



Université du Québec  
à Rimouski

**VERS L'AMÉLIORATION D'INDICES DE VULNÉRABILITÉ SYSTÉMIQUE  
AUX RISQUES CÔTIERS POUR LES ACTEURS DU TERRITOIRE : UNE  
APPROCHE CROISÉE ET COLLABORATIVE FRANCO-QUÉBÉCOISE**

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en géographie  
en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences

PAR

© **BRICE LESOUËF**

**Janvier 2025**

**Composition du jury :**

**Thomas Buffin-Bélanger, président du jury, Université du Québec à Rimouski**

**Alain Hénaff, codirecteur de recherche, Université de Bretagne Occidentale**

**Guillaume Marie, codirecteur de recherche, Université du Québec à Rimouski**

**Hélène Rey-Valette, examinatrice externe, Université de Montpellier**

**8**

Dépôt initial le 12 novembre 2024

Dépôt final le 28 janvier 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI  
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

## REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont, en premier lieu, à mes deux co-directeurs de ce projet un peu fou, Guillaume Marie et Alain Hénaff. Tous deux ont su apprivoiser le bizarre, Verseau mâtiné Capricorne pour l'un, breton mâtiné allemand pour l'autre. Sans leur confiance, conseils et bienveillance, ce projet n'aurait même pas eu la chance de débiter.

Un grand merci à l'équipe du LDGIZC pour leur accueil dans le laboratoire, leur temps et leurs conseils : Maude Corriveau, Steeve Dugas, Sébastien Dugas, Sophie Banville, sans oublier Aurélien Martin pour le support moral.

Un super merci à Thomas Buffin-Bélangier pour sa question « pertinente » ayant redirigé le mémoire, ses connaissances en statistiques et l'art de me faire réaliser l'évidence.

Un énorme merci à toutes les personnes ayant participé aux entretiens et *world cafés*. Sans vous, ce mémoire aurait été bien vide. Chapeau bas également à David Querry, Mahé Louat et Lucie Lepont, pour avoir fait face à la machine indice durant le laboratoire de DESS.

Ma reconnaissance aux équipes pédagogiques du master EGEL et de la maîtrise en géographie de l'UQAR ayant bataillé pour rendre cette bidiplomation possible : un bel exemple de résilience et d'adaptation !

Je salue également l'équipe du projet ARICO : Élisabeth Guilloux, Iwan Le Berre pour leurs apports, Julia Verdun et Eugénie Cazeaux pour une logistique impeccable et les coups de main, Julie Delannoy pour avoir accepté un étudiant de plus dans son module sur les entretiens. Pour leurs travaux ayant servi d'appui au présent mémoire, chaleureux merci à Lola Guyon, Patricia Maden et Clara Pelletier- Boily

Un merci tout spécial à mes premiers coloc Charles Jourdain-Bonneau et Pierre-Ludovic Langelier pour avoir montré les arcanes de la culture québécoise à un breton paumé. À mes amis de vie et de dés malchanceux : Lucas, Vincent, Cassandra, Jean-Pascal, Nathan. À ma famille, m'ayant donné l'amour et la liberté de m'envoler loin. À toi Éliane.

***The storm***

*Against the stone breakwater,  
Only an ominous lapping,  
While the wind whines overhead,  
Coming down from the mountain,  
Whistling between the arbors, the winding terraces;  
A thin whine of wires, a rattling and flapping of leaves,  
And the small street-lamp swinging and slamming against  
the lamp pole.*

*Where have the people gone?  
There is one light on the mountain*

*Along the sea-wall, a steady sloshing of the swell,  
The waves not yet high, but even,  
Coming closer and closer upon each other;  
A fine fume of rain driving in from the sea,  
Riddling the sand, like a wide spray of buckshot,  
The wind from the sea and the wind from the mountain contending,  
Flicking the foam from the whitecaps straight upward into the darkness  
[...]*

Roethke, Theodore (1975) *The Collected Poems of Theodore Roethke*, Anchor Books.

## RÉSUMÉ

Cette étude présente une démarche expérimentale d'amélioration croisée de deux indices de vulnérabilité aux risques côtiers, développés antérieurement au Québec et en Bretagne, France. Le concept de vulnérabilité désigne au sens large la propension ou prédisposition d'une personne, population ou territoire à être affectée négativement par des aléas, ici l'érosion côtière et la submersion marine. Un indice de vulnérabilité vise une représentation synthétique d'un territoire comme géosystème exposé, en utilisant comme proxys ou indicateurs des variables de nature sociale, économique, environnementales, etc. Les deux indices étudiés se démarquent par leur approche systémique faisant une place aux données de gestion et de représentations, et la volonté de recherche-action pour des outils d'aide à la prise de décision à destination des gestionnaires locaux. Les indices deviennent alors une construction à la croisée des sciences et de la société, soit des objets-frontières en tension. Se pose alors la question de la pertinence pour les différents acteurs, et les leviers pour améliorer cette dernière. Des travaux menés, il en ressort que :

- l'étude croisée de la revue de littérature globale et d'entretiens avec des acteurs locaux souligne la prédominance du contexte sur la méthodologie de production d'un indice dans la quête de pertinence pour ces derniers.
- L'implication des potentiels utilisateurs finaux lors de *world cafés* offre des pistes de convergences méthodologiques tout en soulignant les divergences et particularités propres pour chaque indice et territoire.
- La valorisation des résultats obtenus en modifications opérationnelles a donné lieu à une mise à jour de l'indice Résilience Côtière, intégrant la submersion marine et de nouveaux indicateurs en cartes diffusées aux gestionnaires partenaires.
- Certains rapprochements méthodologiques sont explorés entre les indices OSIRISC et Résilience Côtière plutôt que de vouloir imposer un cadre commun insatisfaisant pour les potentiels utilisateurs finaux
- La notion de concernement est explorée pour tenter de répondre à la difficulté de translation des représentations sociales en indicateurs
- Les indices de vulnérabilité impliquant les potentiels utilisateurs finaux présentent un fort potentiel comme objet-frontière entre chercheurs et gestionnaires pour avancer la connaissance au niveau local et nourrir de futures mesures d'adaptations

La pertinence des deux indices, examinée au prisme de l'importance, de la crédibilité et de la légitimité pour les gestionnaires semble ainsi accrue, sans pour autant garantir leur usage comme outil d'aide à la prise de décision.

***Mots-clés : Indice de vulnérabilité, Vulnérabilité systémique, Érosion côtière, Submersion marine, Science-société, Objet-frontière, World café***

## ABSTRACT

This study presents an experimental process for cross-improvements between two coastal vulnerability indexes previously developed in Québec and Brittany, France. Vulnerability as a broad acceptance is the propension or predisposition for a person, population or area to be negatively affected by hazards, here coastal erosion and coastal flooding. Vulnerability index is a concise representation of place considered as exposed geosystem. Different types of variables are used as proxies or indicators, such as socioeconomical, environmental, etc. Both indexes examined here present notable features: a systemic approach using management and perception-related data, then expressly designed as decision-making tools for local stakeholders. Thus, those indexes can be depicted as boundary object between science and society. As such, their relevance for stakeholders can be questioned, and in turn the ways to increase it. It was found that:

1- cross-examination between literature review and semi-structured interviews highlights context's influence over index building methodological choices when it comes to relevance.

2- Potential end-users' participation through world cafés offers methodological convergence clues, yet emphasis divergences and particularities linked to each index and studied area.

3- Transforming results in concrete changes implied the integration of coastal flooding and new indicators for Resilience Côtière index. Updated vulnerability maps were then sent to collaborators.

4- Instead of imposing a common framework of little relevance for end-users between OSIRISC and Resilience Côtière indexes, only methodological parallels were considered.

5- Concernment as a concept is brought as a potential answer to the challenge of translating social representations in indicators.

6- Vulnerability indexes involving potential end-users show great potential as boundary objects between science and local stakeholders. It can both enhance local knowledge and foster adaptation policies.

Index relevance as a combination of salience, credibility and legitimacy for local stakeholders seems to be improved for both indexes. Yet, it does not guarantee their increased use as decision-making tools.

**Keywords:** Vulnerability index, Systemic vulnerability, Coastal erosion, Coastal flooding, Science-society, Boundary Object, World café

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	iv
RÉSUMÉ.....	vi
ABSTRACT .....	vii
TABLE DES MATIÈRES .....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	xii
LISTE DES FIGURES.....	xiv
LISTE DES ÉQUATIONS.....	xix
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES .....	xx
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE 1 CADRE THÉORIQUE : UNE COMPLEXITÉ À TROIS NIVEAUX.....	1
1.1 RISQUE, VULNERABILITE, ADAPTATION, RESILIENCE : UNE CONFUSION BABYLONIENNE ?.....	1
1.2 L'INDICE, UNE REPRESENTATION SYNTHETIQUE DE LA VULNERABILITE .....	4
1.3 À LA CROISEE DES SCIENCES ET DES SOCIETES : L'INDICE COMME OBJET- FRONTIERE.....	10
CHAPITRE 2 TERRITOIRES D'ÉTUDE ET MATÉRIEL .....	14
2.1 SITE 1 : LA MRC DE LA MATANIE, QUEBEC.....	14
2.2 SITE 2 : LA COMMUNAUTE DE COMMUNES DU PAYS BIGOUDEN SUD, BRETAGNE, FRANCE.....	19
2.3 L'INDICE DE VULNERABILITE A L'EROSION DU PROJET RESILIENCE COTIERE .....	22
2.4 L'INDICE DE VULNERABILITE SYSTEMIQUE A L'EROSION ET LA SUBMERSION DE L' OSIRISC.....	27
2.5 COMPARAISON PRELIMINAIRE .....	34
CHAPITRE 3 SÉLECTIONNER LES OPTIONS D'AMÉLIORATION DES INDICES : DU GLOBAL AU LOCAL.....	37

3.1	ARTICLE : « LA PERTINENCE DES INDICES DE VULNÉRABILITÉ AUX ALÉAS NATURELS POUR LES GESTIONNAIRES : UNE APPROCHE MIXTE DE LA REVUE DE LITTÉRATURE » .....	37
3.1.1	Note de contexte .....	37
3.1.2	Introduction .....	38
3.1.3	Méthodes .....	41
3.1.4	Résultats .....	50
3.1.5	Discussion.....	62
3.1.6	Conclusion.....	73
3.1.7	Remerciements .....	75
3.2	EXPÉRIENCES, ATTENTES ET BESOINS : ENTRETIENS SEMI-DIRIGÉS AUPRÈS DE CHERCHEURS ET GESTIONNAIRES .....	75
3.2.1	Méthode mise en œuvre.....	75
3.2.2	Résultats par thèmes .....	79
3.2.3	Synthèse croisée .....	92
CHAPITRE 4 VERS L'AMÉLIORATION DES INDICES : UNE APPROCHE PAR LE WORLD CAFÉ.....		95
4.1	MÉTHODES MISES EN ŒUVRE .....	95
4.1.1	Fondamentaux du world café .....	95
4.1.2	Adaptations aux besoins de la maîtrise .....	96
4.1.3	La pondération aux dires d'acteurs.....	102
4.1.4	Recueil et traitement des données .....	103
4.2	RESULTATS DE L'ATELIER DE MATANE.....	106
4.2.1	Table des enjeux exposés .....	106
4.2.2	Table des capacités d'adaptation .....	110
4.2.3	Table des aléas, unités spatiales et temporelles.....	115
4.2.4	Scores de pondération.....	117
4.2.5	Relation entre l'évaluation de la pertinence, et de la faisabilité et les valeurs de pondération.....	121
4.3	RESULTATS DE L'ATELIER DE LOCTUDY .....	122
4.3.1	Table des enjeux humains et économiques .....	122
4.3.2	Table des enjeux structurels, agricoles et naturels .....	126
4.3.3	Scores de pondération.....	130
4.3.4	Relations entre l'évaluation de la pertinence, faisabilité et les valeurs de pondération.....	131

4.4	CONVERGENCES, DIVERGENCES ENTRE LES DEUX INDICES AU SORTIR DES <i>WORLD CAFES</i> .....	132
4.4.1	Des convergences multiples.....	134
4.4.2	Des divergences plus ou moins marquées .....	136
4.4.3	Des particularités propres à chaque indice.....	137
4.5	UNE PONDERATION COHERENTE : COMPARATIFS POUR L'INDICE RESILIENCE COTIERE .....	138
4.6	COMPARAISON ET BILAN DES WORLD CAFES .....	141
CHAPITRE 5 CONTRIBUTIONS À L'AMÉLIORATION DES INDICES .....		146
5.1	RECOMMANDATIONS POUR LES INDICATEURS D'ENJEUX DE L'OBSERVATOIRE OSIRISC .....	146
5.1.1	Indicateurs d'enjeux humains .....	147
5.1.2	Indicateurs d'enjeux économiques.....	149
5.1.3	Indicateurs d'enjeux structurels .....	151
5.1.4	Indicateurs d'enjeux agricoles et naturels.....	154
5.1.5	Synthèse et pondération .....	156
5.2	ACTUALISATION DE L'INDICE DE VULNERABILITE DU PROJET RESILIENCE COTIERE .....	158
5.2.1	Indicateurs d'enjeux exposés .....	159
5.2.2	Indicateurs de capacités d'adaptation .....	171
5.2.3	Révisions des étapes de construction de l'indice .....	179
5.2.4	Proposition d'un protocole d'enquête pour de nouveaux indicateurs....	191
5.3	UNE NOUVELLE CARTOGRAPHIE POUR L'INDICE DE VULNERABILITE DU PROJET RESILIENCE COTIERE.....	213
5.3.1	Vulnérabilité à l'érosion .....	213
5.3.2	Vulnérabilité à la submersion .....	225
5.3.3	Synthèse des observations.....	233
5.3.4	Une ébauche de validation .....	235
CONCLUSION GÉNÉRALE .....		250
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....		255
Annexe I : Classification des publications du corpus .....		293
Annexe II : Principaux périodiques de publication.....		293

Annexe III : Répartition des effectifs et tests statistiques pour les variables spatiales et temporelles.....	294
Annexe IV : Répartition des effectifs et tests statistiques pour les variables du cadre de la recherche .....	295
Annexe V : Répartition des effectifs et tests statistiques pour les variables de construction de l'indice.....	296
Annexe VI : Résultats des tests de Kruskal-Wallis sur le nombre d'indicateurs (population : indices) .....	296
Annexe VII : Répartition des effectifs et tests statistiques pour les variables de finalisation et de diffusion .....	297
Annexe VIII : Répartition des méthodes pertinentes et de l'ensemble du corpus par pays selon l'I.D.H. ....	297
Annexe IX : Guide d'entretien auprès des gestionnaires.....	297
Annexe X : Format-type du tableau interactif Miro sur les thÈmes d'indicateurs proposé lors des entretiens .....	302
Annexe XI : courbes des sommes normalisées pour les enjeux pondÉRÉS .....	303
Annexe XII : courbe des sommes normalisées pour les capacitÉS d'adaptation pondÉRÉS.....	304
annexe XIII : Comparatif des classes de vulnérabilité entre la discrétisation par seuils observés et la première itération .....	305
Annexe XIV : Comparatif des classes de vulnérabilité entre la discrétisation par seuils observés et les seuils naturels de Jenks.....	305
Annexe XV : Comparatif des classes de vulnérabilité entre la discrétisation par seuils observés et suivant une progression arithmétique .....	306
Annexe XVI : Comparatif des classes de vulnérabilité entre la discrétisation par seuils observés et la classification initiale, classe 0 exclue. ....	306
Annexe XVII : Comparatif des classes de vulnérabilité entre l'indice pondéré et la version non pondérée. ....	307

## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Dimensions de la vulnérabilité à considérer dans une étude de vulnérabilité quantitative</i> .....	4
<i>Tableau 2 : Sections, variables (et modalités) de la grille de lecture</i> .....	46
<i>Tableau 3 : Résultats des tests d'indépendances entre les méthodes pertinentes et l'ensemble du corpus</i> .....	50
<i>Tableau 4 : Composition du panel interrogé lors des entretiens</i> .....	77
<i>Tableau 5 : Récapitulatif des panels et déroulé des deux ateliers world café</i> .....	101
<i>Tableau 6 : Écarts entre valeurs d'intérêts et moyenne pour les différentes pondérations</i> .....	106
<i>Tableau 7 : Valeurs indicatives de pondération pour l'indice de composante enjeux OSIRISC</i> .....	157
<i>Tableau 8 : Détails du score : « Nombre d'habitants exposés » basé sur un maximum théorique pour la submersion en l'absence de sous-sol habité.</i> .....	160
<i>Tableau 9 : Détails du score : « Défavorisation matérielle »</i> .....	162
<i>Tableau 10 : Détails du score : « Défavorisation sociale »</i> .....	164
<i>Tableau 11 : Enjeux considérés en indicateur E6 pour chaque aléa</i> .....	165
<i>Tableau 12 : Pointage des types d'enjeux patrimoniaux</i> .....	166
<i>Tableau 13 : Score selon le réseau routier le plus affecté et le linéaire total touché sur un secteur</i> .....	168
<i>Tableau 14 : Scores de base selon l'impact de la rupture de service</i> .....	169
<i>Tableau 15 : Scores des niveaux de zonage des risques de submersion marine</i> .....	172
<i>Tableau 16 : Scores des niveaux de réglementation liés aux risques côtiers</i> .....	173
<i>Tableau 17 : Scores des types de solutions structurelles face à la submersion marine</i> ....	174
<i>Tableau 18 : Scores des types de solutions non structurelles adaptées au site face à la submersion marine (recharges de plage haute, restauration écologique...) .....</i>	176
<i>Tableau 19 : Scores des expériences de relocalisation</i> .....	177
<i>Tableau 20 : Niveaux de submersion marine, en mètres calculés pour la MRC de La Matanie.</i> .....	181

<i>Tableau 21 : Secteurs de l'indice Résilience Côtière mis à jour par municipalité et aléa</i> .....	183
<i>Tableau 22 : Classification des indicateurs selon le sens donné à la classe 1 de la discrétisation initiale.</i> .....	184
<i>Tableau 23: Nouvelles valeurs de pondération pour les enjeux exposés</i> .....	187
<i>Tableau 24 : Nouvelles valeurs de pondération pour les capacités d'adaptation</i> .....	188
<i>Tableau 25: Discrétisation des valeurs du sous-indice des enjeux exposés</i> .....	191
<i>Tableau 26 : Discrétisation des valeurs des sous-indices du niveau d'adaptation</i> .....	191
<i>Tableau 27 : Table d'attribution de score selon la question 3.</i> .....	197
<i>Tableau 28 : Modificateur de score selon la question 2.</i> .....	198
<i>Tableau 29 : Modificateur de score selon la question 1.</i> .....	198
<i>Tableau 30 : Premier calcul du score individuel selon la somme des réponses aux questions 5 et 7 pour chaque mesure d'adaptation durable</i> .....	202
<i>Tableau 31: Second calcul du score individuel selon la somme des réponses aux questions 5 et 7 pour chaque mesure d'adaptation non-durables</i> .....	203
<i>Tableau 32 : Modificateur de score selon la question 4</i> .....	203
<i>Tableau 33 : Attribution d'un score individuel par profil type de réponses</i> .....	206
<i>Tableau 34 : Attribution de scores individuels sur base de l'échelle de confiance</i> .....	209
<i>Tableau 35 : Attribution d'un score individuel selon la réponse sur l'acceptabilité</i> .....	212
<i>Tableau 36: Modificateur de score selon le niveau d'information du répondant</i> .....	212
<i>Tableau 37 : Modificateur de score selon le niveau de compréhension du répondant</i> .....	212
<i>Tableau 38 : Distribution par classes des secteurs de l'indice de vulnérabilité à l'érosion pour la Matanie.</i> .....	214
<i>Tableau 39 : Distribution par classes des secteurs de l'indice de vulnérabilité à la submersion pour la Matanie</i> .....	226
<i>Tableau 40 : Tableau croisé de l'indice de vulnérabilité à l'érosion modifié par rapport à l'indice initial</i> .....	240
<i>Tableau 41 : Effectifs croisés de l'indice de vulnérabilité modifié par rapport à la version non pondérée</i> .....	246

## LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Exemples d'impacts liés aux tempêtes hivernales de 2010 en France et au Québec. ....</i>	3
<i>Figure 2: Axes de recherche du projet ARICO (réalisation : L. David).....</i>	5
<i>Figure 3: Structuration du mémoire par chapitres, méthodes et sous-objectifs .....</i>	6
<i>Figure 4 : Schéma simplifié des approches conceptuelles de la vulnérabilité selon Jurgilevich et al. (2017).....</i>	2
<i>Figure 5 : Schéma des étapes de construction d'un indice de vulnérabilité, inspiré de Tate (2012).....</i>	7
<i>Figure 6 : Cadre d'analyse interrogeant la pertinence d'un indice de vulnérabilité, inspiré par McNie (2007) .....</i>	12
<i>Figure 7 : Carte de l'organisation générale de la MRC de La Matanie.....</i>	14
<i>Figure 8 : Photographie du barachois de Matane. Crédits : tourismematane.com .....</i>	16
<i>Figure 9 : Carte de l'organisation générale de la CC du Pays Bigouden Sud.....</i>	19
<i>Figure 10 : Photographie de la commune de l'Île-Tudy. Crédits : peche-plaisance-cornouaille.fr .....</i>	21
<i>Figure 11 : Cadre conceptuel appliqué pour l'indice initial de vulnérabilité du projet Résilience Côtière. (Drejza et al., 2021) .....</i>	23
<i>Figure 12 : Schématisation des calculs de la profondeur des secteurs de l'indice ( Drejza et al.,2021) .....</i>	24
<i>Figure 13: Schéma méthodologique de division de la zone exposée à l'érosion en secteurs de 500m (Drejza et al.,2021) .....</i>	25
<i>Figure 14 : Indicateurs de l'indice initial de vulnérabilité du projet Résilience Côtière d'après Drejza et al. (2021).....</i>	26
<i>Figure 15 : Matrice du niveau de vulnérabilité en fonction des niveaux d'enjeux exposés et d'adaptation d'après Drejza et al. (2021) .....</i>	27
<i>Figure 16 : Cadre conceptuel de la vulnérabilité systémique appliqué pour OSIRISC d'après Philippe et al. (2021) .....</i>	29
<i>Figure 17 : Indicateurs initiaux de l'observatoire OSIRISC d'après Philippe et al. (2021).....</i>	31

<i>Figure 18 : Schéma des différentes options d'agrégation en sous-indices OSIRISC (Philippe et al. 2021).....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 19 : Matrice d'agrégation pour l'indice de risque OSIRISC (Philippe et al., 2021).....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 20 : Capture d'écran de la plateforme OSI.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 21: Schéma des différences d'échelle entre les deux territoires étudiés .....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 22 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des deux indices .....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 23 : Étapes de construction du corpus.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 24: Effectifs, type et répartition temporelle des publications du corpus .....</i>	<i>51</i>
<i>Figure 25 : Carte des pays de localisation des institutions d'attache des premiers auteurs .....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 26 : Carte des pays d'application des indices présentés dans le corpus.....</i>	<i>53</i>
<i>Figure 27 : Distribution des indices présentés dans le corpus selon leur nombre d'indicateurs.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 28 : Typologie des usages et utilités relevés par méthode à partir des publications .....</i>	<i>61</i>
<i>Figure 29 : Contribution des potentiels utilisateurs finaux aux différentes étapes méthodologiques des indices pertinents .....</i>	<i>69</i>
<i>Figure 30 : Cadre commun proposé avec exemple de modification via le tableau interactif Miro .....</i>	<i>80</i>
<i>Figure 31 : Positionnement des participants sur le cadre conceptuel hybride .....</i>	<i>81</i>
<i>Figure 32 : Positionnement des gestionnaires enquêtés sur l'intérêt pour un indice modifié sur leur territoire d'intervention. ....</i>	<i>83</i>
<i>Figure 33 : Positionnements des enquêtés sur différentes étapes méthodologiques d'un indice .....</i>	<i>84</i>
<i>Figure 34 : Positionnement des enquêtés sur la diffusion de l'indice et ses supports.....</i>	<i>92</i>
<i>Figure 35 : Croisements des apports de la revue de littérature et des entretiens.....</i>	<i>92</i>
<i>Figure 36 : Schéma des tableaux interactifs employés lors des ateliers .....</i>	<i>100</i>
<i>Figure 37 : Photo du tableau final des indicateurs d'enjeux exposés – Résilience Côtière.....</i>	<i>107</i>

<i>Figure 38 : Évolution dans le positionnement des indicateurs d'enjeux exposés en fonction de la pertinence et de la faisabilité définies par les participants – Résilience Côtière</i> .....	108
<i>Figure 39 : Photo du tableau final des indicateurs de capacité d'adaptation – Résilience Côtière</i> .....	111
<i>Figure 40 : Évolution dans le positionnement des indicateurs de capacités d'adaptation – Résilience Côtière</i> .....	113
<i>Figure 41 : Résultats agrégés du vote de pondération pour les enjeux exposés – Résilience Côtière</i> .....	118
<i>Figure 42 : résultats individuels du vote de pondération pour les enjeux exposés – Résilience Côtière</i> .....	118
<i>Figure 43 : Résultats agrégés du vote de pondération pour les capacités d'adaptation – Résilience Côtière</i> .....	120
<i>Figure 44 : Résultats individuels du vote de pondération pour les capacités d'adaptation – Résilience Côtière</i> .....	120
<i>Figure 45 : Photo du tableau final des indicateurs humains et économiques – OSIRISC</i> .....	123
<i>Figure 46 : Évolution dans le positionnement des indicateurs d'enjeux humains et économiques – OSIRISC</i> .....	124
<i>Figure 47 : Photo du tableau final des indicateurs d'enjeux structurels, agricole et naturel – OSIRISC</i> .....	126
<i>Figure 48 : Évolution dans le positionnement des indicateurs d'enjeux structurels, agricole et naturel – OSIRISC</i> .....	129
<i>Figure 49 : Résultats agrégés du vote de pondération sur les indicateurs d'enjeux – OSIRISC</i> .....	130
<i>Figure 50 : Résultats individuels du vote de pondération pour les indicateurs d'enjeux – OSIRISC</i> .....	131
<i>Figure 51 : Croisements des indicateurs d'enjeux OSIRISC et Résilience Côtière à l'issue des world cafés</i> .....	133
<i>Figure 52 : Comparatif des pondérations de l'indice Résilience Côtière</i> .....	140
<i>Figure 53: Synthèse des résultats croisés des deux world cafés</i> .....	143

<i>Figure 54 : Schéma récapitulatif des recommandations d'améliorations pour l'indice OSIRISC .....</i>	<i>155</i>
<i>Figure 55 : Couverture spatiale de l'indice Résilience Côtière mise à jour pour la Matanie.....</i>	<i>183</i>
<i>Figure 56 : Nouvelle matrice d'agrégation pour l'indice de vulnérabilité actualisé .....</i>	<i>187</i>
<i>Figure 57 : Relation linéaire proposée entre les notions de concernement et les capacités d'adaptation .....</i>	<i>194</i>
<i>Figure 58 : Carte diachronique de l'indice modifié Résilience Côtière à l'érosion sur le site de la Matanie. ....</i>	<i>214</i>
<i>Figure 59: Carte du différentiel des sommes d'enjeux exposés à l'érosion entre 2020 et 2070 en Matanie. ....</i>	<i>216</i>
<i>Figure 60 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour le village de Baie-des-Sables.....</i>	<i>217</i>
<i>Figure 61 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour le centre du village de Saint-Ulric....</i>	<i>220</i>
<i>Figure 62 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour la limite occidentale de la Grande Anse, Matane .....</i>	<i>222</i>
<i>Figure 63 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour le secteur de la flèche de Matane .....</i>	<i>223</i>
<i>Figure 64 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour Petit-Matane .....</i>	<i>224</i>
<i>Figure 65 : Carte diachronique (2020-2070) de l'indice modifié Résilience Côtière à la submersion sur le site de la Matanie.....</i>	<i>225</i>
<i>Figure 66 : Carte du différentiel des sommes d'enjeux exposés à la submersion entre 2020 et 2070 en Matanie .....</i>	<i>227</i>
<i>Figure 67 : Carte de vulnérabilité à la submersion à la Pointe au Naufrage, Saint-Ulric .....</i>	<i>228</i>
<i>Figure 68 : Carte de vulnérabilité à la submersion du centre-bourg de Saint-Ulric.....</i>	<i>229</i>
<i>Figure 69 : Carte de vulnérabilité à la submersion à la Grande Anse, Matane .....</i>	<i>230</i>
<i>Figure 70 : Photo du Riotel de Matane (avant agrandissement) lors de la tempête du 6 décembre 2010. Crédits : Brigitte Dubé pour Radio-Canada .....</i>	<i>232</i>
<i>Figure 71 : Carte de vulnérabilité à la submersion du barachois de Matane .....</i>	<i>233</i>
<i>Figure 72 : Comparaison du secteur BDS-015 entre l'indice initial de vulnérabilité à l'érosion et sa version modifiée .....</i>	<i>239</i>

<i>Figure 73 : Carte de variation de l'indice de vulnérabilité à l'érosion selon les choix de pondération en Matanie .....</i>	<i>244</i>
<i>Figure 74 : Carte de variation de l'indice de vulnérabilité à la submersion selon les choix de pondération en Matanie .....</i>	<i>245</i>
<i>Figure 75 : Schéma de synthèse sur les modifications apportées aux deux indices .....</i>	<i>252</i>

## LISTE DES ÉQUATIONS

<i>Équation 1: Détermination de la profondeur des secteurs d'érosion (Drejza et al., 2021).....</i>	25
<i>Équation 2 : Calcul du score-Z.....</i>	104
<i>Équation 3 : Niveau de submersion.....</i>	180
<i>Équation 4 : Niveau de submersion projeté en 2070.....</i>	181
<i>Équation 5: Sous-Indice initial des enjeux exposés.....</i>	185
<i>Équation 6 : Sous-Indice initial des capacités d'adaptation.....</i>	185
<i>Équation 7 : Sous-Indice modifié des enjeux exposés.....</i>	186
<i>Équation 8 : Sous-Indice modifié des capacités d'adaptation.....</i>	186
<i>Équation 9 : Normalisation min-max.....</i>	189
<i>Équation 10 : Normalisation min-max pour le sous-indice d'enjeux exposés.....</i>	190

## LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

<b>ACP</b>	Analyse en composantes multiples
<b>ARICO</b>	Co-construction de scénarios d'Adaptation des territoires maritimes aux Risques COtiers dans un contexte de changements climatiques en France et au Québec
<b>CC PBS</b>	Communauté de Communes du Pays Bigouden Sud
<b>Cerema</b>	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
<b>CGVD28</b>	Canadian Geodetic Vertical Datum of 1928
<b>CISSS BSL</b>	Centres Intégrés de Santé et de Services Sociaux du Bas-Saint-Laurent
<b>CVI</b>	<i>Coastal Vulnerability Index</i> (Indice de vulnérabilité côtière)
<b>EPCI</b>	Établissement Public de Coopération Intercommunal
<b>GEMAPI</b>	Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations
<b>GIEC</b>	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
<b>IDH</b>	Indice de Développement Humain
<b>INSEE</b>	Institut Nationale de la Statistique et des Études Économiques
<b>IUEM</b>	Institut Universitaire Européen de la Mer
<b>LDGIZC</b>	Laboratoire de Dynamique et de Gestion Intégrée de la Zone Côtière
<b>MAMH</b>	Ministère des Affaires Municipales et de l'Habitation (Provincial)
<b>MELCC</b>	Ministère de la Lutte contre les Changements Climatique (Provincial)
<b>MPO</b>	Ministère Pêche et Océan (Fédéral)

<b>MSP</b>	Ministère de la Sécurité Public (Provincial)
<b>MTQ</b>	Ministère des Transports du Québec
<b>NIMBY</b>	<i>Not In My BackYard</i> (pas dans mon jardin)
<b>OSIRISC</b>	ObServatoire Intégré des RISques Côtiers d'érosion et submersion
<b>MRC</b>	Municipalité Régionale de Comté
<b>PAPI</b>	Plan d'Action et de Prévention des Inondations
<b>PMSGM</b>	Pleine Mer Supérieure de Grande Marée
<b>POS</b>	Plan d'Occupation du Sol
<b>PPRLPI</b>	Politique de Protection des Rives, du Littoral et des Plaines Inondables
<b>RCP</b>	<i>Representative Concentration Pathways</i> (trajectoires représentatives de concentration)
<b>ResCo</b>	projet Résilience Côtière
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique / <i>Geographic Information System - GIS</i>
<b>SoVI©</b>	<i>Social Vulnerability Index</i> (Indice de vulnérabilité sociale)
<b>TÉLUQ</b>	Télé-université, Université du Québec
<b>UBO</b>	Université de Bretagne Occidentale
<b>ULCO</b>	Université du Littoral Côte d'Opale
<b>UMR LETG</b>	Unité Mixte de Recherche Littoral – Environnement – Télédétection - Géomatique
<b>UQAR</b>	Université du Québec à Rimouski



## INTRODUCTION GÉNÉRALE

**Les littoraux** peuvent se définir comme des interfaces entre terre, mer et atmosphère en mobilité permanente, et ce à toutes les échelles de temps (Davidson-Arnott, 2010). La période récente montre une tendance nette au recul du trait de côte, avec deux fois plus de surfaces terrestres perdues (28 000 km<sup>2</sup>) que progradées (e.g. gagnées) sur la mer à l'échelle du globe entre 1984 et 2015 (Mentaschi *et al.*, 2018). Ce recul s'effectue par les processus d'érosion, parfois assortis de submersion, se trouvant accentués lors d'évènements météorologiques extrêmes (Lima & Bonetti, 2020) : tempêtes, ouragans.

**L'érosion côtière** se caractérise par l'enlèvement de matériel (roches et sédiments) par les actions mécanique ou chimique principalement liées à l'action des vagues, de courants, du vent, des infiltrations, de mouvements de terrain ou des perturbations d'origine humaine (Mörner & Finkl, 2019). Ces perturbations touchent principalement la dynamique des vagues et les échanges sédimentaires par la présence d'ouvrages de protections et d'infrastructures (Bernatchez & Fraser, 2012). **La submersion marine** comprend le recouvrement d'espace terrestre côtier par la mer, de manière temporaire par l'inondation, ou pérenne menant à un changement de morphologie du trait de côte. L'hydrodynamisme des vagues ainsi que la hausse du niveau marin relatif sont les principaux facteurs (Heinzlef *et al.*, 2024). Érosion et submersion vont souvent de pair, en une boucle de rétroaction positive (Le Berre *et al.*, 2022).

Une tendance à l'augmentation de l'intensité des évènements météorologiques-marins en lien avec le réchauffement climatique semble faire consensus, mais des interrogations persistent sur leur fréquence (Masson-Delmotte *et al.*, 2021). L'accélération de la remontée du niveau marin en lien avec les activités humaines accentue également le recul du trait de côte (Church & White, 2011). Ainsi les projections du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) associent une élévation moyenne comprise entre 0,63 et 1,01 m d'ici 2100 au scénario le plus pessimiste (Masson-Delmotte *et al.*, 2021). Ces projections sont cependant entourées d'incertitudes, aussi bien sur le forçage anthropique avec le rejet de gaz à effet de serre (GES), que sur la réponse des réservoirs hydrologiques, avec, en tête,

celles des inlandsis de l'Antarctique et du Groenland (Bradley & Hewitt, 2024). Ces tendances générales se déclinent localement en une multitude de facteurs et nuances, tels la nature du substrat, la topographie, les dynamiques océan-atmosphère, les mouvements crustaux de subsidence ou de relèvement isostatique (Bernatchez *et al.*, 2020 ; Han *et al.*, 2015).

Dans le même temps, la littoralisation de la population se poursuit (Kron, 2013) : sur les 23 mégapoles (plus de 10 millions d'habitants) côtières, toutes enregistrent une croissance démographique à des degrés divers, les plus marquées situées en Afrique et en Asie (Pelling & Blackburn, 2013). Quinze de ces mégapoles se situent en zones basses, abritant la majorité des 600 millions de personnes résidant à moins de 10 mètres au-dessus du niveau de la mer (UN Environment, 2019). Cette dynamique tient à la fois aux opportunités économiques en lien avec la maritimisation des échanges, mais aussi à la présence d'aménités récréatives (Blackburn *et al.*, 2019). Il existe un véritable « désir de rivage » (Corbin, 1988).

La situation globale est celle d'une population croissante sur un espace habitable se réduisant de manière significative à l'échelle d'une vie humaine, devenant un « espace de danger » (Meur-Férec & Morel, 2004). Quelle que soit l'évolution des émissions de GES, il est estimé qu'un milliard de personnes seront exposées aux aléas côtiers à l'horizon 2041-2060 (Pörtner *et al.*, 2022).

Il existe donc une demande pour des études d'adaptation aux risques ou de vulnérabilité de la part des institutions publiques, dans l'optique de réduire les pertes humaines et matérielles (Lima & Bonetti, 2020). Plus spécifiquement en France et au Québec, les tempêtes des hivers 2010 (*Figure 1*) ont donné lieu à des synthèses émanant du monde de la recherche (Quintin *et al.*, 2013) ainsi que d'évolutions réglementaires (Boyer-Villemaire *et al.*, 2015 ; Guyon, 2021).

Nombre d'études de vulnérabilité de populations sur un territoire donné, ici comprises comme « la propension ou prédisposition à subir un dommage ou un effet néfaste » (Jones *et*

al., 2014) choisissent une approche quantitative sous forme d'indices (Nguyen *et al.*, 2016), présentant une extrême diversité méthodologique (Beccari, 2016).



Tempête Xynthia, nuit du 27 au 28 février 2010 :  
47 morts, 29 dans la commune de la Faute sur Mer;  
Vendée, France © PHOTOPQR/OUEST FRANCE/ MAX PPP



Route littorale endommagée lors de la tempête du  
6 décembre 2010, MRC Rimouski-Neigette, Québec  
Crédit : LDGIZC

*Figure 1 : Exemples d'impacts liés aux tempêtes hivernales de 2010 en France et au Québec.<sup>1</sup>*

À partir de deux territoires d'études, la Matanie (Québec) et le Pays Bigouden Sud (Bretagne, France), **l'objectif principal du mémoire a été d'évaluer la pertinence, la faisabilité et les modalités de deux indices de vulnérabilité systémique aux aléas d'érosion côtière et de submersion marine**, partageant un cadre méthodologique commun.

