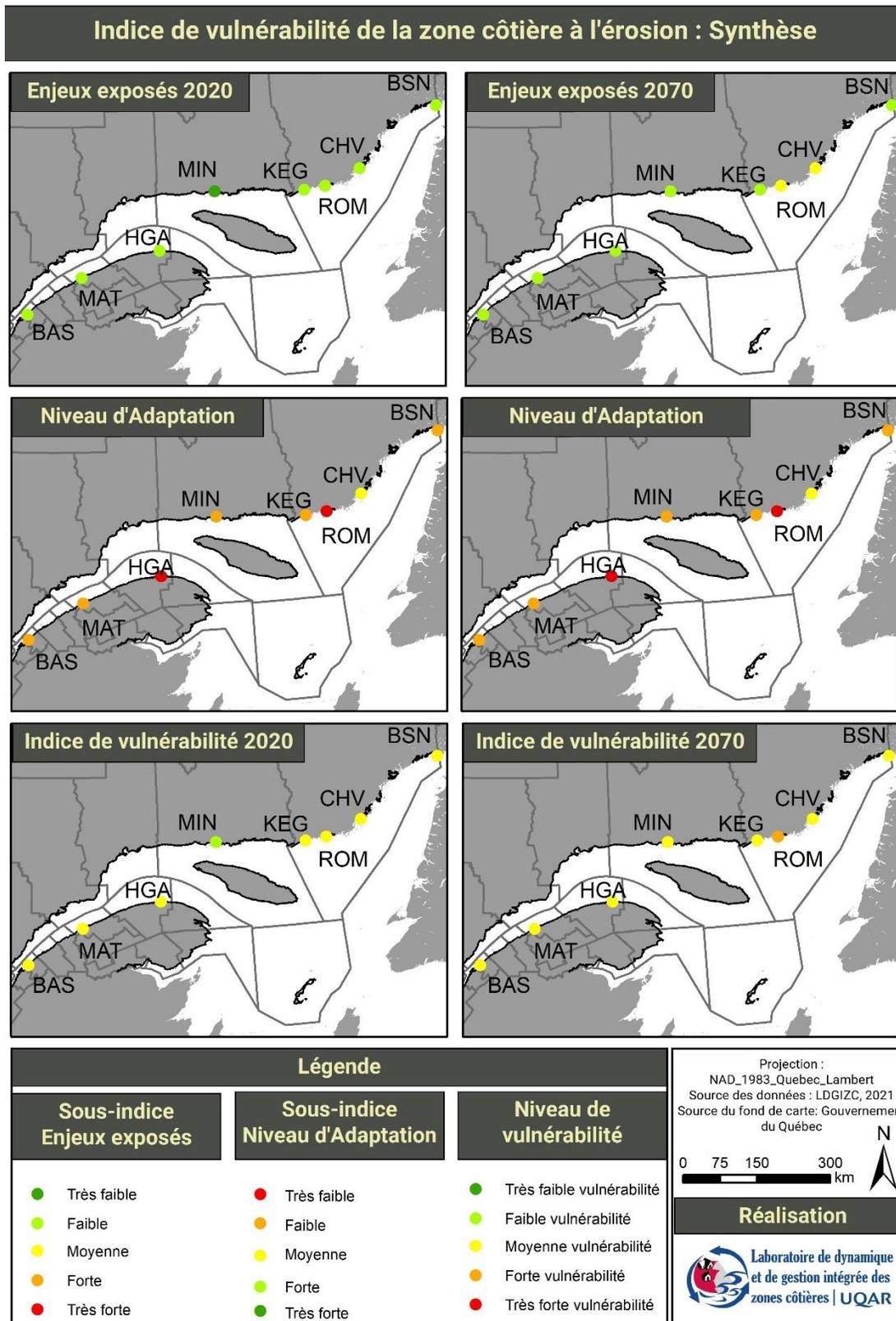


Figure 61. Synthèse des niveaux moyen des sous-indices d'Enjeux exposés, d'Adaptation et de l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion pour les 8 sites témoins

En moyenne pour les 8 sites témoins, le niveau d'adaptation est de 2 (niveau moyen). Les enjeux exposés pour 2020 et 2070 sont faibles en moyenne. Pour ce qui est de l'horizon actuel (2020), le niveau moyen varie selon les secteurs entre très faible, faible et moyen, alors que pour l'horizon 2070, tous les niveaux sont présents même si pour la moitié des secteurs le niveau reste très faible. Ainsi, pour les 238 secteurs qui ont été étudiés, la vulnérabilité tant pour 2020 que pour 2070 est considérée moyenne (3). Comme présenté au tableau 59, 14 secteurs ont dès maintenant une forte vulnérabilité. Ce nombre augmente à 24 pour 2070 et 1 secteur vient même à avoir une vulnérabilité très forte.

Tableau 59. Nombre de secteurs étudiés selon leur niveau de vulnérabilité à l'érosion côtière

Niveau de vulnérabilité	Actuel (2020)	Futur (2070)
Très faible vulnérabilité	14	12
Faible vulnérabilité	115	106
Moyenne vulnérabilité	95	95
Forte vulnérabilité	14	24
Vulnérabilité très forte	0	1
<b>Total général</b>	<b>238</b>	<b>238</b>

Ces résultats reflètent les sites témoins choisis, mais il est important de noter que cela ne peut pas être extrapolé pour tirer des conclusions à l'échelle de l'Est du Québec. Les sites témoins retenus ne l'ont pas été pour représenter de manière proportionnelle les côtes du Québec.

## 5. Conclusion

Le chantier d'élaboration de l'**indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion** offre aux municipalités, MRC et ministères concernés un outil concret d'aide à la décision en vue d'une adaptation optimale à l'érosion côtière.

Dans le cadre de notre étude, la **vulnérabilité d'un territoire** correspond à la **propension ou prédisposition à subir un dommage ou un effet néfaste** (GIEC, 2014). Ainsi, il est important de noter que ce travail est différent de ce que l'on voit dans beaucoup d'études sur de grands territoires où les calculs sont faits partout de manière générale, en tenant compte de tout ce qui est présent, sans vraiment de lien avec ce qui peut se produire ou ne pas se produire réellement comme aléa en un lieu donné. Dans ces situations, la vulnérabilité revêt plutôt le sens de sensibilité. Or la vulnérabilité comme nous l'entendons considère uniquement les éléments en lien étroit avec l'exposition de manière précise à l'aléa (ce qui sera vraiment touché). Cette approche permet selon nous de fournir un outil plus concret aux gestionnaires.

L'élaboration d'une méthodologie originale et adaptée spécifiquement aux réalités de l'Est du Québec permet de cibler les secteurs ayant la plus grande vulnérabilité actuellement et d'ici 50 ans. Avec 22 paramètres, basés souvent sur la littérature scientifique, cela permet de faire le tour de tous les éléments importants en termes d'enjeux exposés à l'érosion, mais aussi de niveau d'adaptation de la communauté. Cependant le nombre tout de même limité de critères permettra une mise à jour si l'environnement physique ou l'occupation humaine évolue. Il serait même possible de calculer un niveau théorique de vulnérabilité après la mise en place d'aménagements.