Cette ligne directrice s'est déclinée en quatre sous-objectifs initiaux, dont seuls les deux suivants ont été pleinement investigués :

- évaluer la pertinence pour les gestionnaires des deux territoires d'un indice commun ou d'indices spécifiques de vulnérabilité aux aléas côtiers ;
- proposer une bonification des indices préexistants

L'hypothèse initiale de la faisabilité d'un indice hybride pour deux territoires distincts a été abandonnée en raison de la nature contextuelle de la vulnérabilité (Nguyen *et al.*, 2016). À la place, faire converger deux indices selon un référentiel commun tout en conservant

---

<sup>1</sup> Sauf mention contraire, les figures et tableaux ont été produits par l'auteur

certaines particularités propres a été vu comme prometteur. **Une seconde hypothèse est que, bien qu'utilisés, la pertinence des indices c'est-à-dire leur utilité pour les gestionnaires, peut être sensiblement améliorée.** La littérature pointe en effet la multiplication de ces outils, mais d'une portée incertaine dans les politiques de réduction de la vulnérabilité (Hinkel, 2011 ; Mustafa et al., 2011).

La maîtrise est conçue dans le cadre du projet de recherche interdisciplinaire intitulé « Co-construction de scénarios d'Adaptation des territoires maritimes aux RISques CÔtiers dans un contexte de changements climatiques en France et au Québec » (ARICO). Ce projet, réalisé entre 2020 et 2024 s'appuie sur les constats suivants :

- des traditions de recherches proches existent entre les chercheurs et praticiens impliqués.
- L'approche commune bénéficiant des expériences menées précédemment sur les deux territoires.
- La nécessité d'impliquer les différents acteurs pour aboutir à des outils d'aide à la décision utiles.

Le projet ARICO se divise en quatre axes de recherche (*Figure 2*), eux-mêmes subdivisés. Ainsi, ce mémoire s'inscrit dans le premier axe « Vulnérabilité territoriale ». Le recours aux indices développés précédemment (observatoire OSIRISC, Philippe *et al.* (2021) ; projet Résilience Côtière (ResCo), Drezja *et al.* (2021)) et l'implication des acteurs des territoires concernés sont des lignes directrices émanant du projet ARICO (Weissenberger et al., 2025).

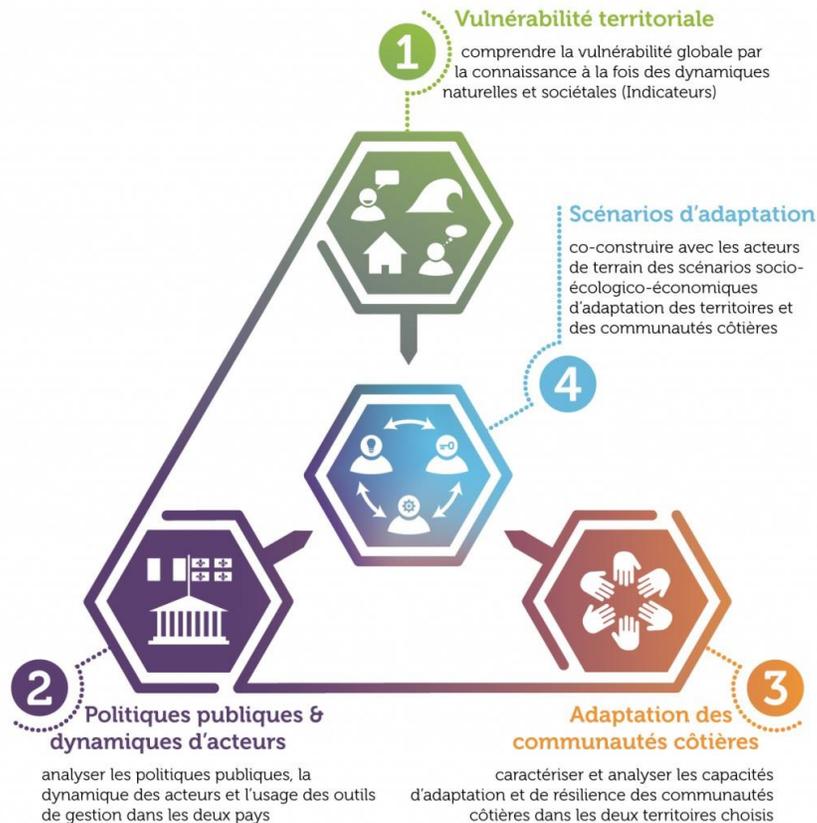


Figure 2: Axes de recherche du projet ARICO (réalisation : L. David)

Ce travail s'inscrit résolument dans le champ disciplinaire de la géographie humaine, tout en abordant des aspects plus physiques. La complexité du sujet rend insuffisant l'emploi d'une méthode unique. Le travail de recherche a donc été envisagé au prisme de la triangulation des méthodes (Caillaud & Flick, 2016 ; Noble & Heale, 2019). Se distingue la triangulation faible, similaire au processus géodésique : les résultats des méthodes sont confrontés et comparés à des fins de validation. La triangulation forte ici recherchée, aussi appelée « cristallisation », admettant la complexité d'un sujet. Chaque méthode employée est alors le fruit d'une démarche théorique distincte, cherchant à saisir une facette différente du phénomène (Caillaud & Flick, 2016).

Le mémoire se découpe en cinq chapitres, selon les méthodes déployées (Figure 1) :

- Le chapitre 1 détaille le cadre théorique sur lequel s'appuie la présente recherche.

- Le chapitre 2 introduit les deux terrains d'étude en France et au Québec, ainsi que les indices initiaux.
- Le chapitre 3 présente la phase initiale explorant les options d'améliorations pertinentes via un croisement d'une méta-analyse de la revue de littérature et des entretiens semi-dirigés.
- Le chapitre 4 détaille la participation des acteurs des territoires d'étude au processus de bonification via la tenue de *world cafés*.
- Le chapitre 5 expose l'implantation opérationnelle des améliorations et leurs résultats, principalement pour l'indice Résilience Côtière.

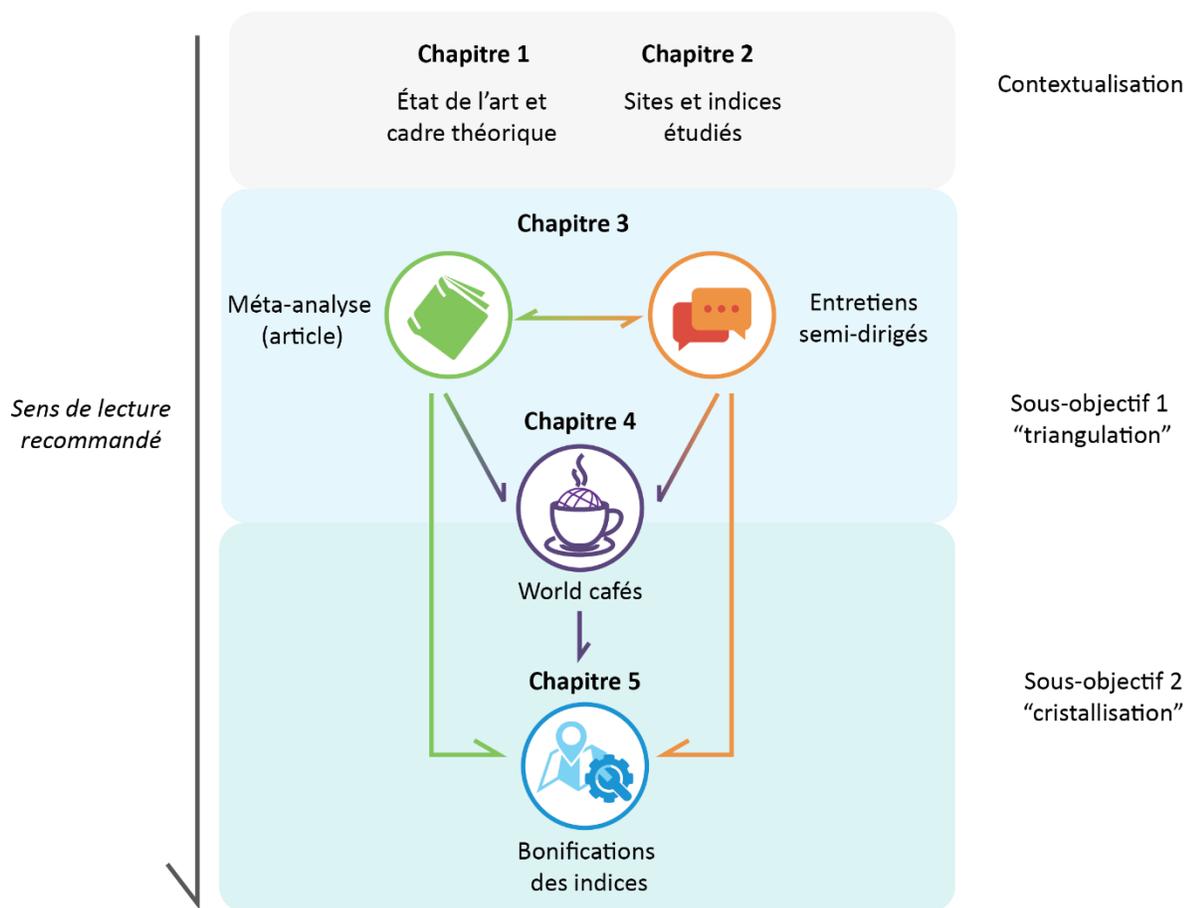


Figure 3: Structuration du mémoire par chapitres, méthodes et sous-objectifs

Chaque chapitre comprend, pour la ou les méthodes employées, leurs caractéristiques, résultats et discussions partielles.

## CHAPITRE 1 CADRE THÉORIQUE : UNE COMPLEXITÉ À TROIS NIVEAUX

### 1.1 RISQUE, VULNERABILITE, ADAPTATION, RESILIENCE : UNE CONFUSION BABYLONIENNE ?

Les études sur les impacts des aléas naturels, en contexte de changements climatiques ou non, ont mené au développement et à la diffusion de tout un bagage conceptuel : risque, vulnérabilité, capacités d'adaptation, résilience, etc. (Adger, 2006 ; Gallopín, 2006 ; Nguyen *et al.*, 2016). Ces termes sont polysémiques, aussi bien employés dans le langage courant que par de nombreuses disciplines de recherche. **Il n'existe pas de définition unifiée, mais une série d'acceptions plus ou moins consensuelles selon le domaine d'étude.** Les limites entre concepts sont parfois floues (Gallopín, 2006 ; Paul, 2013) car ils sont interconnectés (Smit & Wandel, 2006). Cette absence de clarté est qualifiée de manière imagée comme « confusion babylonienne » (Hinkel, 2011 ; Janssen & Ostrom, 2006). Les tentatives successives lors des rapports du GIEC d'établir définitions et méthodologies communes pour les études sur l'impact des changements climatiques sont vues comme trop imprécises pour être « opérationnalisables » (Hinkel, 2011 ; Tonmoy *et al.*, 2014). Tendre vers une définition commune unique semble illusoire (Fuchs *et al.*, 2011) considérant sa nature de « cluster conceptuel » qu'est la vulnérabilité (Füssel, 2007). Les paragraphes suivants détaillent les acceptions sur lesquelles s'appuie le présent mémoire.

**Le risque** est considéré ici comme la probabilité d'occurrence d'un aléa d'origine naturelle ou anthropique à même d'impacter des enjeux exposés. Ces enjeux recouvrent tout ce qui se voit attribuer de l'importance dans un système de valeur (Brisson & Jean, 2019). Dans le contexte d'un écosociosystème ou géosystème (Beroutchachvili & Bertrand, 1978) exposé, la littérature considère en premier lieu les personnes et les installations humaines, mais peut aussi tenir compte de l'identité culturelle, la biodiversité, etc. (Nguyen *et al.*, 2016). **L'aléa**, ou stress (Adger, 2006), est tout phénomène susceptible de produire des dommages, de manière directe ou indirecte. Il se définit par une magnitude (ou force), une intensité des dommages potentiels, une aire d'impact, une durée d'action et une probabilité d'occurrence (Leone *et al.*, 2010). Peut-être paradoxalement à l'heure de « l'âge de raison » (Kervern,

1995), des rappels s'avèrent parfois nécessaires sur le rôle des actions humaines sur les risques dits « naturels » au travers des enjeux exposés plutôt qu'un « *act of God* » inévitable (O'Keefe *et al.*, 1976).

**La vulnérabilité** au sens général peut être étudiée comme composante du risque (Field *et al.*, 2014 ; Morin, 2008), mais aussi spécifiquement. Dans leur revue de littérature, Jurgilevich *et al.* (2017) distinguent quatre grandes approches conceptuelles (Figure 4). Selon une perspective géographique, la vulnérabilité de lieu (*Place-based vulnerability*) définie par Cutter (1996) est de premier intérêt pour ce mémoire. **La vulnérabilité est alors vue comme le résultat** de l'interrelation entre risque et mitigations présents sur un territoire au contexte propre. Il est enfin généralement admis que la vulnérabilité est un phénomène dynamique dans l'espace et le temps (Nguyen *et al.*, 2016).

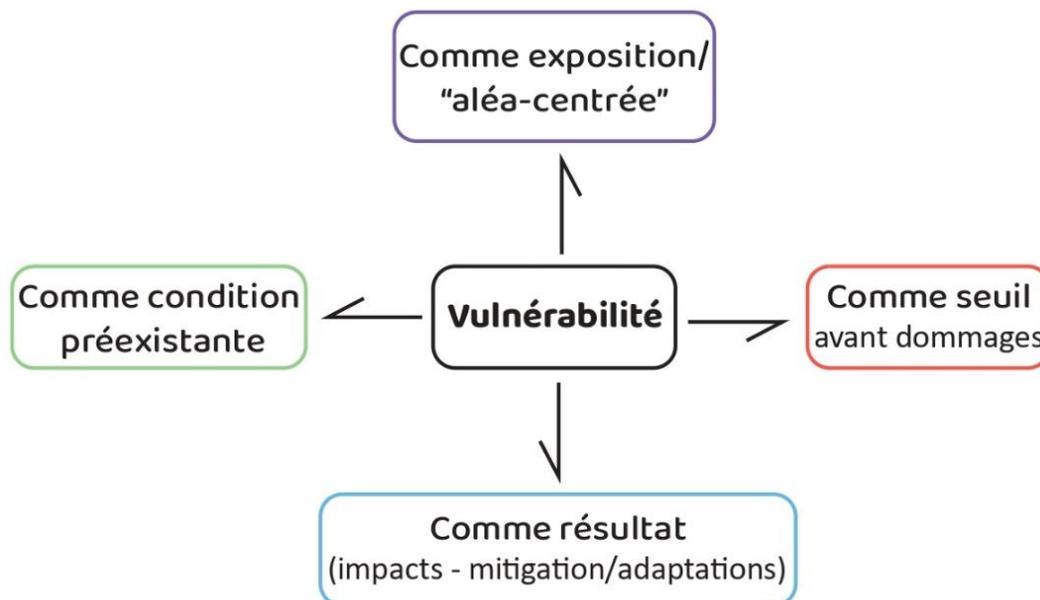


Figure 4 : Schéma simplifié des approches conceptuelles de la vulnérabilité selon Jurgilevich *et al.* (2017).

**Ce mémoire s'intéresse donc à vulnérabilité comme résultat sur un territoire.** L'étape suivante est de délimiter clairement les sous-concepts ou composantes admises, et leurs interrelations. Dans son article fondateur « *Vulnerability* », Adger, (2006) propose un exemple avec la définition suivante largement relayée dans la littérature : « La vulnérabilité

est l'état de sensibilité à être impacté négativement à des stressés, associés à des changements environnementaux et sociaux et en l'absence de capacités d'adaptation » (Adger, 2006, page 268, traduction libre). L'articulation conceptuelle entre l'exposition, c'est-à-dire le degré auquel le système peut être impacté et affecté par le risque, et la présence ou absence de capacités d'adaptation est centrale pour ce mémoire. Les deux projets de recherche, ResCo et OSIRISC, se basent sur des cadres conceptuels différents présentés en chapitre 2 mais intègrent ces mêmes sous-concepts, ici appelés composantes.

**Capacités d'adaptation et capacités à faire face** sont considérées dans la littérature comme interchangeables (Adger, 2006), ou dissociées par un facteur temps (Füssel, 2007 ; Lei *et al.*, 2014) : la capacité à faire face renvoie au court terme, la capacité d'adaptation au long terme. Les capacités d'adaptation peuvent être institutionnelles (Juhola & Kruse, 2015), comme l'adoption au niveau local de règlements et zonages pour la planification et l'aménagement du territoire, la mise en place de mesures de protection par les autorités compétentes. Au niveau individuel et collectif, le degré de préparation, mais aussi la connaissance et les représentations du risque sont des vecteurs d'adaptation (Meur-Ferec *et al.*, 2020).

**La résilience** est un concept connexe de la vulnérabilité, parfois considéré comme son opposé : ce qui participe de la résilience réduit la vulnérabilité (Füssel, 2007 ; Lei *et al.*, 2014). Issue d'abord des recherches en écologie (Ainuddin *et al.*, 2015 ; Gallopín, 2006), la résilience s'est vue ensuite appliquée aux sociosystèmes. Dans le contexte d'une exposition aux aléas, la résilience se caractérise au sens large par la capacité d'un groupe ou d'une communauté à se préparer pour absorber, récupérer ou s'adapter à un événement négatif potentiel ou advenu (Cutter, 2016). Adger (2006) propose une acceptation de la résilience avec une dimension supplémentaire : la notion de seuil de perturbation qu'un système peut absorber avant de changer en un état radicalement différent, ainsi que la capacité de s'autoorganiser et s'adapter aux nouvelles circonstances.

Plutôt que de considérer le foisonnement des acceptations comme frein (Hinkel, 2011), certains auteurs considèrent cela comme une opportunité d'enrichissement des approches

(Vogel *et al.*, 2007) et une émulation scientifique féconde (Adger, 2006). Mais comme dans toute étude scientifique, il apparaît particulièrement important de délimiter le plus finement le sujet, ici les dimensions de la vulnérabilité retenues **comme dépendante d'un contexte et d'un lieu précis** (El-Zein *et al.*, 2021 ; Fuchs *et al.*, 2011 ; Nguyen *et al.*, 2016). Un exemple inspiré de El-Zein *et al.* (2021) et Malone & Engle (2011) est proposé en Tableau 1 pour une étude quantitative sous forme d'indice.