Suite à ce chantier, il est maintenant possible d'appliquer l'indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion à d'**autres sites** afin d'aider à la prise de décision face aux impacts de l'érosion côtière tant à court qu'à long terme, en particulier en permettant de déterminer sur des critères scientifiques les portions les plus vulnérables d'un territoire afin de prioriser les sites où implanter des solutions d'adaptation et d'identifier les leviers sur lesquels agir, selon les territoires, pour améliorer le niveau d'adaptation.

## 6. Références

- Abuodha, P., Woodroffe, C.D. (2010). Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia. *J. Coast. Conserv.* 14, 189-205.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability, *Global Environmental Change*, 16, 268-281.
- Adger, W. N., Kelly, M. (1999). Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlements, *Mitig. Adapt. Strat. Global Change*, 4, 253–266.
- Anckar, D., & Anckar, C. (1995). Size, Insularity and Democracy. *Scandinavian Political Studies*, 18(4), 211–227.
- Arkema, K.K., Guannel, G., Verutes, G., Wood, S.A., Guerry, A., Ruckelshaus, M., Kareiva, P., Lacayo, M., Silver, J.M. (2013). Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms. *Nat. Clim. Change*, 3, 913-918. <https://doi.org/10.1038/nclimate1944>
- Arsenault, E., Drejza, S., Friesinger, S., Blain, M., Savoie-Ferron, F., Houde-Poirier, M., Fraser, C. Marie, G. et P. Bernatchez (2021) *Cartographie des types de côtes du Québec maritime – Rapport méthodologique*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, septembre 2021, 74 p.
- Bagdavičiūtė, I., Kelpšaitė-Rimkienė, L., Galinienė, J., Soomere, T. (2019). Index based multi-criteria approach to coastal risk assessment. *Journal of Coastal Conservation*, 23, 785–800. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0638-5>
- Balica, S.F., Wright, N.G., van der Meulen, F. (2012). A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Nat. Hazards*, 64(1), 73-105. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0234-1>
- Barette, N., Vandersmissen, M.-H et Roy, F. (dir.) (2018). *Atlas web de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques – Rapport de recherche*, Université Laval, Rapport remis au consortium Ouranos, 290 p.
- Bernatchez, P. (2005). *Déglaciation et variation du niveau marin de mer de Goldthwait*. Centre Boréal du Saint-Laurent.
- Bernatchez, P., Fraser, C. et Dugas, S., (2008). *Évaluation des risques d'érosion côtière pour le secteur de Chevery, Québec*. Rapport de recherche remis au ministère de la Sécurité publique du Québec. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Chaire de recherche en géoscience côtière, UQAR, 18 p.
- Bone, C., Alessa, L., Altaweel, M., Kliskey, A., & Lammers, R. (2011). Assessing the impacts of local knowledge and technology on climate change vulnerability in remote communities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(3), 733–761. <https://doi.org/10.3390/ijerph8030733>

- Bonetti, J., Woodroffe, C.D. (2017). Spatial analysis on GIS for coastal vulnerability assessment. In: Bartlett D, Celliers L (eds) *Geoinformatics for marine and coastal management*. Chapter, 16. CRC Press, Boca Raton, 367–396.
- Boruff, B.J., Emrich, C., Cutter, S.L. (2005). Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. *J. Coastal Res.*, 21(5), 932-942. <https://doi.org/10.2112/04-0172.1>.
- Botzen, W. J. W., Aerts, J. C. J. H., Van Den Bergh, J. C. J. M. (2009). Dependence of flood risk perceptions on socioeconomic and objective risk factors. *Water Resources Research*, 45(10). <https://doi.org/10.1029/2009WR007743>.
- Bourque, M., Provost, V., Mazo, G. (2009). *Guide d'intervention en matière de conservation et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt en Basse-Côte-Nord*. Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, 166 p.
- Bousquet, F., Rocle, N., Rey-Valette, N., Meur-Ferec, C., Vye, D., Lautrédou-Audouy, N., Almaric, M., Blanchet, L., Lyser, S., Caroline, B., Be, N. (à paraître). Quels liens entre relation au lieu et concernement ? Une exploration interdisciplinaire vis-à-vis des risques fluviaux et côtiers en France métropolitaine. *Natures Sciences Sociétés*.
- Boutray, B., Hillaire-Marcel, C. (1977). Aperçu géologique du substratum et des dépôts meubles quaternaires dans la région de Blanc-Sablou, Québec. *Géographie Physique et Quaternaire*, 31(3–4), 18–32. <https://doi.org/10.7202/032662ar>
- Boyer-Villemaire, U., Bernatchez, P., Benavente, J., Cooper, A. (2014). Quantifying community's functional awareness of coastal changes and hazards from citizen perception analysis in Canada, UK and Spain. *Ocean and Coastal Management*, 93, 106-120.
- Brunet, P. (2008). De l'usage raisonné de la notion de « concernement » : mobilisations locales à propos de l'industrie nucléaire. *Natures Sciences Sociétés*, 4(16), 317-325.
- Burkett, V., & Davidson, M. (2012). Coastal Impacts, Adaptation, and Vulnerabilities: A Technical Input to the 2012 National Climate Assessment. In *Coastal Impacts, Adaptation, and Vulnerabilities*. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-460-4>
- Chang, S.E., Yip, J.Z.K., van Zijll de Jong, S.L., Chaster, R., Lowcock, A. (2015) Using vulnerability indicators to develop resilience networks: a similarity approach. *Nat. Hazards*, 78, 1827–1841.
- Church, J.A., White, N.J., (2011). Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century, *Surv. Geophys.* <https://doi.org/10.1007/s10712-011-9119-1>
- Ciccarelli, D., Pinna, M.S., Alquini, F., Cogoni, D., Ruocco, M., Bacchetta, G., Sarti, G., Fenu, G., (2017). Development of a coastal dune vulnerability index for Mediterranean ecosystems: A useful tool for coastal managers? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 187, 84-95.
- Clark, J. R., (1996). *Coastal zone management handbook*, Lewis Publisher, 694 p.
- Cogswell, A., B.J.W., Greenan, Greyson, P., (2018). Evaluation of two common vulnerability index calculation methods. *Ocean and Coastal Management*, 160, 46-51.

Colle, B.A., Buonaiuto, F., Bowman, M.J., Wilson, R.E., Flood, R., Hunter, R., Mintz, A., Hill, D., (2008). New York city's vulnerability to coastal flooding: storm surge modeling of past cyclones, *American meteorological society*, 829-841. <https://doi.org/10.1175/2007BAMS2401.1>

Corriveau, L., Brouillette, P., Scherrer, G., Bonnet, A.-L. (2002). *Extension orientale des roches volcaniques du Groupe de Wakeham et intrusion litée troctolitique de Musquaro, Province de Grenville, Basse-Côte-Nord, Québec*. Commission géologique du Canada, 2002-C29, 11 p.

Cutter, S.L., (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Prog. Hum. Geog.*, 20, 529–539. <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>

Cutter, S.L., Boruff, B.J., Shirley, W.L., (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84, 242–261.

D'Ercole R., Thouret J.-C., Dollfus O., Asté J.-P., (1994), Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse, *Revue de géographie alpine*, 82(4), 87-96.

Dauphiné, A., (2001). *Risques et catastrophes. Observer-Spatialiser-Comprendre-Gérer*. Paris, Armand Colin, 288 p.

Dionne, J. (1984). Pales et limite méridionale du pergélisol dans l'hémisphère nord : le cas de Blanc-Sablon, Québec. *Géographie Physique et Quaternaire*, 38(2), 165–184. <https://doi.org/10.7202/032550ar>

Dolan, A.H., Walker, I.J., (2006). Understanding vulnerability of coastal communities to climate related risks. *J. Coastal Res.*, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), 1316-1323.

Drejza, S., Bernatchez, P., Marie, G., et Friesinger, S. (2019). Quantifying road vulnerability to coastal hazards: Development of a synthetic index. *Ocean & Coastal Management*, 181, 104894. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104894>

Drejza, S., Didier, D., Bernatchez, P., Lambert, A., Beaudry, J. (2018). *Développement et application d'une méthodologie d'analyse de risque associée à l'érosion et à la submersion côtière*. Rapport final. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, 96 p.

Drejza, S., Friesinger, S., Bernatchez, P., Marie, G., (2015). *Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Développement d'une approche et d'un indice pour quantifier la vulnérabilité des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques sur 9 sites témoins*. Volume III. Projet X008.1. Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère des Transports du Québec, 308 p.

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

Eakin H., Luers A. L., (2006). Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. *Annual Review on Environment and Resources*, 31, 365-394.

Ependa Muteba Wa Lupandja, A. (2004). *Les milieux ruraux québécois en restructuration : diagnostic, facteurs tangibles et intangibles de dévitalisation rurale et perspectives de développement local approprié*. Thèse de doctorat en développement régional, Rimouski, Université du Québec à Rimouski.

Fontaine, M. M., Steinemann, A.C., (2009). Assessing Vulnerability to Natural Hazards: Impact-Based Method and Application to Drought in Washington State. *Nat. Hazards Rev.*, 10, 11-18. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2009\)10:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2009)10:1(11))

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

Fraser C., Drejza, S., Marie, G. et Bernatchez, P. (2021) *Projet Résilience côtière : développement d'outils d'adaptation à l'érosion côtière pour les municipalités du Québec maritime. Rapport de Synthèse*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au MELCC, septembre 2021, 105 p.

Friesinger, F., 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.

Füssel, H.M., Klein, R.J.T. (2006). Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*. 75, 301–329. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>

Gabor, T., Griffith, T.K. (1980). The assessment of community vulnerability to acute hazardous materials incidents. *J. Hazard. Mater.*, 3(4), 323-333. [https://doi.org/10.1016/0304-3894\(80\)80004-5](https://doi.org/10.1016/0304-3894(80)80004-5)

Gallopin, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16, 293-303.

GIEC (2014). *Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs*. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea et L.L. White]. Organisation météorologique mondiale, 34 p.

Gornitz, V.M., Daniels, R.C., White, T.W., Birdwell, K.R. (1994). The development of a coastal risk assessment database: vulnerability to sea level rise in the US southeast. *J. Coast. Res.* 12, 327-338.

Guimond, L. (2007). L'identité en Basse-Côte-Nord francophone : un moteur de vitalité? *Francophonies d'Amérique*, 23-24, 203–230.

Harvey, N., Nicholls, R. (2008). Global sea-level rise and coastal vulnerability, *Sustain. Sci.*, 3(1), 5-7. <https://doi.org/10.1007/s11625-008-0049-x>

Heinz Center (2002). *Human Links to Coastal Disasters*. Washington, D.C.: H. John Heinz Center for Science Economics, and the Environment, 139 p.

Hellequin, A.-P., Flanquart, H., Meur-Ferec, C., Rulleau, B. (2013). Perceptions du risque de submersion marine par la population du littoral languedocien : contribution à l'analyse de la vulnérabilité côtière. *Nature, Science, Société*, 21, 385-399, <https://doi.org/10.1051/nss/2014002>

Hénaff, A., Philippe, M. (eds) (2014). *Gestion des risques d'érosion et de submersion marines, guide méthodologique*. Projet Cocorisco, 156 p. Site repéré à <https://www.risques-cotiers.fr/wp-content/uploads/2021/02/guide-cocorisco-final-dec2014-risques-cotiers.pdf> (consulté le 26 mai 2021)

Hinkel, J. (2011). Indicators of vulnerability and adaptive capacity: Towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environ. Chang.*, 21, 198-208. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>

Ionescu, C., Klein, R.J.T., Hinkel, J., Kavi Kumar, K.S., Klein, R. (2009). Towards a formal framework of vulnerability to climate change. *Environmental Modeling and Assessment*, 14(1), 1-16.

IPCC (1991). *IPCC Common Methodology (CM). Update provided in Appendix C in IPCC CZMS, 1992. Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea*. Report of the Coastal Zone Management Subgroup. IPCC Response Strategies Working Group. Rijkswaterstaat, La Hague.

IPCC (2001). *IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001 (TAR)*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 388 p.

IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

IPCC (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Sous presse.

Ishtiaque, A., Eakin, H., Chhetri, N., Myint, S.W., Dewan, A., Kamruzzaman, M. (2019). Examination of coastal vulnerability framings at multiple levels of governance using spatial MCDA approach. *Ocean & Coastal Management*, 171, 66-79. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.01.020>

Jacob, C., Bernatchez, P., Cusson, M., Dupras, J. (2021). Not just an engineering problem: the role of knowledge and understanding of ecosystem services for adaptive management of coastal erosion. *Ecosystem Services*. 23(1), 114-129. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2020.1814129>

Jobin, A., Marquis, G., Provencher-Nolet, L., Gabaj Castrillo. M. J., Trubiano C., Drouet, M., Eustache-Létourneau, D., Drejza, S. Fraser, C. Marie, G. et P. Bernatchez (2021) *Cartographie des écosystèmes côtiers du Québec maritime – Rapport méthodologique*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, septembre 2021, 209 p.