*Tableau 1: Dimensions de la vulnérabilité à considérer dans une étude de vulnérabilité quantitative*

Dimension clé	Question	Exemple
<b>Conceptualisation</b>		
Géosystème analysé	Vulnérabilité de qui?	L'ensemble de la population, un groupe (personnes âgées, ...)
Le où les aléas	A quoi?	La submersion marine en cas de tempête extrême
Echelle spatiale	Où?	Ville côtière
Echelle temporelle	Quand?	Scénarios de remontée du niveau marin (Actuel, 2060, 2100)
<b>Opérationnalisation</b>		
Dimension de la vulnérabilités	Quelle vulnérabilité?	Aléas (géophysique) Exposition ( constructions ) Enjeux humains (vulnérabilité sociale)
Valeurs de préoccupation	Que mesure-on?	Bien être : sécurité, santé
Quantification	Comment mesure-on?	Indicateurs tirés de : modèles hydrologiques bases de données cadastrales bases de données du recensement
Résolution spatiale	A quelle échelle?	Fine, plus petite unité statistique du quartier

## 1.2 L'INDICE, UNE REPRESENTATION SYNTHETIQUE DE LA VULNERABILITE

Une fois les dimensions de la vulnérabilité étudiée clairement délimitée, vient le choix de la méthode pour la caractériser. Cependant, la vulnérabilité n'est en soi pas un phénomène directement mesurable, mais une « variable latente » ne pouvant être observée directement (Malone & Engle, 2011 ; Rufat *et al.*, 2019 ; Spielman *et al.*, 2020). Plus que de mesurer, il s'agit d'opérationnaliser à partir de données secondaires (Fekete, 2012 ; Hinkel, 2011).

Les études de vulnérabilité se présentent sous différentes formes : qualitatives, via des études de cas (Ford *et al.*, 2010), quantitative sous forme de modélisations ou d'indices (Tonmoy *et al.*, 2014), composés d'indicateurs. Cette dernière approche est largement dominante, pouvant en emprunter aux autres méthodes et s'appuyer sur des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) (Räsänen *et al.*, 2019).

**Un indicateur** est construit à partir d'une variable, auquel on attribue une logique. Cette variable transformée agit alors comme un proxy de l'élément étudié (Birkmann, 2013 ; Gallopín, 1997 ; Hinkel, 2011 ; Meur-Ferec *et al.*, 2020). Ainsi, sélectionner des indicateurs de vulnérabilité vise à réunir différentes variables tirées de données traitées, auxquelles est apposée une logique pour représenter les différentes composantes ou sous-concepts de la vulnérabilité étudiée. Un indicateur peut être aussi bien qualitatif (un type de trait de côte par exemple) que quantitatif, ou un entre-deux semi-quantitatif (Birkmann, 2013 ; Fekete, 2012). Sa relation à l'attribut et plus généralement au système qu'il participe à renseigner se doit d'être simple, idéalement linéaire (augmente ou diminue) (Hinkel, 2011). Enfin, un indicateur peut être basé sur une seule variable, ou issue de l'agrégation de plusieurs (Birkmann, 2013 ; Ivčević *et al.*, 2019). Dans ce mémoire, cette distinction est reprise sous la terminologie **d'indicateurs simples** opposés aux **indicateurs complexes**. De nombreux termes pour désigner indicateurs et indices sont utilisés de manière interchangeable dans la littérature (Ivčević *et al.*, 2019) : indicateur composite, *vulnerability mapping* pour les indices, paramètres pour les indicateurs en sont quelques exemples.

**Un indice** résulte de l'agrégation des indicateurs renseignant les composantes du système étudié en une représentation de ce dernier. La méthode peut être vue comme un « modèle faible » (Tonmoy *et al.*, 2014) : les indicateurs ont une relation avec la vulnérabilité, influençant cette dernière positivement ou négativement. Cependant, il n'est pas toujours possible de définir cette relation précisément, ni les interrelations entre indicateurs pouvant guider l'agrégation en indice. L'indice permet cependant de normer et d'intégrer des données de natures et échelles différentes (Malone & Engle, 2011) : selon les composantes de la vulnérabilité admises, les indicateurs peuvent être dérivés de données socio-économiques, environnementales, ou de modèles physiques (Hoque *et al.*, 2019).

De manière globale, un indice est utile pour fixer cibles et standards, suivre un changement, comparer dans l'espace et le temps, ainsi que synthétiser des problèmes complexes (Barnett *et al.*, 2008 ; Nguyen *et al.*, 2016). Les cartes de vulnérabilité résultant de l'indice sont un support de communication efficace envers décideurs et grand public, voire

d'éducation (Preston *et al.*, 2011 ; Tonmoy *et al.*, 2014). Elles peuvent également servir de point de départ pour un zonage dans l'utilisation du sol, un moyen de gestion efficace (Rangel-Buitrago *et al.*, 2020).

Les indices de vulnérabilité en zone côtière se sont focalisés jusque dans les années 1980-90 presque exclusivement sur les aspects physiques du risque (Balica *et al.*, 2012). Le *Coastal Vulnerability Index* (CVI) développé par Gornitz (1991) a été largement repris et adapté (Rangel-Buitrago *et al.*, 2020). Parallèlement, la recherche sur la vulnérabilité sociale a pris de l'ampleur, se focalisant sur la vulnérabilité comme un état préexistant (Jurgilevich *et al.*, 2017). Cet état découle des caractéristiques du tissu social, influencé par les caractéristiques socio-économiques (âge, genre, ethnie, instruction, occupation...) de la population d'un territoire (Balica *et al.*, 2012). Cutter *et al.* (2003) ont traduit le concept en indice, le *Social Vulnerability Index* (SoVI©) en se basant sur des données de recensement. Le SoVI© est largement employé de par le monde jusqu'à ce jour (Spielman *et al.*, 2020 ; Tate, 2012). La synthèse du CVI et du SoVI© pour produire un indice intégré en zone côtière a été réalisée par Boruff *et al.* (2005). Une autre méthode en domaine côtier notable est l'indice développé par Mclaughlin & Cooper (2010) explorant l'influence de l'échelle d'analyse : les auteurs proposent ainsi une méthode d'indice multiscalair.

La littérature francophone propose également une expertise sur les indices de vulnérabilité en zone côtière, a fortiori à destination des gestionnaires locaux. En France, une approche intégrant les moyens de gestion et les représentations sociales a été proposée par Meur-Ferec *et al.* (2008), aboutissant à une approche systémique fondant la démarche française OSIRISC (Meur-Ferec *et al.*, 2020 ; Quillet *et al.*, 2019). Au Québec, le laboratoire Laboratoire de Dynamique et de Gestion Intégrée de la Zone Côtière (LDGIZC) de l'UQAR a développé un indice dédié aux infrastructures routières (Drejza *et al.*, 2014, 2019), et un aux bâtiments et infrastructures (Drejza *et al.*, 2018 ; Touchette *et al.*, 2022). L'indice plus systématique du projet Résilience Côtière s'inscrit dans cette continuité (Drejza *et al.*, 2021), avec une adaptation de la méthodologie au Cameroun (Ebodé *et al.*, 2025 ; Mfoumeyeng Enoto, 2022).

En écho à la grande diversité des approches du concept de la vulnérabilité, sa traduction en indice voit un foisonnement des méthodes (Le Berre *et al.*, 2022). La construction d'un indice de vulnérabilité peut cependant être découpée en étapes générales (Nguyen *et al.*, 2016 ; Tate, 2012), présentées en Figure 5. Les choix entre une méthode par rapport à une autre à chaque étape porte la subjectivité des chercheurs impliqués.

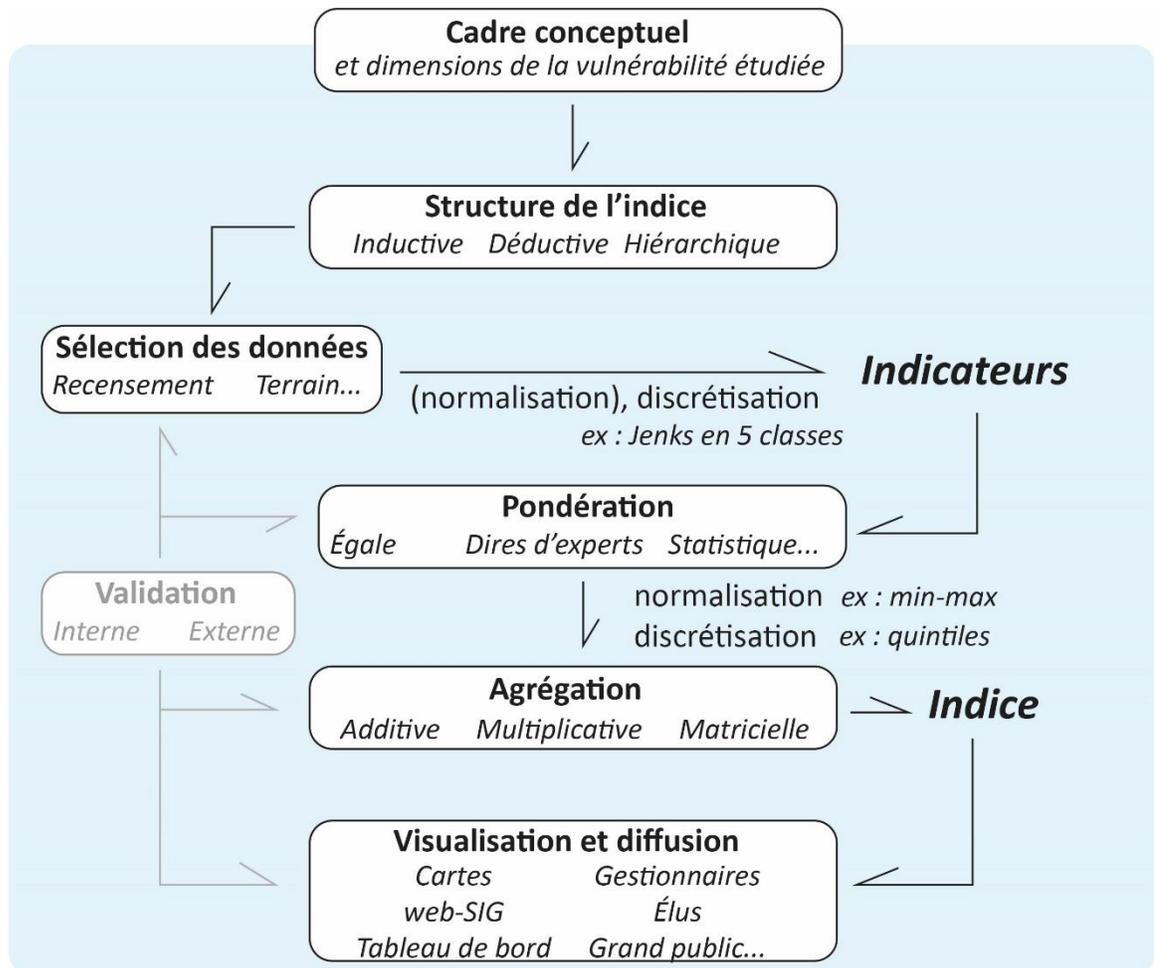


Figure 5 : Schéma des étapes de construction d'un indice de vulnérabilité, inspiré de Tate (2012)

La structure de l'indice, guidant l'organisation et la sélection des indicateurs, peut être catégorisée en trois grandes approches (Reckien, 2018 ; Tate, 2012) :

- déductives, présentant un nombre réduit d'indicateurs représentant chacun une partie du système étudié, et sélectionnés sur bases d'études antérieures.
- Déductives-hiérarchiques, les indicateurs étant séparés en groupes correspondant aux composantes, voire sous-composantes, de la vulnérabilité étudiée.
- Inductives, se basant sur un grand nombre d'indicateurs en entrée, réduit en un jeu restreint de facteurs non corrélés via une Analyse en Composante Multiples (ACP). Cette dernière méthode a été popularisée par le SoVI©.

*La sélection des données* dépend de plusieurs facteurs, en premier lieu leur pertinence au regard des dimensions de la vulnérabilité étudiée. Cependant, la disponibilité de la donnée de qualité suffisante et à la bonne échelle vient souvent contrarier le choix des indicateurs, voire dicter la construction de l'indice au lieu d'un construit théorique (Hinkel, 2011). L'unité spatiale, ou la granularité de la donnée disponible, joue aussi sur l'échelle de référence de l'indice : une modification des données spatiales expose au *Modified Area Unit Problem* (MAUP), soit la déformation de l'information avec un changement d'échelle ou de découpage (Jelinski & Wu, 1996 ; Preston *et al.*, 2011 ; Räsänen *et al.*, 2019). Une large portion des méthodes d'indices se basent sur des données moissonnées auprès d'instituts statistiques nationaux (Beccari, 2016), guidant bien souvent la granularité de l'indice. Selon les besoins et la nature des données employées, ces dernières sont normalisées et discrétisées pour leur attribuer leur sens en tant qu'indicateur, et permettre l'agrégation.

Le nombre d'indicateurs est fluctuant selon la structure et le contexte de l'étude (Tate, 2012), même si certains auteurs appellent à favoriser une approche synthétique privilégiant la qualité à la quantité (Rangel-Buitrago *et al.*, 2020). Généralement, mais plus particulièrement pour les approches inductives, la redondance et la colinéarité (corrélation lors d'une régression) dans les variables sont considérées comme indésirables (Balica *et al.*, 2012 ; Birkmann, 2013 ; Rangel-Buitrago *et al.*, 2020).

*La pondération* consiste à donner une importance relative à chaque variable d'un système, ici les indicateurs (Nguyen *et al.*, 2016). La pondération égale (e.g. l'absence de pondération) est la plus répandue, en raison de la difficulté à cerner les interrelations entre

indicateurs. Parmi les méthodes de pondération existantes, le recours aux dires d'experts et les approches statistiques en cas de structure inductive sont les plus courantes (Beccari, 2016).

*L'agrégation* voit la combinaison des indicateurs normalisés en l'indice. La forme la plus commune est la somme (agrégation additive), suivi du produit (agrégation multiplicative) (Tate, 2012). D'autres méthodes existent, tel le croisement de sous-indices via une matrice (Frigerio *et al.*, 2016), ou des équations plus complexes (Runfola *et al.*, 2017)

*La visualisation*, généralement sous forme de cartes, peut emprunter différents supports : statiques, sous forme de datavisualisation complexe (Bohman *et al.*, 2015), ou, de plus en plus, via des portails web-SIG (Räsänen *et al.*, 2019). Ce support offre la possibilité de décomposer la valeur unique de l'indice en ses indicateurs, et ainsi donner à voir quelle variable influence le plus le résultat en un point donné. Cela permet de réduire le phénomène de « boîte noire » lorsque le construit est trop complexe et opaque pour ses utilisateurs (Balica *et al.*, 2012),

*La validation* vise à s'assurer de la robustesse statistique de l'indice, mais également de s'assurer qu'il mesure ce pour quoi il a été conçu ; la validation est donc aussi bien « interne » qu' « externe » (Tate, 2012). Les différents choix méthodologiques opérés à tous les niveaux de la construction de l'indice influent sur le résultat final ; ces incertitudes sont donc importantes à quantifier (Moreira *et al.*, 2021 ; Rufat *et al.*, 2019 ; Tate, 2012). La validation interne passe le plus fréquemment par la conduite de tests statistiques de sensibilités (Spielman *et al.*, 2020 ; Tate, 2012). La validation externe la plus courante considère la corrélation spatiale entre le résultat de l'indice et un jeu de données externes, préférentiellement les impacts de l'aléa étudié lors d'un évènement majeur (Fekete, 2012). Cependant, peu de publications ne font état d'une investigation sur la validité de l'indice présenté (Anderson *et al.*, 2019 ; Beccari, 2016 ; Eriksen & Kelly, 2007 ; Preston *et al.*, 2011).

Parallèlement au foisonnement d'indices de vulnérabilité s'associe un corpus significatif de critiques. Fekete (2012) et Räsänen *et al.* (2019) pointent des soucis inhérents à la représentation cartographique des indices, et à l'interprétation qui en est faite. Ford *et al.* (2018) au travers de leur revue de littérature appuient plusieurs critiques récurrentes : les indices de vulnérabilité privilégient en raison de leur format une vision statique de la vulnérabilité. Même quand des données prospectives d'impacts sont employées, ces dernières sont croisées avec des données d'enjeux et d'adaptation actuels (Nguyen *et al.*, 2016). Enfin, nombre de recherches continuent de se faire en silos disciplinaires, malgré les apports prouvés de la pluridisciplinarité (Le Berre *et al.*, 2022). Au regard des limites et du caractère nécessairement subjectif d'un indice (Klein & Moehner, 2011), Hinkel (2011) limite son seul emploi pertinent comme outil pour identifier les populations et espaces vulnérables au niveau local. Cela n'affecte cependant pas l'usage répandu des indices à travers le monde, alors qu'un troisième paramètre prime souvent sur la validation : l'acceptabilité (Spielman *et al.*, 2020).

### **1.3 À LA CROISEE DES SCIENCES ET DES SOCIETES : L'INDICE COMME OBJET-FRONTIERE**

La littérature tend à présenter les indices de vulnérabilité comme potentiels outils d'aide à la décision pour mener des politiques de réduction de la vulnérabilité (Jurgilevich *et al.*, 2017; Malone & Engle, 2011). C'est à ce titre que la production et l'utilisation d'indices sont largement plébiscitées par les sphères politiques et décisionnelles (Anderson *et al.*, 2019; Hinkel, 2011; Rufat *et al.*, 2019). Cependant, nombre d'auteurs (Birkmann, 2007; Fekete, 2012; Mustafa *et al.*, 2011; Vogel *et al.*, 2007; Wolf *et al.*, 2015) expriment des doutes sur l'utilisation effective des indices de vulnérabilité par les utilisateurs finaux. Ce terme englobe le personnel d'institutions internationales, décideurs mais surtout les gestionnaires locaux d'un territoire.

À la pertinence scientifique déjà contestée s'ajoute la pertinence d'une information pour les décideurs, un pan de recherche entier s'intéressant à la « frontière » les séparant. Ainsi, Parris & Kates (2003) proposent d'évaluer les indices de développement durable selon

les critères « importance-crédibilité-légitimité » (Cash *et al.*, 2003 ; Jones *et al.*, 1999), qui semblent largement utilisés, malgré une critique sur l'évaluation effective par ces critères (Heink *et al.*, 2015). Une information utile -et donc acceptable- doit, selon McNie (2007) :

- être **importante** selon le contexte donné, soit correspondre à la demande formulée par les décideurs. Cela comprend l'échelle spatiale, mais aussi sociétale et organisationnelle. L'information doit également s'inscrire dans la temporalité où elle peut être employée, tout en tenant compte du cadre législatif en place.
- Apparaître **crédible**, notamment sur ses qualités scientifiques. Cela comprend, entre autres, la validité et la précision de l'information. La perception de crédibilité peut aussi découler d'une figure d'autorité externe, comme un projet de recherche commandité par un gouvernement.
- être perçue comme **légitime**, soit libre de biais politique, tout en étant compatible avec les systèmes de représentation des décideurs. La transparence de la recherche ainsi qu'une relation de confiance entre producteur et utilisateur de l'information contribue également à sa légitimité.

La Figure 6 : *Cadre d'analyse interrogeant la pertinence d'un indice de vulnérabilité, inspiré par McNie (2007)* transpose ces trois axes aux indices de vulnérabilité, tels qu'envisagés dans ce mémoire ; ils sont alors vus comme des critères nécessaires de la pertinence. Pour un indice ambitionnant d'être un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires, son usage effectif est ici considéré comme un proxy direct de sa pertinence. Une utilité exprimée mais sans usage concret peut être vu comme un proxy indirect, un des trois critères n'étant pas complètement satisfait.