Klein, R.J.T., Nicholls, R.J. (1999). Assessment of coastal vulnerability to climate change, *Ambio*, 28, 2, 182-187. <http://www.jstor.org/stable/4314873>

Kramer, D. B., Urquhart, G., & Schmitt, K. (2009). Globalization and the connection of remote communities: A review of household effects and their biodiversity implications. *Ecological Economics*, 68(12), 2897-2909. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.06.026>

Lemmen, D. S., Warren, F. J. (2004). Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne. Gouvernement du Canada, Ottawa 190 p. <http://dx.doi.org/10.4095/226468>

Lozano, I., Devoy, R.J.N., May, W., Anderson, U. (2004). Storminess and vulnerability along the Atlantic coastlines of Europe: analysis of storm records and of a greenhouse gases induced climate scenario. *Mar. Geol.*, 210, 205-225. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.05.026>

MAMH – ministère des affaires municipales et de l'habitation (2020). *Document sur les codes d'évaluation foncière*. Disponible en ligne. <https://www.mamh.gouv.qc.ca/evaluation-fonciere/manuel-devaluation-fonciere-du-quebec/codes-dutilisation-des-biens-fonds/> (consulté le 18 novembre 2020)

Mammit Innuat (2011). *Historique et mission*. Site repéré à <http://www.mamit-innuat.com/mamit-innuat/default.aspx> (consulté le 30 juin 2021)

Marie, G., Bernatchez, P., Dugas, S., Fraser, C. et Drejza, S. (2014). *Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral des MRC de La Mitis et de La Matanie et des municipalités de Cap-Chat et Sainte-Anne-des-Monts*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, juillet 2014, 74 p.

Marie, G., Bernatchez, P., Fraser, C., Touchette, M., Papageorges, S., Coulombe, D., Arsenault, E., Friesinger, S., Sauvé, P. et Lapointe-St-Pierre, M. (2017a). *L'adaptation aux aléas côtiers dans un contexte de changements climatiques : portrait des besoins exprimés et des outils proposés à l'échelle des MRC de l'Est du Québec*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 114 p.

Marie, G., Papageorges, S., Fraser, C., Bernatchez, P., Touchette, M., Friesinger, S., Drejza, S. (2017b). *Adaptation to coastal hazards in the context of climate change: A portrait of the needs and tools formulated by the stakeholders of the MRC Golfe-du-Saint-Laurent*. Research Chair in Coastal Geoscience, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Report prepared for the Ministry of Sustainable Development, Environment and the Fight against Climate Change, 20 p.

Marie, G., Dugas, S., Lalanne, P.-A., & Bernatchez, P. (2017c). *Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral de la MRC de La Haute-Gaspésie*. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski, 70 p.

- Maru, Y. T., Stafford Smith, M., Sparrow, A., Pinho, P. F., & Dube, O. P. (2014). A linked vulnerability and resilience framework for adaptation pathways in remote disadvantaged communities. *Global Environmental Change*, 28, 337–350. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.007>
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (Eds.) (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge.
- McLaughlin, S., Cooper, J.A.G. (2010). A multi-scale coastal vulnerability index: a tool for coastal managers? *Environ. Hazards J.*, 9:1–16. <https://doi.org/10.3763/ehaz.2010.0052>.
- McLaughlin, S., McKenna, J., Cooper, J.A.G. (2002). Socio-economic data in coastal vulnerability indices: constraints and opportunities. *J. Coast. Res.*, 36, 487-497.
- Mercer, J., Dominey-Howes, D., Kelman, I., Lloyd, K. (2007). The potential for combining indigenous and western knowledge in reducing vulnerability to environmental hazards in small island developing states. *Environmental Hazards*, 7(4), 245–256. <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2006.11.001>
- Merrifield, M.A., Merrifield, S.T., Mitchum, G.T. (2009). An Anomalous Recent Acceleration of Global Sea Level Rise, *J. Climate*, 22, 5772-5781. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2985.1>
- Meur-Ferec C., Le Berre I., Cocquempot L., Guillou E., Henaff A., Lami T., Le Dantec N., Letortu P., Philippe M., Noûs N. (2020). Une méthode de suivi de la vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion marines. *Développement durable et territoires*, 11(1).
- Meur-Ferec, C., Deboudt, Ph., Morel, V. (2008). Coastal Risks in France: An Integrated Method For Evaluating Vulnerability. *Journal of Coastal Research*, 24(2), 178-189.
- Meur-Ferec, C., Flanquart, H., Hellequin, A.-P., Rulleau, B. (2011). Risk perception, a key component of systemic vulnerability of the coastal zones to erosion-submersion. A Case study on the French Mediterranean coast. *Littoral 2010*, 10003. <https://doi.org/10.1051/litt/201110003>
- Michel-Guillou É., Meur-Ferec C. (2017). Representations of coastal risk, erosion and marine flooding, among inhabitants of at-risk municipalities, *Journal of Risk Research*, 20, 776-799.
- Mineo-Kleine, r L., Meur-Ferec C. (2016). Relocaliser les enjeux exposés aux risques côtiers en France: points de vue des acteurs institutionnels. *Vertigo*, 16(2). <http://dx.doi.org/10.4000/vertigo.17656>
- Morel, V., Deboudt, Ph., Hellequin, A.-P., Herbert, V., Meur-Ferec, C. (2006). Regard rétrospectif sur l'étude des risques en géographie à partir des publications universitaires, 1980-2004. *L'Information géographique*, 70, 6-24.
- MRC GSL - MRC du Golfe-de-Saint-Laurent Municipalités (non daté). *MRC du Golfe-de-Saint-Laurent Municipalités*. Site réperé à : <http://mrcgsl.ca/municipalites/> (consulté le 14 février 2020).
- Muis, S., Verlaan, M., Nicholls, R.J., Brown, S., Hinkel, J., Lincke, D., Vafeidis, A.T., Scussolini, P., Winsemuis, H.C., Ward, P.J. (2017). A comparison of two global datasets of extreme sea levels and resulting flood exposure. *Earth's Future*, 5(4), 379-392. <https://doi.org/10.1002/2016EF000430>

Muttarak, R., & Lutz, W. (2014). Is education a key to reducing vulnerability to natural disasters and hence unavoidable climate change? *Ecology and Society*, 19(1). <https://doi.org/10.5751/ES-06476-190142>

Nguyen, T.X., Bonetti, J., Rogers, K., Woodroffe, C.D. (2016). Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: a review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. *Ocean Coast Manag.* 160, 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.022>

Özyurt, G., Ergin, A. (2010). Improving Coastal Vulnerability Assessments to Sea-Level Rise: A New Indicator-Based Methodology for Decision Makers. *Journal of Coastal Research*, 262, 265-273. <http://www.bioone.org/doi/full/10.2112/08-1055.1>

Pampalon R., Raymond G. (2003). Indice de défavorisation matérielle et sociale : son application au secteur de la santé et du bien-être. *Santé, société et solidarité*, 1, 190-207.

Paul, S.K. (2013). Vulnerability concepts and its application in various fields: a review on geographical perspective. *Journal of Life and Earth Sciences*, 8, 63-81.

Paul-Hus, C., Drouet, M., Desormeaux, A., Drejza, S., Fraser, C., Marie, G. et P. Bernatchez (2021). *Cartographie des usages et des sites d'intérêt côtiers du Québec maritime – Rapport méthodologique et guide de l'utilisateur des données*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, septembre 2021, 119 p.

Peduzzi, P., Dao, H., Herold. C., Mouton, F. (2009). Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1149–1159.

Pelletier-Boily C. (2021). *Résilience et vulnérabilité aux aléas côtiers des communautés isolées de la Basse-Côte-Nord*. Mémoire de maîtrise de géographie, Université du Québec à Rimouski (dépôt prévu en septembre 2021).

Plieninger T., Dijks S., Oteros-Rozas E. et C. Bielingde (2013). *Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level*, Land Use Policy, 33, 118– 129.

Pothier, J., Noël, R., Bonnier Roy, F. et Bois, P. (2021) Restauration des habitats côtiers du secteur des Grèves à Notre-Dame-des-Neiges : Suivis 2020. Comité ZIP du Sud-del'Estuaire. Rimouski, Québec. 34 p. ([https://www.zipsud.org/wp-content/uploads/2021/05/Volet-B\\_10\\_Jalon-3\\_NDDN\\_suivi-2020.pdf](https://www.zipsud.org/wp-content/uploads/2021/05/Volet-B_10_Jalon-3_NDDN_suivi-2020.pdf))

Preston, B.L., Yuen, E.J., Westaway, R.M. (2011). Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits, and risks. *Sustain. Sci.*, 6, 177. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0129-1>

Rahmstorf, S., Foster, G. Cazenave, A. (2012). Comparing climate projections to observations up to 2011, *Environ. Res. Lett.*, 7, 5 p. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044035>

Rampengan, M. M. F., Boedihartono, A. K., Law, L., Gaillard, J. C., & Sayer, J. (2014). Capacities in Facing Natural Hazards: A Small Island Perspective. *International Journal of Disaster Risk Science*. <https://doi.org/10.1007/s13753-014-0031-4>

Robert, B. et L. Morabito (2011). *Reducing Vulnerability of Critical Infrastructures: Methodological Guide*. Montreal : Presses Internationales Polytechnique. 68 p.

Rothman, D. S., Robinson, J. B. (1997). Growing pains: A conceptual framework for considering integrated assessments, *Environ. Monit. Assess.* 46, 23–43.

Ruz, M.-H., Rufin-Soler, C., Héquette, A., Révillon, R., Hellequin, A.-P., Deboudt, P., Herbert, V., Cohen, O., Lebreton, F., Le Goff, L., Schmitt, F. G. & Marin, D. (2020). Climate Change and Risk Perceptions in Two French Coastal Communities. *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), 875–879. <https://doi.org/10.2112/SI95-170.1>

Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York.

Saaty, T.L. (2004). *Decision Making for Leaders: the Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. RWS Publications, Pittsburg, 343 p.

Sauvé, P., Bernatchez, P., Glaus, M., Moisset, S. (en cours de rédaction). Identification of coastal defence measure adapted to coastal systems: Development of a dynamic literature meta-analysis methodology.

Senneville, S., St-Onge Drouin, S., Dumont, D., Bihan-Poudec, A.-C., Belemaalem, Z., Corriveau, M., Bernatchez, P., Bélanger, S., Tolszczuk-Leclerc, S., Villeneuve, R. (2014). *Modélisation des glaces dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent dans la perspective des changements climatiques*. ISMER-UQAR, Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec, 384 p.

Serafim, M.B., Siegle, E., Corsi, A.C., Bonetti, J. (2019). Coastal vulnerability to wave impacts using a multi-criteria index: Santa Catarina (Brazil). *Journal of Environmental Management*, 230, 21–32.

Silva, S.F., Martinho, M., Capitaio, R., Fortes, C.J., Ferreira, J.C. (2017). An index-based method for coastal-flood risk assessment in low-lying areas (Costa de Caparica, Portugal). *Ocean & Coastal Management*, 144, 90-104.

Slack, E., Bourne, L.S., Gertle, M.S. (2003). *Small, rural, and remote communities: the anatomy of risk*. A paper prepared for the Panel on the Role of Government. 39 p. Site repéré à [http://www.probeinternational.org/old\\_drupal/UrbanNewSite/rural.pdf](http://www.probeinternational.org/old_drupal/UrbanNewSite/rural.pdf) (consulté le 30 juin 2021)

Slovic, P. (1987). Perception of risk, *Science*, 236(4799), 280–285. <https://doi.org/10.1126/science.3563507>

Smit, B., Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environ. Chang.*, 16(3), 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>

Sterr, H. (2008). Assessment of Vulnerability and Adaptation to Sea-Level Rise for the Coastal Zone of Germany. *J. Coastal Res.*, 24, 2, 380-393. <https://doi.org/10.2112/07A-0011.1>

Szlafsztein, C., Sterr, H. (2007). A GIS-Based Vulnerability Assessment of Coastal Natural Hazards, State of Pará, Brazil. *Journal of Coastal Conservation*, 11(1), 53-66.

Thomas I., Bleau N., Soto Abasolo P., Desjardin-Dutil G., Fuamba M., Kadi S. (2012). *Analyser la vulnérabilité sociétale et territoriale aux inondations en milieu urbain dans le contexte des changements climatiques, en prenant comme cas d'étude la ville de Montréal*. Rapport final pour Ouranos, 137 p.

Thouret, J.-Cl., d'Ercole, R. (1996). Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales, *Cahiers des Sciences humaines*. 32(2), 407-422.

Touchette, M., Corriveau, M., Drejza, S., Fraser, C., Marie, G. et P. Bernatchez (2021). *Exposition potentielle des bâtiments, routes et voies ferrées à l'érosion côtière au Québec maritime – Rapport méthodologique*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, septembre 2021, 78 p.

Trenhaile, A. S. (2004). *Geomorphology: a Canadian perspective*. Don Mills, Ont.: Oxford University Press.

Unamen Shipu (n.d.). *Conseil des Innus*. Site repéré à <https://www.unamenshipu.com/> (consulté le 30 juin 2021)

Van Aalst, M.K., Cannon, T., Burton, I. (2008). Community level adaptation to climate change: The potential role of participatory community risk assessment. *Global Environmental Change*, 18, 165–179.

Viavattene, C., Jim, J. A., Ferreira, O., Priest, S., Owen, D., & McCall, R. (2018). Selecting coastal hotspots to storm impacts at the regional scale : a Coastal Risk Assessment Framework. *Coastal Engineering*, 134, 33–47. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.09.002>

Wolf, S., Hinkel, J., Hallier, M., Bisaro, A., Lincke, D., Ionescu, C., Klein, R.J. (2013). Clarifying vulnerability definitions and assessments using formalisation. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 5(1), 54-70. <https://doi.org/10.1108/17568691311299363>

Yohe, G., Malone, E.L., Brenkert, A.L., Schlesinger, M., Meij, H., Lee, D. (2006). Geographic distributions of vulnerability to climate change. *Integr. Assess. J.*, 6, 3.

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

Zhang, K., Douglas, B.C., Leatherman, S.P. (2004). Global warming and coastal erosion. *Climatic Change*, 64, 41–58. <https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000024690.32682.48>.