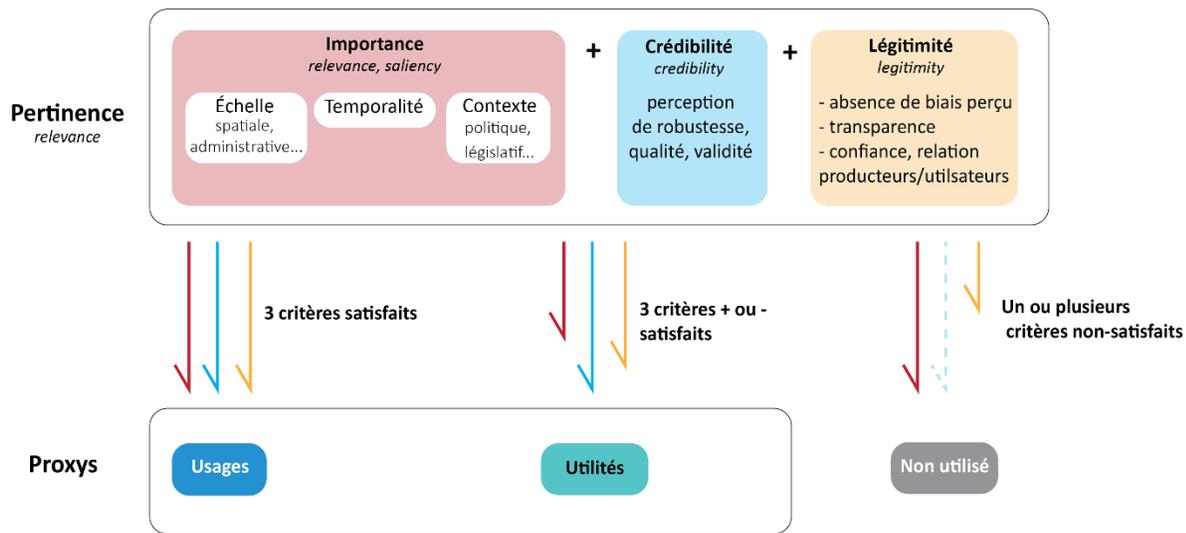


Figure 6 : Cadre d'analyse interrogeant la pertinence d'un indice de vulnérabilité, inspiré par McNie (2007)

Valider ces critères n'est pas aisé, contrairement à l'image réductrice d'un « pont » à jeter entre science et société pour une connaissance émanant exclusivement du monde scientifique (Vogel *et al.*, 2007). Selon Preston *et al.* (2011), le modèle du « déficit d'information » est encore largement répandu ; cette vision voit comme naturelle la transmission de l'information par le haut (*top-down*) de la connaissance scientifique dans la prise de décision, comme en attente de cette information. À l'opposé, les interactions entre monde de la recherche et de la gestion ressemblent davantage à un réseau de liens et d'échanges, avec l'enjeu de maintenir le statut de chaque partie, pouvant passer par des « boundary work » et « boundary organization » (McNie, 2007). Cela émane du concept développé par Star & Griesemer (1989) d'**objet-frontière** (*boundary object*) ou processus permettant à des groupes d'horizons divers de travailler ensemble en l'absence de consensus. L'objet-frontière présente trois caractéristiques majeures (Bixler *et al.*, 2021 ; Star, 2010) :

- il s'agit d'un objet conceptuel ou matériel appartenant simultanément à plusieurs groupes ou « mondes sociaux » distincts mais se recoupant.

- les limites de cet objet sont à la fois suffisamment abstraites pour qu'aucune vision d'un groupe ne s'impose sur une autre, mais à la fois assez concrètes pour avoir un sens spécifique et pertinent au sein de chaque groupe.
- l'objet demeure suffisamment durable pour garder une identité propre.

**Un indice à destination de potentiels utilisateurs finaux du monde de la gestion peut donc être développé comme objet-frontière** (Bixler *et al.*, 2021). Pour parvenir à cela, la co-construction est nécessaire, soit la collaboration et les accords entre acteurs aux intérêts divergeant visant à rendre compatibles leurs définitions autour d'un projet commun (Foudriat, 2014).

Plusieurs auteurs arguent donc en faveur de l'intégration des potentiels utilisateurs finaux dans la construction d'un indice de vulnérabilité qui leur est destiné (Bixler *et al.*, 2021 ; Fleming *et al.*, 2022), et présentée comme une approche *bottom-up* (Ivčević *et al.*, 2019). Si la contribution d'experts (locaux ou non) est présentée dans les publications, ces dernières sont souvent minimales (Fleming *et al.*, 2022). Beuret (2012) distingue ainsi plusieurs paliers pour la concertation dans l'action publique, mais transposable à la relation science-société :

- *l'information*, recouvrant aussi bien la transmission avant d'imposer un projet que la collecte. Une acceptation passive est recherchée, soit le consentement.
- *La négociation*, apportant des ajustements mineurs pour obtenir une acceptation
- *La consultation*, offrant un choix réel parmi plusieurs scénarios ou options, soit préexistant, soit construit avec les acteurs.
- *La co-construction* d'une idée collectivement, ici l'indice. La décision finale est souvent à la discrétion de l'initiateur du projet, mais les parties ont été réellement associées aux différentes étapes.

Dans la lignée du projet ARICO et des indices sur lequel se base la présente étude, la co-construction est vue comme un idéal à atteindre. À défaut de garantir une plus grande acceptabilité des indices bonifiés, cela est vu comme une condition nécessaire, mais pas suffisante.

## CHAPITRE 2

### TERRITOIRES D'ÉTUDE ET MATÉRIEL

Ce chapitre présente dans un premier temps les deux territoires étudiés dans le cadre du mémoire, et, dans un second temps, les deux indices de vulnérabilité aux aléas côtiers précédemment développés englobant ces territoires. La participation des acteurs locaux au projet ARICO est venu appuyer le choix de la MRC de La Matanie (raccourcie à la Matanie) et La Communauté de Communes du Pays Bigouden Sud (abrégé en CC PBS) comme sites-témoins pour l'amélioration des indices.

#### 2.1 SITE 1 : LA MRC DE LA MATANIE, QUEBEC

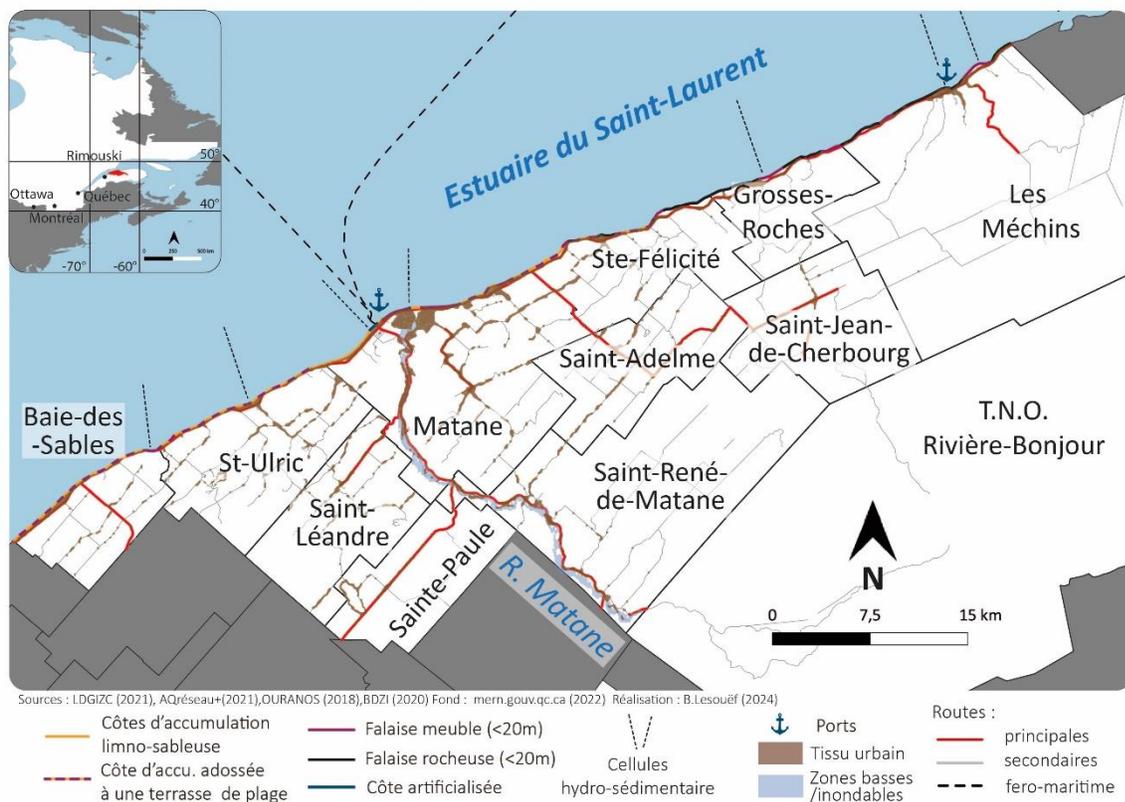


Figure 7 : Carte de l'organisation générale de la MRC de La Matanie

La Municipalité Régionale de Comté (MRC) de La Matanie se situe dans la région administrative du Bas-Saint-Laurent, à l'orée de la péninsule gaspésienne du Québec. La MRC comprend 11 municipalités, dont six présentant une interface littorale avec l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Figure 7), pour un linéaire côtier de 101 kilomètres.

La morphologie du trait de côtes présente une prédominance de formes d'accumulations contraposées, pour une altitude n'excédant pas 20 mètres. Les dépôts meubles occupent une bande littorale de 2 à 4 km de largeur (Arsenault, 2016), adossés aux contreforts appalachiens (Dionne & Coll, 1995). D'orientation sud-ouest/nord-ouest, le littoral n'est que peu accidenté, avec quelques caps rocheux délimitant plusieurs anses.

Les terrasses de plage, accumulations planes et étagées de sables et de gravier mises en place par transgression puis régression marines en lien avec le rebond post-glaciaire, sont présentes sur trois quarts du trait de côte (Marie et al, 2014), le plus souvent entaillés en microfalaises. Le socle rocheux est souvent subaffleurant, ou, à l'est de Matane, directement entaillée en falaises, constituées principalement de grès, mudrocks (argilites, schistes) et calcaires (Cousineau, 1998 ; Slivitzky *et al.*, 1991, plateforme SIGÉOM).

La ville de Matane est établie sur l'ancien delta proglaciaire de la rivière éponyme. L'embouchure présente une flèche littorale fortement anthropisée barrant une lagune, appelée localement barachois (Figure 8).



*Figure 8 : Photographie du barachois de Matane. Crédits : tourismematane.com*

L'érosion suit historiquement une tendance saisonnière, un pied de glace coupant la berge de l'action des vagues en hiver. Cependant, en contexte de changements climatiques, l'importance et la durée de cette protection mécanique vont en diminuant (Senneville *et al.*, 2014). Le dégel ainsi que de fortes précipitations sont susceptibles de provoquer glissements de terrain et coulées de boues, surtout dans les terrasses argileuses « MicMac » (Bernatchez & Dubois, 2004). Environ 38% du littoral de la MRC montre des signes d'érosion (Marie *et al.*, 2014).

Le site et plus généralement le Bas-Saint-Laurent sont exposés à des tempêtes de forte intensité, survenant généralement en automne et début d'hiver (Bernatchez *et al.*, 2012). La tempête de décembre 2010 demeure l'occurrence récente ayant occasionné le plus de dommages (Quintin *et al.*, 2013). À l'échelle de la MRC, le retrait du trait de côte observé lors de cet évènement est en moyenne de 3 mètres avec un recul maximum de 9,30 mètres enregistré à Saint-Ulric (Quintin *et al.*, 2013). La prédominance des zones basses (terrasses

de plage, flèche) en Matanie explique par ailleurs la susceptibilité observée à la submersion. Cela est illustré par l'impact important de la tempête de 2010 sur la flèche littorale et le barachois de Matane. La tendance globale allant vers une augmentation de la fréquence, si ce n'est de l'intensité des tempêtes (Masson-Delmotte *et al.*, 2019) en lien avec les changements climatiques ne semblent pas se vérifier pour le Bas-Saint-Laurent (Arsenault, 2016).

L'artificialisation des berges est la réponse historiquement privilégiée au recul du trait de côte : 26% du linéaire côtier présente des ouvrages, majoritairement (70%) des enrochements, suivi de murets (12%), pour la plupart privés (Marie *et al.*, 2014). Cela s'explique par la densité des infrastructures présentes. À l'ouest de Matane, les municipalités sont organisées en villages-rues entre la route 132 et la berge. Matane, elle-même, s'étend sur le delta, avec une périurbanisation littorale à l'ouest (Matane-sur-Mer, et à l'est Petit-Matane, ancienne municipalité rattachée en 2001). Les municipalités plus à l'est présentent un habitat plus dispersé, avec des portions de villages en pied d'abrupts, sur la terrasse de plage.

D'un point de vue démographique, la MRC compte 20 883 habitants en 2021, dont 89% sont concentrés sur les six municipalités littorales, 67% au chef-lieu de Matane. Ainsi, la densité moyenne de la Matanie est relativement faible avec 12,9 hab/ km<sup>2</sup>, Territoire Non-Organisé (TNO) exclu, 17,8 hab/ km<sup>2</sup> pour les municipalités littorales (Gouvernement du Canada, 2022). 89% de la population est concentrée sur les six municipalités littorales, 67% au chef-lieu de Matane.

La première occupation du territoire est ponctuelle, les communautés autochtones atteignant les berges du Saint-Laurent (alors bien plus hautes) vers 12.000 BP (Pintal *et al.*, 2015). Pendant longtemps territoire de passage, les premiers villages ne se développent en Matanie qu'au milieu du XIXe siècle, aux embouchures de rivières, en lien avec l'exploitation forestière (Fortin & Lechasseur, 1993). Avec l'arrivée de la route (Chemin du Roy), du chemin de fer et la construction du port, Matane devient un cœur économique

régional dès le début XXe siècle (Gagnon, 1984). L'axe ferromaritime du port de Matane assure jusqu'à ce jour un lien stratégique entre les deux rives du Saint-Laurent.

La MRC présente un profil économique diversifié (MRC La Matanie, 2021) :

- un secteur primaire plus important que la moyenne provinciale, axé sur l'agriculture, la foresterie et la pêche, Baie-des-Sables et Saint-Ulric se démarquant.
- Un secteur secondaire marqué par l'importance du parc industriel de Matane, ainsi que par le chantier de réparation navale des Méchins.
- Un secteur tertiaire dominant avec 68,3% des emplois, polarisé sur Matane. Le tourisme joue un rôle important dans l'économie en raison de sa situation de porte d'entrée de la Gaspésie.

La Matanie connaît cependant un chômage de 8,6% en 2021, légèrement supérieur à la moyenne provinciale (Statistique Canada). L'éloignement de la MRC des grands centres de productions et consommation, la dépendance aux ressources naturelles et une main-d'œuvre peu qualifiée sont vu comme facteurs explicatifs d'une économie relativement fragile.

La tendance était à une dévitalisation de la MRC depuis les années 1960, avec une diminution récente de 16% de la population entre 1996 et 2021 (Institut de la statistique du Québec, 2021) et une stagnation pour Matane. La tendance s'inverse partiellement depuis, la ville de Matane gagnant des habitants ainsi que Saint-Ulric (Rousseau, 2024). Le vieillissement touche la MRC de manière plus importante qu'au niveau régional et provincial, avec 30,9% de la population âgée de 65 ans et plus en 2023 (Institut de la statistique du Québec, 2024).

L'identité territoriale de la MRC est sujette à discussion, notamment à l'égard de la Gaspésie. Peu de liens historiques rattachent les deux entités spatiales, de tout temps considérées comme distinctes (Fortin & Lechasseur, 1993), contrairement aux liens économiques et culturels ; la Matanie se voit intégrée à la région touristique de la Gaspésie.

La conduite d'un sondage pour la MRC en 2019 auprès d'habitants a interrogé l'indentification par rapport au lieu. La réponse « La Gaspésie » est arrivée devant « La Matanie » avec 35% et 25%, respectivement (Info Ressource, 2019). Enfin, l'importance du littoral ressort auprès des habitants par les nombreux usages en lien avec ce dernier (Paul-Hus *et al.*, 2021).

## 2.2 SITE 2 : LA COMMUNAUTE DE COMMUNES DU PAYS BIGOUDEN SUD, BRETAGNE, FRANCE

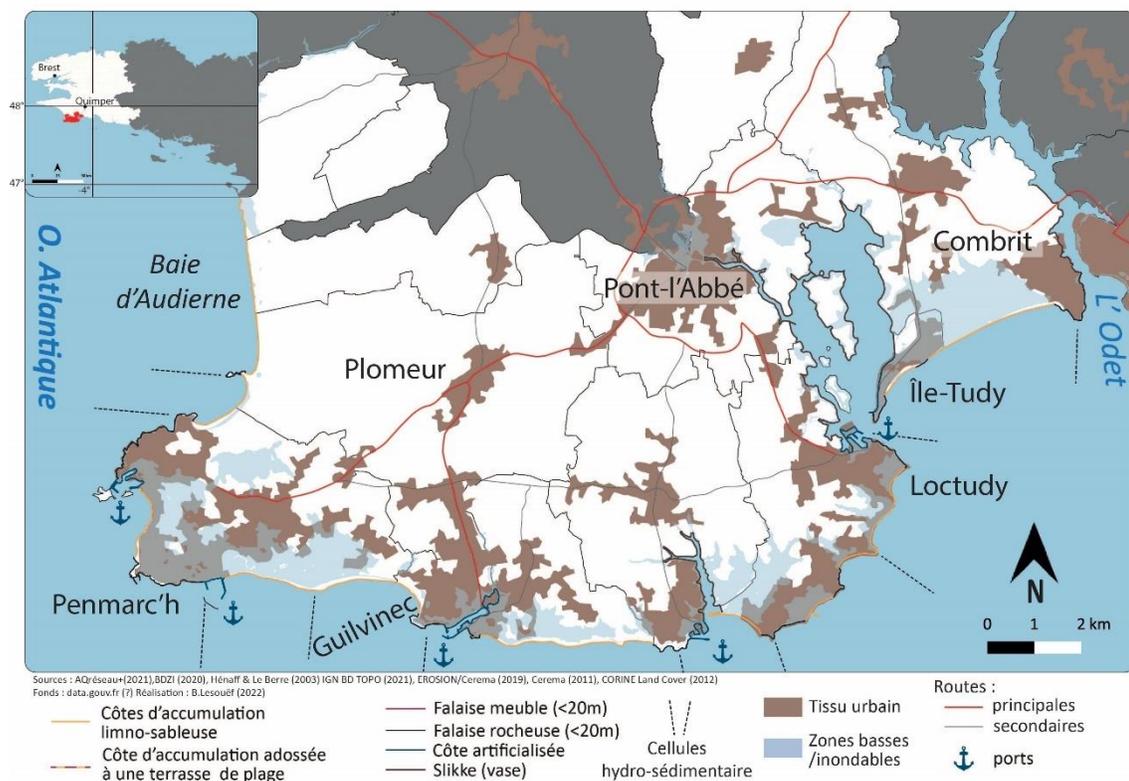


Figure 9 : Carte de l'organisation générale de la CC du Pays Bigouden Sud

La communauté de communes (CC) du Pays Bigouden Sud (PBS) se situe dans la péninsule ouest de la France, la région Bretagne. Le site, situé au sud de la pointe du département du Finistère, comprend 10 communes littorales sur les 11 qui la constituent, dont le chef-lieu Pont-l'Abbé (Figure 9).

Tout comme la Matanie, le trait de côte du Pays Bigouden Sud compte en majorité des formes d'accumulation basses. Cependant, l'indentation est bien plus marquée : le linéaire total est de 91 km malgré la modeste superficie. La configuration dominante est la présence d'anses fermées par des cordons dunaires ou des flèches littorales ancrés à des pointements rocheux. Ils séparent des zones basses de lagunes ou marais appelés « palud » adossées à la falaise morte granitique et orthogneissique pléistocène (Guilcher, 1948). On parle ainsi de côte contraposée, l'estran étant caractérisé par une plateforme rocheuse à écueils. Plusieurs secteurs se distinguent :

- la baie d'Audierne à l'ouest s'étendant sur 40km , fermée par un cordon de galets (Ero Vili) surmonté de dunes, connaissant un retrait rapide (0,5-1,5m/an (GéoLittoral, 2016)).
- Le secteur entre Penmarc'h et Loctudy constitué de plusieurs anses sableuses successives où se sont accumulés des plages et des cordons dunaires. La falaise rocheuse, vive par endroits, entaillée dans la basse plate-forme d'érosion marine héritée apparaît au niveau des pointes qui séparent les anses.
- Le secteur Combrit-Ile-Tudy, une dépression sublittorale entre les rias de Pont-l'Abbé et l'Odet (Figure 10). Une ria (ou localement aber) est une vallée fluviale surcreusée lors des bas niveaux marins des périodes glaciaires quaternaires, pour être subséquentement ennoyée durant la transgression holocène.

La présence des saillants rocheux et des rias explique la segmentation importante des cellules hydrosédimentaires aux dérives littorales contraires (Hénaff & Le Berre, 2003) (Figure 9).

Le littoral est directement exposé aux houles et événements météo-marins provenant de l'Océan Atlantique, pouvant s'avérer extrêmement morphogènes. Les vents dominants sont de direction ouest ou nord de manière cyclique selon l'Oscillation Nord Atlantique (Hénaff *et al.*, 2015). Le régime de marée est semi-diurne avec un marnage maximal de 5 à 6 m, la houle dominante d'ouest et sud-ouest (Jabbar, 2016).



*Figure 10 : Photographie de la commune de l'Île-Tudy. Crédits : peche-plaisance-cornouaille.fr*

L'occupation humaine du site est très ancienne et continue : l'exploitation des ressources halieutiques en baie d'Audierne est datée du Mésolithique, 5600 BP (Dupont *et al.*, 2010). L'incidence des activités humaines, passées comme actuelles, est considérable. Le recul accéléré du cordon de galets Ero Vili est imputable aux prélèvements massifs de galets durant le XXe siècle (Guilcher & Hallégouët, 1991). Deux flèches littorales ont été fermées en 1852, rattachant l'Île-Tudy via un polder (Jabbar, 2016).

L'exposition à l'aléa submersion est majeure, caractérisée par un Programme d'Action de prévention des Inondations (PAPI). Par franchissements de paquets de mer ou par brèches des cordons dunaires, les zones basses parfois urbanisées sont particulièrement sensibles : Penmarc'h est ainsi la commune la plus exposée du Finistère (Biglietti, 2022). La tendance globale au long terme va à l'érosion des cordons (Blaise, 2017). La déflation éolienne n'est

pas un aléa particulièrement prégnant dans la période actuelle, mais a présenté des phases de forte activité en Bretagne -et ailleurs- par le passé (Lageat *et al.*, 2019).

Dans son Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET), la CC PBS identifie clairement une augmentation de la vulnérabilité de l'ensemble des enjeux à la submersion marine et aux mouvements de terrain (sans précision sur les espaces concernés). L'artificialisation du trait de côte est importante (supérieur à 20%), majoritairement du fait d'ouvrages de protection publique (enrochements, digues, remblais) ou d'infrastructures portuaires (Hénaff & Le Berre, 2003). L'évolution morphologique de l'anse de Bénodet est suivie depuis les années 1980 par le laboratoire LETG (IUEM-UBO). Une relation durable existe avec les gestionnaires des communes concernées, avec une forte implication dans le projet OSIRISC et le partenariat Litto'risques (A. Hénaff, comm. pers).

La CC comptait en 2021 37 866 habitants (INSEE, 2024) ; soit une densité de population de 226,6 habitants au km<sup>2</sup>. La population du PBS est relativement stable, mais connaît un vieillissement très important : 42,8% des habitants sont des retraités, 42,5% âgés de 60 ans et plus. La part de logements secondaires est également très élevée, représentant un tiers du parc à majorité de pavillons résidentiels (INSEE, 2024), soit 10 000 habitants temporaires supplémentaires. Économiquement, le secteur tertiaire à vocation présentielle (tourné vers les besoins locaux) représente le premier pourvoyeur d'emplois sur les territoires étudiés, avec une importance relative du tourisme littoral : selon la CC PBS, plus de 300 000 touristes estivaux sont reçus chaque année (CC PBS, s. d.). La filière halieutique joue un rôle économique notable et symboliquement important : le PBS comprend 3 des 10 premiers ports de pêche français en termes de volumes débarqués (Les Brisants, 2020). Le taux de chômage de 8 % est cependant supérieur à la moyenne nationale (INSEE, 2024).

### **2.3 L'INDICE DE VULNERABILITE A L'EROSION DU PROJET RESILIENCE COTIERE**

L'indice de vulnérabilité côtière réalisé dans le cadre du projet de recherche Résilience Côtière constitue le matériel premier au Québec sur lequel nous avons mené nos recherches.

Le projet Résilience côtière, financé par le Ministère de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC), a été réalisé par le LDGIZC de l'UQAR entre 2017 et 2021 afin de :

- contribuer à la réduction de la vulnérabilité des communautés et des écosystèmes à l'érosion côtière ;
- développer des outils pour améliorer la planification de l'aménagement et la protection du territoire côtier en facilitant les choix d'adaptation dans le contexte des changements climatiques.

À cette fin, de nombreux acteurs de la gestion territoriale ont contribué aux différentes phases du projet. Plusieurs bases de données d'envergures ont été réalisées dans le cadre du projet, ainsi que de nombreux livrables exploitant ces données (Fraser *et al.*, 2021). L'indice de vulnérabilité à l'érosion côtière est l'un d'entre eux.

La version initiale de l'indice telle que proposée par Drejza *et al.* (2021) a été conçue comme un outil d'aide à la priorisation, à la prévention et à la prospective avec deux échelons temporels : 2020 et 2070. Le cadre conceptuel s'inspire de l'approche proposée par le GIEC (Field *et al.*, 2014) elle-même largement similaire à Adger (2006) : la vulnérabilité est vue comme résultat de la soustraction du niveau d'adaptation à la valeur des enjeux exposés (Figure 11).

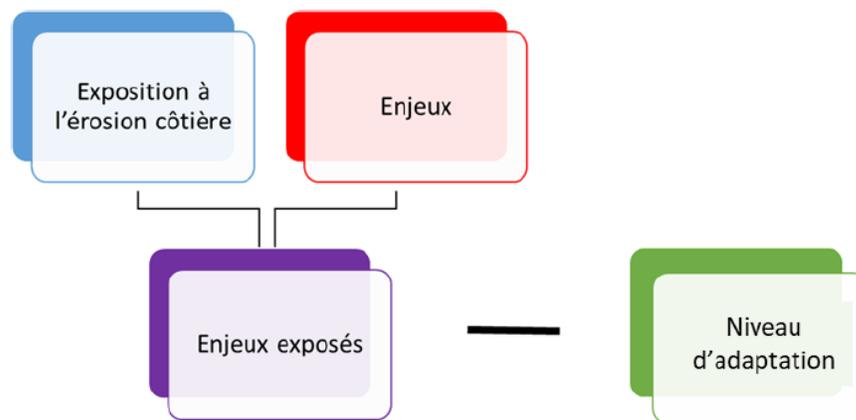
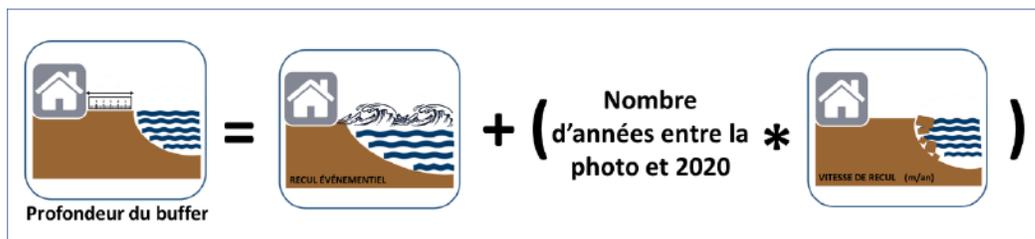


Figure 11 : Cadre conceptuel appliqué pour l'indice initial de vulnérabilité du projet Résilience Côtière. (Drejza *et al.*, 2021)

L'indice a été appliqué dans 8 sites témoins du Québec maritime situés dans 5 MRC différentes, pour un linéaire côtier total de 171km présentant des enjeux. L'un des sites concernait l'ouest de la MRC de La Matanie, entre les quais de Baie-des-Sables et Matane.

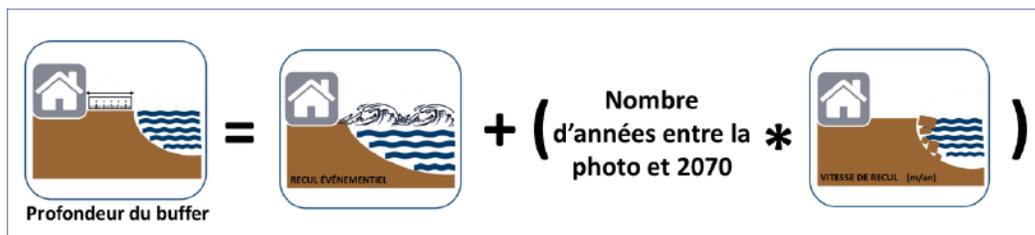
L'unité spatiale de base retenue est un secteur de 500 m de linéaire côtier, pour une profondeur dépendant de l'exposition à l'érosion. Cette valeur est calculée selon l'Équation 1, illustrée en Figure 12, où le recul événementiel correspond au recul potentiel de la côte en un seul événement déterminé par type de côte et secteur du Québec maritime :

**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) :**

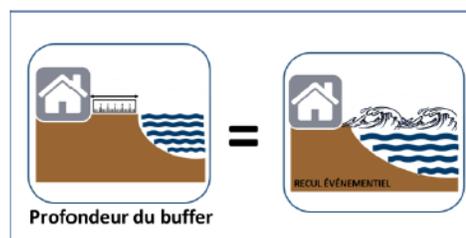


Figure 12 : Schématisation des calculs de la profondeur des secteurs de l'indice ( Drejza et al.,2021)

Équation 1: Détermination de la profondeur des secteurs d'érosion (Drejza et al., 2021)

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

Les enjeux sont ensuite levés à l'intérieur des polygones ainsi créés pour renseigner les différents indicateurs (Figure 13). La structure de l'indice est déductive-hiérarchique, les indicateurs construits et organisés selon des aspects des deux composantes étudiées (Figure 14). En s'inspirant notamment de l'observatoire OSIRISC, l'indice intègre les perceptions rarement prises en compte (Meur-Ferec *et al.*, 2020). Plusieurs sources de données sont employées pour renseigner bon nombre des indicateurs, les rendant complexes. Tous les indicateurs sont normalisés de manière croissante selon un score allant de 1 à 5, le plus souvent issu d'un pointage qualitatif : plus le score est élevé, plus les enjeux exposés ou les capacités d'adaptation sont importants.

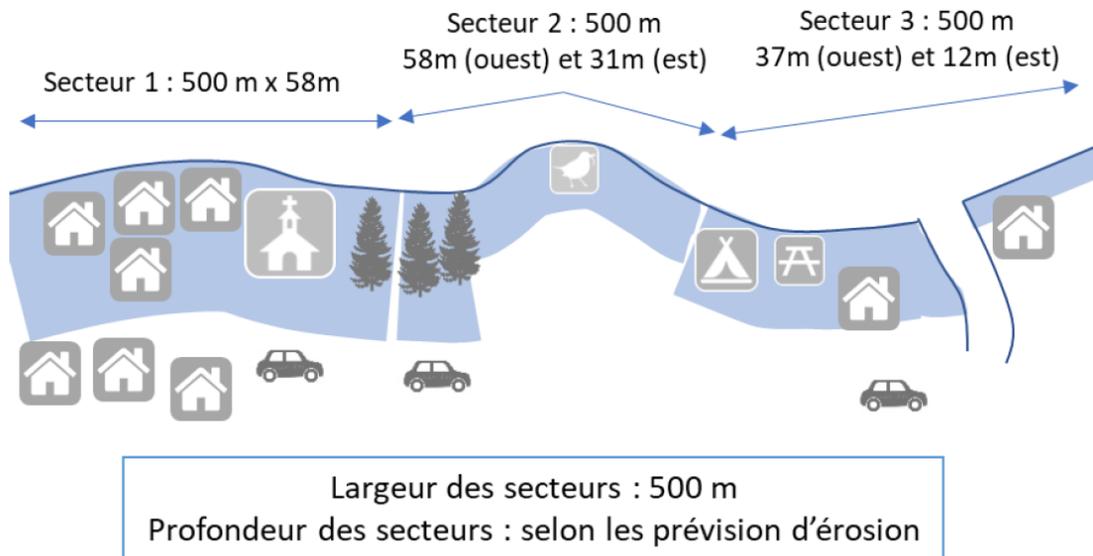


Figure 13: Schéma méthodologique de division de la zone exposée à l'érosion en secteurs de 500m (Drejza et al., 2021)

**Enjeux exposés n = 12**

<b>Humains</b>	Nombre d'habitants exposés Proportion de population vulnérable Niveau d'instruction de la population
<b>Socio-économiques</b>	Bâtiments abritants des personnes sensibles Usages sociaux et récréotouristiques Enjeux patrimoniaux Enjeux économiques Réseaux d'infrastructures Niveau d'impact de la rupture du service routier Enjeux stratégiques
<b>Environmt.</b>	Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion côtière Risques pour l'environnement causés par les activités humaines



**22 indicateurs**

**Capacités d'adaptation n = 10**

<b>Moyens de gestion</b>	
<b>Aménagement</b>	Niveau de zonage des risques d'érosion côtière Niveau de réglementation liée aux risques naturels
<b>Mesures de protection/retrait</b>	Mesures de protection structurelles Mesures de protection alternatives Existence de relocalisation
<b>Communication &amp; sensibilisation</b>	Accès à l'information concernant les risques côtiers
<b>Gestion de crise</b>	Niveau de préparation à une crise éventuelle
<b>Gouvernance</b>	Démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière
<b>Perceptions</b>	
	Importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables Connaissance de l'érosion côtière

*Figure 14 : Indicateurs de l'indice initial de vulnérabilité du projet Résilience Côtière d'après Drejza et al. (2021)*

Une pondération aux dires d'acteurs a été appliquée aux indicateurs lors de l'agrégation. Les valeurs employées pour se faire proviennent des résultats d'un questionnaire en ligne mené auprès de professionnels de la gestion territoriale. Chaque indicateur s'est vu multiplié par sa valeur de pondération, puis entre eux pour chaque composante. Une première discrétisation par seuils observés a ramené les produits par secteurs sur un score de 1 à 5. Les deux sous-indices d'enjeux et de capacités d'adaptation ainsi obtenus sont enfin agrégés via une matrice non linéaire pour obtenir le score de vulnérabilité pour les deux pas de temps (Figure 15).

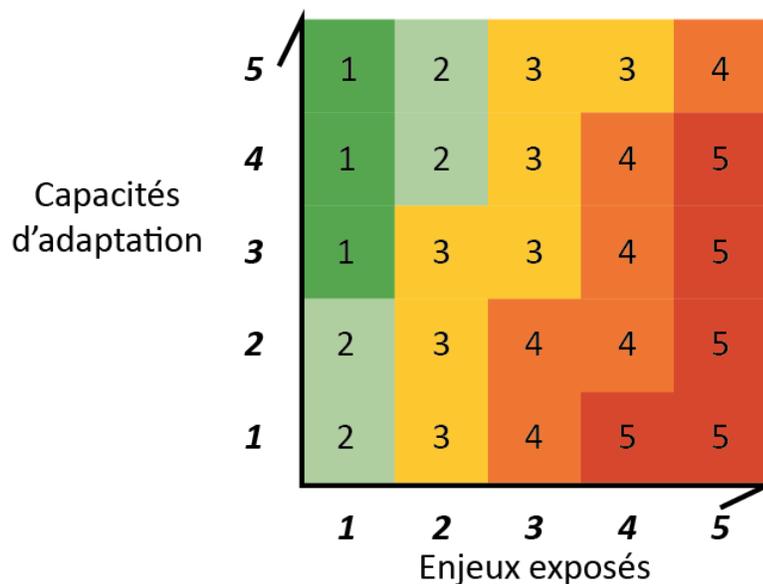


Figure 15 : Matrice du niveau de vulnérabilité en fonction des niveaux d'enjeux exposés et d'adaptation d'après Drejza et al. (2021)

Les cartes de vulnérabilité ainsi obtenues sont disponibles au format statique sur les différents rapports. La version interactive disponible sur la plateforme en ligne SIGEC du LDGIZC offre un accès réservé aux partenaires du projet.

#### 2.4 L'INDICE DE VULNERABILITE SYSTEMIQUE A L'EROSION ET LA SUBMERSION DE L' OSIRISC

Pour le cas français, c'est l'indice de vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion, développé dans le cadre du projet de recherche OSIRISC (ObServatoire Intégré des RISques Côtiers d'érosion et submersion), qui a été utilisé. OSIRISC a été porté par des chercheurs et enseignants-chercheurs de l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), et du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Il a intégré, dès la phase de projet, entre 2016 et 2020, les professionnels de la gestion du littoral, de gestion des risques et de territoires. Le projet a été financé principalement par la Fondation de France de 2016 à 2020, secondé entre 2018 et 2020 par un financement de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL en Bretagne).

Le but affiché du projet de recherche-action était de déployer un observatoire des risques côtiers en s'appuyant sur la co-construction d'indicateurs permettant de définir de vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion pour les territoires bretons. Le principe est de disposer d'un outil commun d'analyse et de réflexion pour les scientifiques, et d'aide à la prise de décision pour les acteurs de la gestion. L'outil d'aide à la prise de décision est produit sous forme d'application web-SIG, également disponible pour le grand public. Depuis sa mise en place, l'observatoire a, par ailleurs, cherché à créer des liens entre les différents observatoires et structures en place, tout en impliquant territoires et gestionnaires déjà proactifs sur la question des risques côtiers (Philippe *et al.*, 2021). Quatre laboratoires couvrant des disciplines différentes (géographie, économie et droit, psychologie environnementale et géosciences) ont été associés, pour un projet résolument pluri à interdisciplinaire.