## 7. Annexe : description des données numériques

Les secteurs affectés ont été cartographiés de manière surface (polygones), selon la méthodologie établie à la section 3.5 (page 115). Les polygones de secteurs ainsi que les tables avec les données décrites dans les annexes 1, 2 et 3 se trouvent dans une seule géodatabase intitulée « MRC\_Secteurs\_Vulnerabilite ». Il y a 1 Classe d'entité (*Feature Class*) pour l'horizon 2020 et un pour l'horizon 2070. Les tables et les polygones sont liées par des « relationship Class ».

Tableau 60. Données des polygones de secteurs d'érosion du FeatureClass « MRC\_Polygones\_Secteurs\_2020 » et « MRC\_Polygones\_Secteurs\_2070 »

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
Nom du site	Ident_Site	texte	50	HGA	Sera utile lorsque l'on jumèlera toutes nos bases de données des différents sites
Nom du secteur	Ident_Sect	texte	10	Code-001 Code-002 ...	Chaque site aurait un assemblage de lettre dédié (le même code que les traceuses pour les municipalités puis trois chiffres, d'ouest en est) Est notre ID unique pour faire les liens avec les polygones et les autres tables
Horizon de travail	Horizon	double		2020 2070	
Longueur	SHAPE_Length	double			Champ automatique
Surface	SHAPE_Area	double			Champ automatique

### 7.1 Métadonnées pour les enjeux actuels et futurs

Pour chaque paramètre il y a une colonne descriptive pour chaque paramètre (nb de bâtiments par exemple,) puis, au besoin plusieurs autres colonnes pour expliquer les données utilisées (étapes 1 et 2 de méthode) et inclure un commentaire et enfin une colonne de score (numérique, de 1 à 5 selon les tableaux de la section 3.3).

Tableau 61. Données de la table de « Site\_ParametresEnjeux\_2020 » et « Site\_ParametresEnjeux\_2070 »

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
Nom du site	Ident_Site	texte	50		Sera utile lorsque l'on jumèlera toutes nos bases de données des différents sites
Nom du secteur	Ident_Sect	texte	10	Code-001 Code-002 ...	Chaque site aurait un assemblage de lettre dédié (le même code que les traceuses pour les municipalités puis trois chiffres, d'ouest en est) Est notre ID unique pour faire les liens avec les polygones et les autres tables
E1 paramètre	E1_NbResid	float			Nombre de logements (résidence, chalets, logement,...)
E1 paramètre	E1_NbAutre	float			Nombre d'autres bâtiments
E1 commentaire sur le paramètre	E1_Comm	Text	255		Commentaire pour le E1 (explication des autres bâtiments par exemple, nb de chambre de l'hotel, d'employés, etc.)
E1calcul	E1_Somme	float			Sommation du nbr de personnes selon le type des bâtiments
Score du E1	E1_Score	float			Le score associé

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
E2 paramètre	E2_Vieux	float			Le vrai chiffre de proportion de population âgée de 65 ans et plus dans l'aire de diffusion
E2 paramètre	E2_Jeune	float			Le vrai chiffre de proportion de population âgée de 10 ans et moins dans l'aire de diffusion
E2 calcul	E2_PopVuln	float			Sommation de la proportion de population âgée de 65 ans et plus et de la population âgée de 10 ans et moins dans l'aire de diffusion
E2 Score	E2_Score	float			Le score associé
E3 paramètre	E3_Instruc	float		52 %	Pourcentage de la population âgée de 15 ans et plus n'ayant aucun certificat, diplôme ou grade dans l'aire de diffusion (Données de StatCan directement)
	E3_Score	float			Le score associé
E4 paramètre	E4_NbBati1	float			Nombre de bâtiments associé au pointage 1
	E4_NbBati2	float			Nombre de bâtiments associé au pointage 2
	E4_NbBati3	float			Nombre de bâtiments associé au pointage 3
	E4_Comm	Texte	255		Commentaire pour le E4 (type de bâtiments, clarifications...)
	E4_Pts	float			Le pointage total associé à tous les bâtiments abritant des personnes sensibles dans le secteur
	E4_Score	float			Le score associé

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
E5 paramètre	E5_NbUsagL	float			Nombre d'usages et d'activités recensés dans la base de données du LDGIZC
	E5_NbUsagR	float			Nombre d'usages et d'activités complémentaires trouvés dans le Rôle d'évaluation
	E5_Comm	Texte	255		Commentaire pour le E5 (explication sur les types d'usages et d'activités récréotouristiques recensés)
	E5_Somme	float			Sommation des différents usages et activités présents dans le secteur
	E5_Score	float			Le score associé
E6 paramètre	E6_Type1	float			Nombre de type d'élément patrimonial associé au pointage 1
	E6_Type2	float			Nombre de type d'élément patrimonial associé au pointage 2
	E6_Type3	float			Nombre de type d'élément patrimonial associé au pointage 3
	E6_Type4	float			Nombre de type d'élément patrimonial associé au pointage 4
	E6_Type5	float			Nombre de type d'élément patrimonial associé au pointage 5
	E6_Comm	Texte	255		Commentaire pour le E6 (explication sur les types d'enjeux patrimoniaux présents dans le secteur)
	E6_Somme	float			Sommation des pointages associée à tous les types d'élément patrimonial
	E6_Score	float			Le score associé

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
E7 paramètre	E7_NbEnjx	float			Nombre d'enjeux économique (Nombre d'hôtel, motels, de bâtiments commerciaux, industriels, agricoles)
	E7_NbSalar	float			Nombre de salariés total
	E7_Comm	Texte	255		Commentaire pour le E7 (explication sur les types d'enjeux économiques et leurs nombres de salariés)
	E7_PopAct	float			Population active dans la municipalité
	E7_PropSal	float			Proportion du nombre de salariés exposés pour 100 personnes actives
	E7_Score	float			Le score associé
E8 paramètre	E8_Reseaux	Texte	50	Chemin non asphalté Route municipale Distribution HQ Téléphone Câble Internet Aqueduc Égout Route nationale/autoroute	Type de réseau le plus affecté
	E8_NbRes	float			Nombre de type de réseau le plus affecté
	E8_LongRes	float			Longueur du réseau le plus affecté (en m)
	E8_Score	float			Le score associé
E9 paramètre	E9_Reseaux	Texte	50		Type de réseaux routier affecté par la rupture de service
	E9_PersAff	float			Nombre de personnes affectées par un détour

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
	E9_LonDet	float		km	Longueur du détour à faire pour atteindre les services d'urgences Si aucun détour n'est possible, car il s'agit de la seule voie de communication, inscrire 9999.
	E9_Environ	float		En chiffre (le bonus applicable selon le tableau de 0; 0,5; 1; 1,5)	Type de milieu naturel où la route se situe Côte basses Falaise rocheuse ou sableuse au sommet plat, pas de risque de glissement, lagune, cours d'eau, étang, terrain avec beaucoup de relief Falaises soumises à glissements – sols instables
	E9_Comm	Texte	255		Commentaire sur le paramètre
	E9_Score	float			Le score associé
E10 paramètre	E10_Type1	float			Nombre de type d'enjeux stratégiques associé au pointage 1
	E10_Type2	float			Nombre de type d'enjeux stratégiques associé au pointage 2
	E10_Type3	float			Nombre de type d'enjeux stratégiques associé au pointage 3
	E10_Type4	float			Nombre de type d'enjeux stratégiques associé au pointage 4
	E10_Type5	float			Nombre de type d'enjeux stratégiques associé au pointage 5
	E10_Comm	Texte	255	Caserne de pompiers Stations de police	Commentaire pour le E10 (explication sur le type d'élément stratégique retrouvé)