L'expérimentation des indicateurs OSIRISC s'est déroulé dans quatre Établissements Public de Coopération Intercommunale (EPCI), ainsi qu'un territoire volontaire. Depuis 2019, l'observatoire est déployé à l'échelle du Finistère grâce au partenariat Litto'Risques entre le Conseil Départemental du Finistère, l'UBO et le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement). Les sites initiaux ont été retenus en raison de leurs problématiques en lien avec les risques côtiers, ainsi que la conduite de projets de recherche passés ou en cours. L'un d'eux concerne la CC du PBS.

L'indice prend pour cadre conceptuel la vulnérabilité systémique (Figure 16). Cette approche se démarque par la prise en compte du risque dans la vulnérabilité, dans la lignée des travaux D'Ercole *et al.*, (1994). Quatre composantes sont considérées en interrelations :

- Les aléas étudiés (ici érosion et submersion) et les enjeux exposés, composant le risque.
- La gestion, recouvrant les politiques publiques de protection, de prévention et de sensibilisation, ainsi que la gestion de crise et l'action des acteurs locaux.

- Les représentations sociales, rarement intégrée, comprennent la relation entre les populations présentes sur le territoire concerné par le risque, comme l’attachement au lieu, la conscience du risque, etc.

Les composantes entretiennent entre elles des interrelations complexes participant à la vulnérabilité d’un territoire, ou la réduisant (Meur-Ferec *et al.*, 2020).

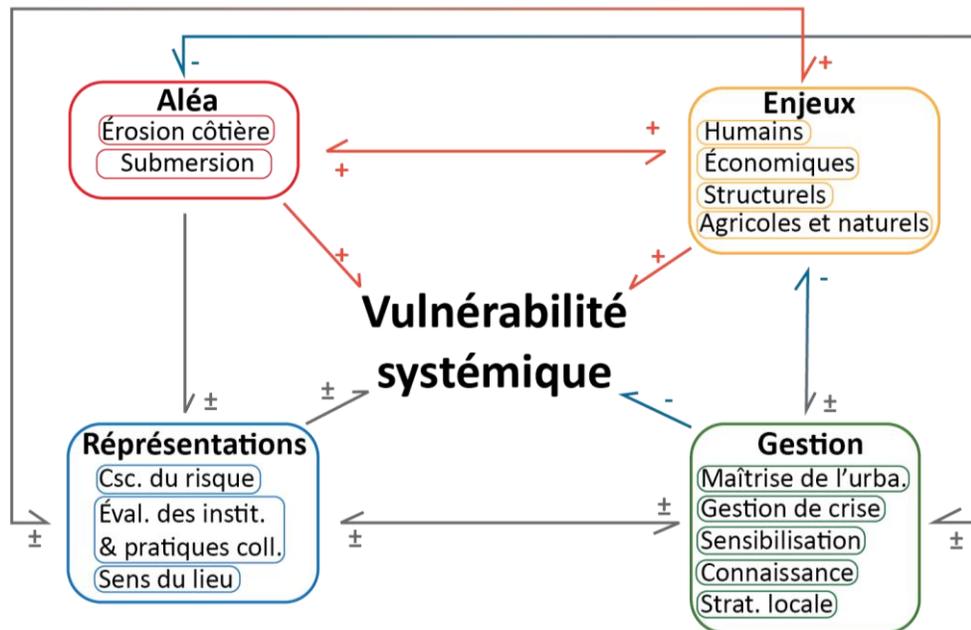


Figure 16 : Cadre conceptuel de la vulnérabilité systémique appliqué pour OSIRISC d’après Philippe *et al.* (2021)<sup>2</sup>

L’observatoire propose 58 indicateurs distincts, inégalement répartis par composantes, qui sont subdivisées en thèmes (Figure 17). Le nombre important d’indicateurs trouve une explication dans l’utilisation faite par OSIRISC. Chaque indicateur a été conçu pour être simple d’utilisation et de mise à jour, tout en faisant sens pour les potentiels utilisateurs finaux : les scientifiques et les gestionnaires. Ces derniers ont donc été consultés (Beuret, 2012) durant la construction des indicateurs. Chaque candidat d’indicateur a été ensuite

<sup>2</sup> Csc : conscience ; Éval. des Inst. : évaluation des institutions ; pratiques coll. : pratiques collectives ; maîtrise de l’urba. : maîtrise de l’urbanisme ; Strat. locale : stratégie locale.

soumis à une évaluation jugeant leurs faisabilité, qualité scientifique et utilité (Quillet *et al.*, 2019).

Les indicateurs d'aléas et d'enjeux sont ainsi dérivés de bases de données publiques en libre accès, tandis que les indicateurs de gestion sont alimentés par les gestionnaires partenaires de l'observatoire. Les indicateurs de représentations nécessitent la conduite d'enquêtes de terrain, longues et onéreuses (Philippe *et al.*, 2021). De plus, la complexité des processus psychosociaux à l'œuvre, même réduits en indicateurs, prévient de se prononcer sur une contribution nette à l'augmentation ou la diminution de la vulnérabilité (Meur-Ferec *et al.*, 2020). En raison de la nature différente des données employées, leur échelle d'application varie. Cependant, l'unité spatiale de base retenue initialement est un maillage de 200 m par 200, basé sur celui employé par L'Institut National de la Statistique et d'Études Économiques (INSEE). Les autres données sont transformées pour que chaque indicateur soit projeté sur ce maillage. Les indicateurs de gestion et de représentation ne sont généralement disponibles qu'à l'échelle de la commune (e.g. municipalité) si ce n'est l'EPCI.

La discrétisation des différents indicateurs suit un découpage harmonisé en 5 classes (de 1 à 5) selon la nature des données. Plus le score est élevé, plus la valeur d'aléa, d'enjeu, ou de gestion est importante sur le carreau de 200 x 200 mètres. Une forte valeur en aléa ou enjeu augmente la vulnérabilité, tandis que la gestion la diminue.

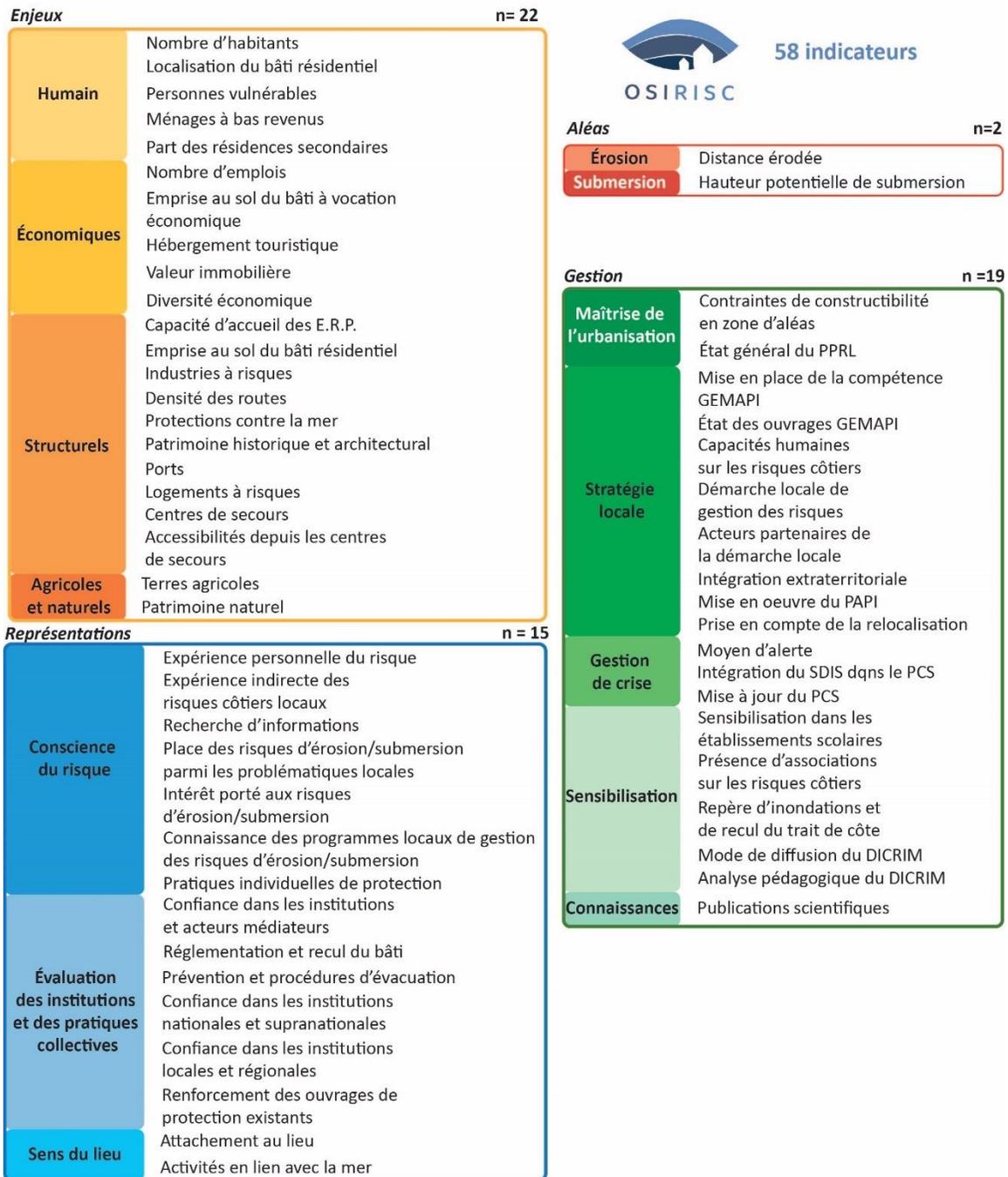


Figure 17 : Indicateurs initiaux de l'observatoire OSIRISC d'après Philippe et al. (2021)

Plusieurs méthodes de pondération et d'agrégation ont été explorées pour les différents sous-indices (ou « thématiques » ou « transverses ») (Bouland, 2018) (Figure 18). Une approche matricielle a été retenue pour croiser les thèmes d'une même composante, et les

composantes entre elles (Figure 19). Au sein des thèmes d'aléas et d'enjeux, la valeur maximale atteinte parmi les indicateurs est retenue ; pour la gestion, la moyenne. Le choix retenu par les chercheurs est une non-pondération, ou pondération égale. Les méthodes d'agrégation ont volontairement été gardées simples, en suivant les retours de gestionnaires (Le Berre *et al.*, 2022). Ainsi, ce n'est à proprement parler pas un seul indice global qui est proposé, mais de multiples indices transverses n'exploitant pas forcément les mêmes indicateurs.

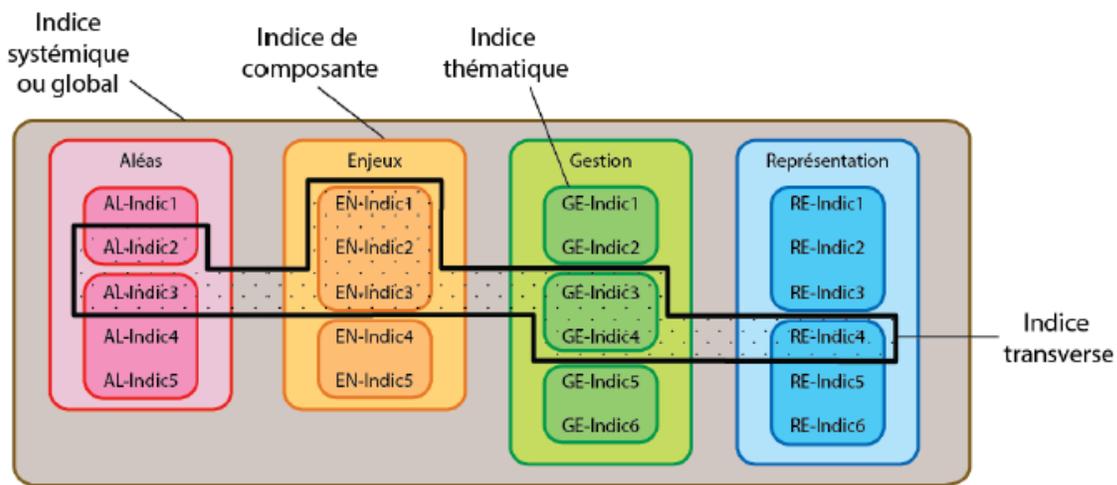


Figure 18 : Schéma des différentes options d'agrégation en sous-indices OSIRISC (Philippe *et al.* 2021)

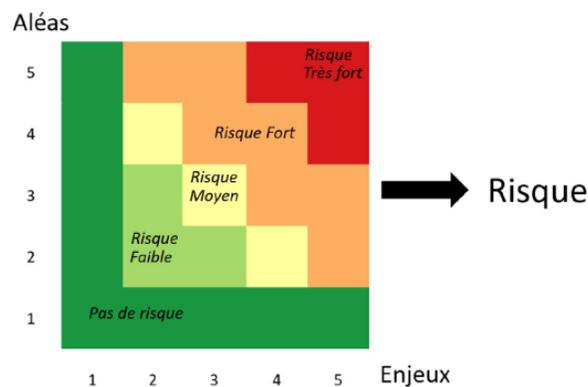


Figure 19 : Matrice d'agrégation pour l'indice de risque OSIRISC (Philippe *et al.*, 2021)

La diffusion de l'indice se fait sous forme d'application web-SIG, la plateforme OSI. Elle permet une visualisation spatio-temporelle des différents indicateurs et indices quand ces derniers sont renseignés (Figure 20). Pour les indicateurs de représentations sociales, des contextualisations sont proposées à la place, ainsi qu'un lien vers l'enquête permettant de les renseigner.

Conformément à la directive INSPIRE<sup>3</sup> de l'Union Européenne, l'ensemble des données sont mises à disposition du public sous réserve du secret statistique ou de la sensibilité des informations.

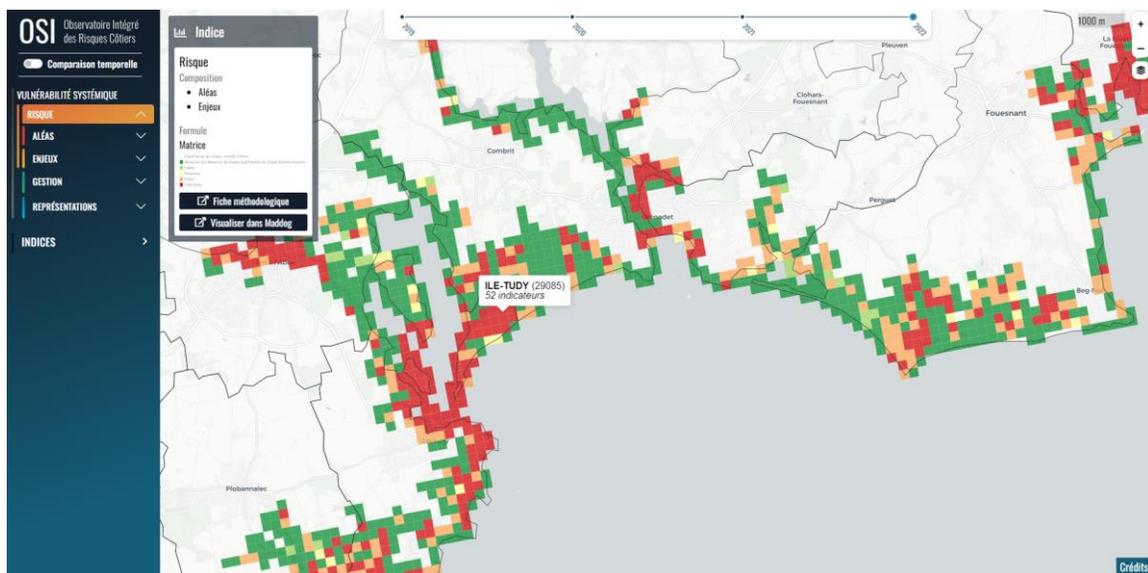


Figure 20 : Capture d'écran de la plateforme OSI

L'observatoire et sa plateforme sont en évolution afin de mieux répondre aux besoins des gestionnaires. La couverture est désormais disponible pour l'ensemble du littoral breton. Certains indicateurs d'enjeux ont vu leur résolution augmentée en maille de 50 mètres par 50. Il en est de même pour les aléas, avec en plus une intégration de la plateforme MADDOG, donnant accès aux données d'évolution géomorphologique du trait de côte sur les sites suivis par les différents partenaires Litto'Risques.

<sup>3</sup> Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe

## 2.5 COMPARAISON PRELIMINAIRE

La Matanie et le Pays Bigouden Sud connaissent tous deux une exposition significative aux aléas d'érosion et submersion. Ces derniers se manifestent cependant différemment, en lien avec la configuration topogéomorphologique héritée. En Matanie, l'érosion est la première préoccupation, lors de tempêtes ou de mouvements de terrain dans les falaises partiellement argileuses. La submersion est circonscrite à des zones basses de terrasses de plage. Dans le Pays Bigouden Sud, la submersion est l'aléa inquiétant le plus, en interrelation avec l'érosion : le franchissement ou la formation de brèches dans les cordons dunaires peuvent entraîner la submersion de zones basses poldérisées et urbanisées. Plus marquante encore est la différence d'échelle et de peuplement (Figure 21) : la superficie de la municipalité de Matane est équivalente à l'entièreté de la CC PBS. En découle une densité de population des plus contrastée, avec un rapport de 1 pour 12 en faveur du PBS quand seules les municipalités littorales -et les plus peuplées- de la Matanie sont comptabilisées. Enfin, les modes de gestions, s'appuyant sur une organisation et une législation différentes, sont clairement distincts (Guyon, 2021). Il en va de même pour les perceptions et/ou représentations sociales (Cloutier & Guillou, 2024), fruits de cultures par essence particulières, mais influencées par des phénomènes similaires comme l'haliotropisme (Corlay, 1995), l'effet *Not In My BackYard* (NIMBY) ou « pas dans mon jardin » (Bazart et al., 2023), etc.