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
				Sites d'hébergement d'urgence définis comme tels dans les plans d'urgence (écoles, églises...) Infrastructure de production d'énergie Station de transmission d'électricité ou poste de transformation Hôpital CLSC, etc.	dans le secteur, les particularités utiles à l'interprétation...)
	E10_Somme	float			Sommation du pointage associé à tous les éléments stratégiques retrouvés dans le secteur
	E10_Score	float			Le score associé
Paramètre E11	E11_Type1	float			Nombre de type d'enjeux pour l'environnement associé au pointage 1
	E11_Type2	float			Nombre de type d'enjeux pour l'environnement associé au pointage 2
	E11_Type3	float			Nombre de type d'enjeux pour l'environnement associé au pointage 3
	E11_Comm	Texte	255	Usines polluantes Réservoir d'hydrocarbures Pipeline Dépotoirs actuels et passés	Commentaire pour le E11 (explication sur le type d'enjeux pouvant être polluants situé dans le secteur, commentaires pertinents pour l'interprétation...)

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
				Égout Rejet d'égout, etc.	
	E11_Somme	float			Sommation du pointage associé à chaque type d'enjeu pouvant être polluants situé dans le secteur
	E11_Score	float			Le score associé
E12 paramètre	E12_Type	Texte	50		Type d'enjeu écosystémique ou environnemental potentiellement affecté
	E12_Menace	float	50	En chiffre selon le tableau	Détermination de la menace pesant sur l'écosystème (voir Tableau 25) : en chiffre Non ou de façon minime Partiellement Presque totalement
	E12_ValEco	float		En chiffre selon le tableau	Valeur écologique de l'écosystème selon les acteurs (classe chiffrée associée, voir Tableau 26 pour explication) Faible Modérée Forte valeur Très forte
	E12_PtsSoc	float		En chiffre selon le tableau 0 1 1,5	Pointage associé à l'écosystème selon la perception sociale de leurs services écologiques ou jugement des experts (voir Tableau 27 pour explication).
	E12_Comm	Texte	255	Menace du Coastal squeeze Présence d'ouvrages de protection pouvant	Commentaire pour le E12 (explication du type de menace de l'écosystème ou de l'enjeu environnemental, pour aider à l'interprétation...)

Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion : Rapport méthodologique

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
				engendrer l'érosion des plages (enrochements, murs) Sites protégés et espèces protégées	
	E12_Score	Float			Le score associé (maximum de 5)
Date de mise à jour	Date_MAJ	Date	na		

## 7.2 Métadonnées pour l'adaptation

Tableau 62. Données de la table Adaptation « Site\_ParametresAdaptation »

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
Nom du site	Ident_Site	texte	50		Sera utile lorsque l'on jumèlera toutes nos bases de données des différents sites
Nom du secteur	Ident_Sect	texte	10	Code-001 Code-002 ...	Chaque site aurait un assemblage de lettre dédié (le même code que les traceuses pour les municipalités puis trois chiffres, d'ouest en est) Est notre ID unique pour faire les liens avec les polygones et les autres tables
A1 paramètre	A1_Zonage	Texte	250	Aucun zonage particulier Cartographie des zones sous contrainte d'érosion selon une méthodologie peu précise voire inadaptée Cartographie des zones sous contrainte d'érosion selon une méthodologie désuète, etc.	Explication sur le type de zonage des risques côtiers qui se retrouvent dans le secteur
	A1_Score	Float			Le score associé
A2 paramètre	A2_Regle	Texte	255	Aucune réglementation particulière Contrôle de l'utilisation du sol dans les zones sous	Explication sur le type de réglementation liée au risques côtiers qui est appliqué dans la municipalité

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
				contraintes sans concordance des règlements locaux avec les lois et règlements supérieurs Contrôle de l'utilisation du sol dans les zones sous contraintes avec concordance des règlements locaux avec les lois et règlements supérieurs, ...	
	A2_Score	Float			Le score associé
A3 paramètre	A3_TypArti	Texte	255		Type de mesures de protection structurelle
	A3_Adap	Float			Longueur de la mesures structurelles adaptée
	A3_Maladap	Float			Longueur de la mesures structurelles mal adaptée
	A3_Comm	Texte	255		Commentaire sur le A3 : Niveau d'adaptation et explication sur le choix du niveau d'adaptation et de l'entretien de la structure et Artificialité partiellement endommagé ou pire (malus -1)
	A3_Score	Float			Le score associé
A4 paramètre	A4_Adap	Float			Mesures adaptées (nb dans le secteur)
	A4_Maladap	Float			Mesures mal adaptées (nb dans le secteur)
	A4_Voisin	Float		Oui(1),Non (0)	Présence dans le secteur voisin

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
	A4_Comm	Texte	255		Commentaire sur le paramètre A4 : explication sur le type de mesures alternatives présentes dans le secteur et leur niveau d'adaptation
	A4_Score	Float			Le score associé
A5 paramètre	A5_IDReloc	Texte	15		Localisation de l'emplacement où les bâtiments ou les infrastructures ont été relocalisés : en texte, selon notre classement (pour info uniquement, si connu)
	A5_NbReloc	Float			Nombre de relocalisation (antérieure au XXe siècle, entre 2000-2010, depuis 2011 ou réalisé de façon préventive)
	A5_Comm	Texte	255		Commentaire sur le paramètre A5 (explication sur le type et l'année de relocalisation ainsi que des précisions sur le type de bâtiments relocalisés.)
	A5_Score	Float			Le score associé
A6 paramètre	A6_Doc1	Texte	255		Documents et événements qui valent 1 point : Type, date, qui l'a produit
	A6_Doc1Nb	Float			Nombre de document et événement de 1 point
	A6_Doc15	Texte	255		Documents et événements qui valent 1.5 point : Type, date, qui l'a produit
	A6_Doc15Nb	Float			Nombre de document et événement de 1.5 point

Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion : Rapport méthodologique

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
	A6_Doc2	Texte	255		Documents et événements qui valent 2 points : Type, date, qui l'a produit
	A6_Doc2Nb	Float			Nombre de document et événement de 2 points
	A6_Doc3	Texte	255		Documents et événements qui valent 3 points : Type, date, qui l'a produit
	A6_Doc3Nb	Float			Nombre de document et événement de 3 points
	A6_Comm	Texte	255		Commentaire sur le A6
	A6_Somme	Float			Sommation du pointage associé à chaque type d'information sur les risques côtiers disponibles dans la municipalité et de leur date de production. Attention, ajuster selon la date, si vieux enlever des points
	A6_Score	Float			Le score associé
A7 paramètre	A7_TypPrep	Texte	255	Présence d'un schéma de sécurité civile (MRC) non à jour (plus de 5 ans) Présence d'un schéma de sécurité civile (MRC) récent (moins de 5 ans) Présence d'un plan de sécurité civile municipal dans lequel l'érosion côtière n'est pas signalée	Type d'éléments de préparation à une crise éventuelle

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
				comme un risque dont il faut tenir compte, etc.	
	A7_Comm	Texte	255		Commentaire sur le A7
	A7_Somme	Float			Sommation du pointage associé à chaque élément de préparation à une crise éventuelle
	A7_Score	Float			Le score associé
A8 paramètre	A8_Dem1	Texte	255		Démarches locales de gestion des risques appliqué dans la MRC ou municipalité qui valent 1 point
	A8_Dem1Nb	Float			Nombre de démarches de 1 point
	A8_Dem2	Texte	255		Démarches qui valent 2 points
	A8_Dem2Nb	Float			Nombre de démarches de 2 points
	A8_Dem3	Texte	255		Démarches qui valent 3 points
	A8_Dem3Nb	Float			Nombre de démarches de 3 points
	A8_Comm	Texte	255		Commentaire au besoin
	A8_Somme	Float			Sommation du pointage associé à chaque type de démarches locales de gestion des risques
	A8_Score	Float			Le score associé
A9 paramètre Importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables	A9_Interdi	Float			Réponse à la question 17a : indice d'importance relative des solutions d'adaptation les plus durables → interdit de construction

Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion : Rapport méthodologique

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
	A9_Conserv	Float			Réponse à la question 17a : indice d'importance relative des solutions d'adaptation les plus durables → conservation
	A9_Liberte	Float			Réponse à la question 17a : indice d'importance relative des solutions d'adaptation les plus durables → espace de liberté
	A9_AdapBat	Float			Réponse à la question 17a : indice d'importance relative des solutions d'adaptation les plus durables → adaptation des bâtiments (par rénovation)
	A9_Concert	Float			Réponse à la question 17a : indice d'importance relative des solutions d'adaptation les plus durables → Comité de concertation
	A9_NiveauC	Float			Indice global en chiffre
	A9_NiveauT	Texte	50	très faible connaissance faible connaissance connaissance moyenne connaissances importantes connaissances très importantes	Catégorisation
	A9_Comm	texte	255		Commentaire sur le A9
	A9_Score	Float			Le score associé

Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion : Rapport méthodologique

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
A10 paramètre de Connaissance de l'érosion côtière	A10_Tempete	float			Proportion de réponse « oui » à la question 13.1 pour la MRC dans laquelle se trouve notre site : vagues de tempêtes
	A10_Glace	float			Proportion de réponse « oui » à la question 13.1 pour la MRC dans laquelle se trouve notre site : diminution de la glace (couverture et durée)
	A10_CC	float			Proportion de réponse « oui » à la question 13.1 pour la MRC dans laquelle se trouve notre site : Changements climatiques
	A10_NiveauC	float			Somme des 3 % de tempête, glace et CC
	A10_NiveauT	Texte	50	très faible connaissance faible connaissance connaissance moyenne connaissances importantes connaissances très importantes	Catégorisation selon la méthode des seuils apparents...
	A10_Comm	Texte	255		Commentaire sur le A10
	A10_Score	Float			Le score associé
Date de mise à jour	Date_MAJ	Date	na		

### 7.3 Métadonnées pour les résultats

Tableau 63. Données de la table Résultats « Site\_Resultats »

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
Nom du site	Ident_Site	texte	50		Sera utile lorsque l'on jumèlera toutes nos bases de données des différents sites
Nom du secteur	Ident_Sect	texte	10	Code-001 Code-002 ...	Chaque site aurait un assemblage de lettre dédié (le même code que les traceuses pour les municipalités puis trois chiffres, d'ouest en est) Est notre ID unique pour faire les liens avec les polygones et les autres tables
Sous-indice des enjeux exposés 2020	I_Enjeux20	Float	na		Résultat du calcul du sous-indice des enjeux pour 2020
Sous-indice des enjeux exposés 2070	I_Enjeux70	Float	na		Résultat du calcul du sous-indice des enjeux pour 2070
Sous-indice d'adaptation	I_Adapt	Float	na		Résultat du calcul du sous-indice de l'adaptation
Sous-indice des enjeux exposés 2020 normalisé à 100	IEnj20N100	Float	na		Résultat du calcul du sous-indice des enjeux pour 2020 normalisé à 100
Sous-indice des enjeux exposés 2070 normalisé à 100	IEnj70N100	Float	na		Résultat du calcul du sous-indice des enjeux pour 2070 normalisé à 100
Sous-indice d'adaptation	IAdaptN100	Float	na		Résultat du calcul du sous-indice de l'adaptation normalisé à 100

Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion : Rapport méthodologique

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
Classement des sous-indice d'enjeux 2020	ClasAdapt	Float	na	1, 2, 3, 4 ou 5	Classement associé au sous-indice d'enjeux 2020 normalisé à 100
Classement des sous-indice d'enjeux 2070	ClasEnj20	Float	na	1, 2, 3, 4 ou 5	Classement associé au sous-indice d'enjeux 2070 normalisé à 100
Classement des sous-indice Niveau d'adaptation	ClasEnj70	Float	na	1, 2, 3, 4 ou 5	Classement associé au sous-indice d'adaptation normalisé à 100
Indice de vulnérabilité 2020	I_Vuln20	Float	na	1,2,3,4 ou 5	Résultat de la matrice associé au score des enjeux 2020 et de l'adaptation
Indice de vulnérabilité 2070	I_Vuln70	Float	na	1,2,3,4 ou 5	Résultat de la matrice associé au score des enjeux 2070 et de l'adaptation
Classe vulnérabilité 2020	ClasVuln20	texte	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune vulnérabilité ou Très peu de vulnérabilité</li> <li>• Faible vulnérabilité</li> <li>• Moyenne vulnérabilité</li> <li>• Forte vulnérabilité</li> <li>• Vulnérabilité extrême</li> </ul>	Classe de vulnérabilité voir section 3.6.3
Classe de vulnérabilité 2070	ClasVuln70	texte	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune vulnérabilité ou Très peu de vulnérabilité</li> <li>• Faible vulnérabilité</li> <li>• Moyenne vulnérabilité</li> <li>• Forte vulnérabilité</li> <li>• Vulnérabilité extrême</li> </ul>	Classe de vulnérabilité voir section 3.6.3

Nom complet	Nom ArcGIS (10 caractères max)	Type de colonne	Longueur	Exemple	Commentaire
	Com_Vuln20	texte	250	•	Commentaire au besoin
	Com_Vuln70	texte	250	•	Commentaire au besoin
Date de mise à jour	Date_MAJ	Date	na		