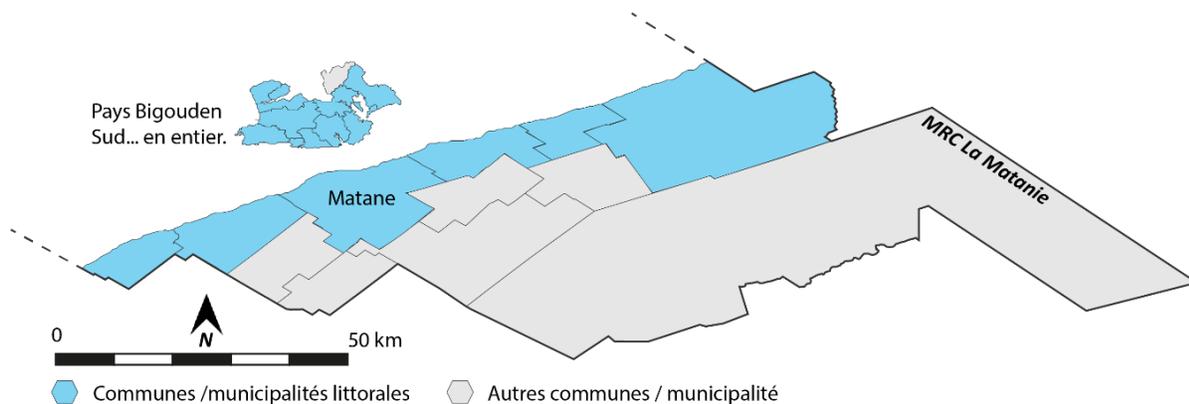


Figure 21: Schéma des différences d'échelle entre les deux territoires étudiés

La mise en parallèle des deux indices selon leurs spécificités méthodologiques met en évidence autant de particularismes que d’approches communes (Figure 22). Bien qu’organisées différemment, les quatre composantes de la vulnérabilité systémique se retrouvent dans le cadre conceptuel du projet Résilience Côtière. En découle une structuration de l’indice similaire. Les deux méthodes ont procédé à des étapes de validation, et employé une agrégation finale par matrice. Enfin, les résultats sont mis à disposition via des portails web-SIG, bien qu’ouverts à des publics différents.

 2016-2020 puis observatoire		 2017-2021
ObServatoire Intégré des Risques Côtiers d'érosion submersion	<b>Nom complet</b>	Projet Résilience côtière : développement d'outils d'adaptation à l'érosion côtière pour les municipalités du Québec maritime
Érosion et submersion	<b>Aléas étudiés</b>	Érosion
8 sites pilotes; déploiement progressif sur la Région Bretagne (France)	<b>Emprise spatiale</b>	8 sites témoins, vocation pour l'ensemble du Québec maritime
Maille de 50m x 50m /200m x 200m Commune	<b>Unité spatiale</b>	Secteurs de 500m de linéaire côtier, profondeur = exposition
Actuel	<b>Pas de temps</b>	2020 et 2070
4 composantes	<b>Cadre conceptuel</b>	2 (4) composantes
déductive - hiérarchique	<b>Structure de l'indice</b>	déductive - hiérarchique
58, simples	<b>Nb et type d'indicateurs</b>	22, majoritairement complexes
Égale	<b>Pondération</b>	Dires d'acteurs
Interne et Externe	<b>Validation</b>	Externe
(Additive)Matricielle	<b>Agrégation</b>	(Multiplicative)Matricielle
Web portail SIG : OSI	<b>Visualisation</b>	Web portail SIG : SIGEC
Grand public	<b>Diffusion</b>	Partenaires

Figure 22 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des deux indices

Les unités spatiales de base retenues pour les indices diffèrent cependant grandement, en lien avec la contrainte de la donnée disponible. Le projet Résilience Côtière présente l’originalité de transcrire directement l’aléa comme délimitation spatiale, contre des indicateurs dédiés pour OSIRISC. Le choix de la méthode de pondération diffère également d’autant qui si une pondération a été considérée en Bretagne par OSIRISC, elle a finalement été abandonnée (Bouland, 2018).

Dans le cadre du projet ARICO, un premier travail de croisement des indicateurs a été mené par Maden (2022). Son travail démontre l'existence de correspondances dans le choix des variables et indicateurs, malgré deux territoires et méthodes d'indices différents. Cependant, une part non négligeable d'indicateurs OSIRISC ne trouvent pas d'équivalence dans Résilience Côtière. Cela tient à la fois à l'important écart dans le nombre d'indicateurs, mais aussi à la couverture limitée des perceptions par l'indice québécois. La différence nette dans le nombre d'indicateurs est cependant à relativiser : la logique de construction de l'indice OSIRISC met l'emphasis sur des **indicateurs simples** (1 donnée = 1 indicateur), tandis que les indicateurs de l'indice ResCo sont pour la plupart **des indicateurs complexes** (voire des sous-indices) issu de l'agrégation de plusieurs données. Le volume d'informations synthétisée serait ainsi du même ordre de grandeur.

Le portrait contrasté entre différences et similarités entre les deux territoires et les indices leur étant consacrés soulève plusieurs questions dans l'optique d'améliorer l'existant :

- dans quelle mesure les deux indices sont-ils proches méthodologiquement au regard de la littérature globale ?
- Quels choix méthodologiques dans la construction d'indices sont les plus courants ? Sont-ils la meilleure option ?
- Que pensent les gestionnaires auxquels se destinent les indices ?

Dans la logique de la triangulation des méthodes, deux approches ont été retenues : la méta-analyse, croisée ensuite à des entretiens semi-dirigés.

## **CHAPITRE 3**

### **SÉLECTIONNER LES OPTIONS D'AMÉLIORATION DES INDICES : DU GLOBAL AU LOCAL**

Ce chapitre recouvre la première étape dans la triangulation des méthodes visant à dégager des pistes d'améliorations pour les indices OSIRISC et ResCo. La revue de littérature générale, extensivement analysée dans l'article ci-après, questionne la notion centrale de la pertinence des indices pour leurs potentiels utilisateurs finaux. Ce travail a également alimenté la construction, puis la passation en parallèle d'entretiens semi-dirigés avec un échantillon du public-cible des deux indices étudiés. Le regard croisé sur les résultats proposé en dernière partie allie le global au local, mais aussi le quantitatif au qualitatif, pour offrir un portrait riche et nuancé posant les fondations pour le reste du mémoire.

#### **3.1 ARTICLE : « LA PERTINENCE DES INDICES DE VULNÉRABILITÉ AUX ALÉAS NATURELS POUR LES GESTIONNAIRES : UNE APPROCHE MIXTE DE LA REVUE DE LITTÉRATURE »**

##### **3.1.1 Note de contexte**

Cet article a été soumis à la revue *Vertigo* en avril 2023 pour être accepté en décembre 2023. Sa publication en ligne dans le volume 23, numéro 3 date de mai 2024.

Les deux co-directeurs du présent mémoire sont associés à l'article. Leur contribution comprend les nombreux conseils offerts durant le processus de rédaction, ainsi que la relecture attentive avant la soumission initiale. L'ensemble des données traitées, figures, et des propos tenus sont le fait du candidat à la maîtrise.

La publication est l'aboutissement du travail de recherche initié dans le cadre du séminaire de lecture débuté à l'hiver 2022. La complexité de la question de recherche interrogeant l'utilisation des indices de vulnérabilité par les gestionnaires, ainsi que la notion

critique de la pertinence, ont motivé l'approche hybride retenue et son ampleur dépassant le cadre de l'exercice.

La version présentée ici est, en tout point, identique dans sa rédaction à celle disponible en ligne au DOI suivant : <https://doi.org/10.4000/11pd3>. Pour des raisons de lisibilité, les figures en noir et blanc de résolution 150 p.p.p. adjointes à la publication ont été ici remplacées par des versions couleurs en 300 p.p.p. La mise en forme, la numérotation des tableaux et figures ont été modifiées pour s'insérer dans la continuité du mémoire. La liste des références et les annexes ont été intégrées à celles du mémoire. Enfin, un errata en note de bas de page 106 reprécise un propos à la lumière d'une meilleure compréhension de la référence citée.

### **3.1.2 Introduction**

Les études de vulnérabilité se sont imposées depuis deux décennies dans la littérature sur les changements climatiques et les risques naturels (Beccari, 2016 ; Birkmann, 2007 ; Jurgilevich *et al.*, 2017). Le concept même de vulnérabilité est multiforme, recouvrant une grande diversité d'acceptions selon les disciplines (Tonmoy *et al.*, 2014), les paradigmes (Gallopín, 2006) et les contextes politiques (Nguyen *et al.*, 2016). Dans son article de référence *Vulnerability*, Adger (2006) la définit comme « un état de sensibilité à être impacté négativement via l'exposition à des stress, associés à des changements environnementaux et sociaux et en l'absence de capacités d'adaptations »<sup>4</sup> (Adger, 2006, p. 1) La vulnérabilité est donc considérée comme multidimensionnelle, touchant à la fois les sociétés (socio-systèmes) et leur environnement biophysique (écosystèmes) (Nguyen *et al.*, 2016). La pluralité conceptuelle (Adger, 2006) et l'interdisciplinarité (Meur-Ferec *et al.*, 2020) sont alors vues comme bénéfiques pour une approche globale du géosystème (Beroutchachvili et Bertrand, 1978). Malgré des divergences sur les sous-concepts et leurs articulations (Gallopín, 2006 ; Hinkel, 2011), certains caractères de la vulnérabilité semblent faire consensus. Il s'agit d'un

---

<sup>4</sup> : Traduction libre

phénomène dynamique, dépendant d'un temps, d'un espace et d'un contexte donné, et variant selon l'aléa et le prisme d'intérêt par lequel il est étudié (Füssel, 2007 ; Nguyen *et al.*, 2016 ; Pörtner *et al.*, 2022). La vulnérabilité n'est, par conséquent, pas directement mesurable, mais une variable latente (Rufat *et al.*, 2019 ; Spielman *et al.*, 2020). Ainsi, les tentatives de mettre en place une méthodologie commune par le Groupement international des experts sur le climat (GIEC) depuis 1991 exerce certes une influence certaine, sans prévenir une grande diversité de pratiques (Nguyen *et al.*, 2016 ; Pörtner *et al.*, 2022).

Il s'agit donc d'opérationnaliser la vulnérabilité au lieu de la mesurer (Hinkel, 2011), la diversité conceptuelle rendant complexe sa transcription en prises de décisions et politiques d'adaptations (Gargiulo *et al.*, 2020; Schaefer *et al.*, 2020) C'est pourtant l'intention affichée par une part significative des publications sur la vulnérabilité (Jurgilevitch *et al.*, 2017). À cette fin, les études prennent généralement la forme d'une approche quantitative en indices (Nguyen *et al.*, 2016). Pouvant s'assimiler à des modélisations sommaires (Tonmoy *et al.*, 2014), un indice regroupe des variables normalisées entre elles, alors considérées comme proxy des dimensions de la vulnérabilité étudiée : on parle alors d'indicateurs (Birkmann *et al.*, 2013). À l'instar du concept de vulnérabilité, les choix méthodologiques lors des étapes de réalisation des indices varient grandement (Tate, 2012).

Les avantages perçus de l'indice sont sa relative simplicité d'exécution, sa répliquabilité et son pouvoir de synthèse facilitant la communication auprès des décideurs (Ivčević *et al.*, 2019), notamment sous forme de cartes (Beccari, 2016 ; Preston *et al.*, 2011). À ce titre, la construction d'indices est plébiscitée par les instances supranationales (Anderson *et al.*, 2019; UNISDR, 2015). Plusieurs auteurs affirment ainsi une demande croissante de la part des décideurs pour des études de vulnérabilité des territoires face aux changements climatiques à l'échelle locale (Preston *et al.* 2011) ou de l'usage des indices en découlant (Wilson *et al.*, 2020). À cela s'opposent des critiques sur l'impact réel de ces études (Hinkel, 2011 ; Mustafa *et al.*, 2011) et de leurs cartes (Wolf *et al.*, 2015) dans les processus de prises de décisions, voire remettent en question leur pertinence scientifique (Hinkel, 2011). Un constat

récurrent est fait sur le faible nombre de publications s'intéressant à l'accueil et à l'usage effectif des indices de vulnérabilité (de Groot-Reichwein *et al.*, 2018 ; Fekete, 2012 ; Ford *et al.*, 2018 ; Rufat *et al.*, 2019).

La littérature scientifique souligne que l'utilisation des indices bénéficie de l'implication en amont des potentiels utilisateurs finaux (Fleming *et al.*, 2022 ; Ivčević *et al.*, 2019 ; Oulahen *et al.*, 2015). Ce terme englobant recouvre des acteurs des territoires aux différents échelons de prises de décision, des représentants d'institutions nationales et internationales, de services de secours, voire, plus rarement, du secteur privé. L'hétérogénéité des pratiques (Beccari, 2016) rend donc complexe le choix des dimensions de la vulnérabilité à étudier, et des méthodes à employer lors du développement d'un indice spécifiquement à l'intention d'un ou plusieurs groupes d'acteurs territoriaux. Cela interroge plus généralement les relations science-société (Vogel *et al.*, 2007) et ce qu'est une information pertinente pour la gestion (Cash *et al.*, 2003 ; McNie, 2007 ; Parris et Kates, 2003). La pertinence est comprise ici comme la production d'un savoir utile (Vogel *et al.*, 2007) aux utilisateurs finaux dans le cadre de leurs prérogatives. Ainsi, l'ambition de cet article est de tenter d'isoler, via un échantillon de littérature, des critères constants pouvant influencer sur la pertinence des indices auprès des utilisateurs finaux. Cet objectif se subdivise en deux questions de recherche centrées sur la notion d'utilisation :

- Quels critères conditionnent l'usage effectif des indices de vulnérabilité ?
- Quelles utilités les potentiels utilisateurs finaux prêtent-ils aux indices de vulnérabilité ?

Initialement, une troisième question de recherche a été formulée, portant sur la relation entre la persistance dans le temps d'indicateurs ou familles d'indicateurs et la pertinence des indices les utilisant. Cependant, le choix a été fait de se concentrer sur les deux premières questions, et cette dernière a été écartée.

### 3.1.3 Méthodes

#### 3.1.3.1 Constitution du corpus

Le choix de la méthode s'est, dans un premier temps, porté sur la revue systématique de littérature, particulièrement adaptée pour dégager des éléments de preuve à partir d'un large ensemble de publications internationales (Munn et al., 2018). En adoptant une stratégie de recherche robuste et transparente, la méthode vise à limiter les possibles biais d'interprétations tout en étant répliquable. À cette fin, une équation de recherche interrogeant titre, mots-clés et résumés a été développée sur les bases d'indexation anglophones *Scopus* et *Web of Science*. Les premières itérations ont mis en évidence une part importante d'articles présentant les mots-clés recherchés, le plus fréquemment situés en fin de résumés. Cependant, à la lecture complète, peu à pas d'éléments permettaient d'affirmer une éventuelle pertinence des méthodes auprès de potentiels utilisateurs finaux, à l'instar de l'observation de Preston *et al.* (2011).

Aucun des changements apportés dans les termes et la structure de l'équation (Figure 23) n'ont permis d'écarter ces publications, résultant en une très faible précision (17,4 %) des retours exploitables. La complexité d'intégrer à la fois les concepts connexes de la vulnérabilité, la grande diversité des aléas naturels retenus et la terminologie pour désigner les potentiels utilisateurs finaux sont autant de facteurs supplémentaires d'explication. Le petit nombre d'articles retenus a permis d'initier une seconde étape de recherche dite par rebonds via leurs références, mais également la fonctionnalité « cité par » proposée par les bases d'indexation. Un échantillon de littérature conséquent, dont des rapports de recherches pour la plupart non indexés, a ainsi été constitué. Cette approche plus large et itérative s'éloigne cependant d'une revue de littérature systémique et tend vers la revue exploratoire (ou scoping review en anglais) (Arksey & O'Malley, 2005). Les objectifs divergent entre ces méthodes ; plutôt que d'interroger le sens précis ou l'efficacité des pratiques, la revue exploratoire s'intéresse plus généralement aux caractéristiques et concepts (Munn *et al.*,

2018). La méthode est parfois une amorce pour une revue systématique si cette dernière apparaît faisable et appropriée.

Enfin, pour tenter de limiter le biais de la langue de publication, les bases francophones Érudit et H.A.L. ont été interrogées avec quelques mots-clés centraux. Lors de l'indexation ou à la lecture des résumés, les champs disciplinaires de l'ingénierie et des modélisations de données ont été d'office écartés, car considérés comme peu pertinents pour les questions de recherche. À l'inverse, des articles portant sur des indices de vulnérabilité écologique ont été conservés et traités à des fins comparatives.

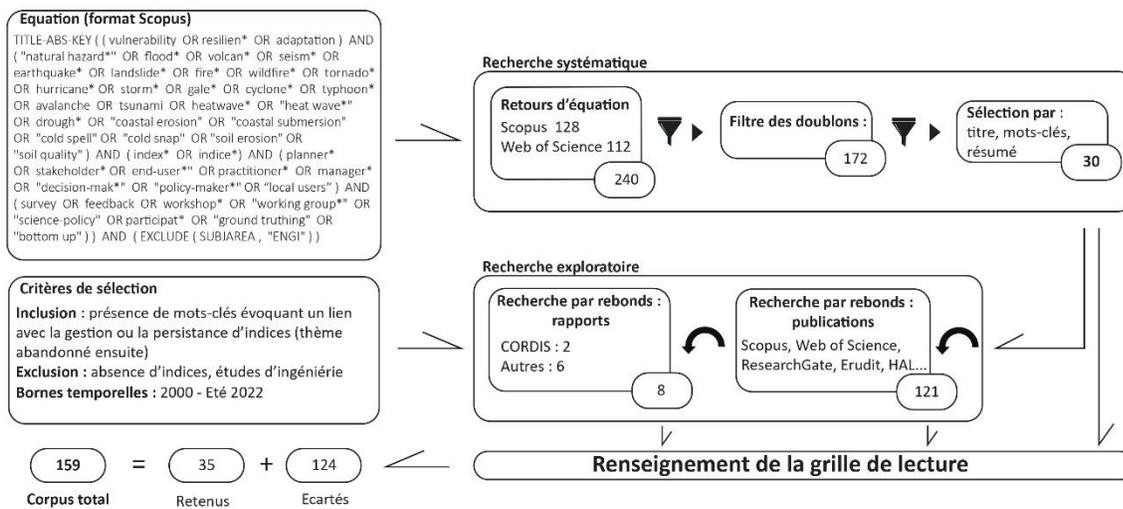


Figure 23 : Étapes de construction du corpus.

### 3.1.3.2 Construction de la grille de lecture

Les articles issus de l'équation de recherche ont permis d'émettre deux séries d'hypothèses quant aux critères influençant la pertinence d'un indice auprès de potentiels utilisateurs finaux. La première s'intéresse aux éléments méthodologiques de la construction de l'indice ; la seconde examine les interactions entre équipes de recherches et les acteurs des territoires. L'ensemble des hypothèses a été formulé autour du couple conceptuel de nécessité et contingence. La nécessité d'une propriété définit l'existence d'un objet ou phénomène, qui ne peut exister en tant que tel en son absence (Blay, 2006; Russ, 2011). La survenue ou non d'un phénomène n'étant que rarement imputable à une seule propriété ou

cause, cette dernière est dite nécessaire, mais pas suffisante (Verschueren et al., 2004). À l'inverse, la contingence désigne ce qui peut différer sans remettre en question l'existence de l'objet. Rapporté aux indices, il s'agit donc de déterminer s'il existe ou non des choix méthodologiques indispensables pour qu'ils soient jugés pertinents par les utilisateurs finaux. Il n'est pas exclu pour autant que des éléments contingents influent positivement sur la pertinence, sans la conditionner. Via les hypothèses, l'idéal est donc d'isoler des critères qui, lorsque tous sont satisfaits, expliquent la pertinence d'un indice auprès de son public cible.

Ainsi, suivant l'exemple de Wolf *et al.* (2015), les hypothèses ont guidé le renseignement d'une série de variables pour :

- 1- distinguer les publications pertinentes au sein d'un échantillon de la littérature ;
- 2 - tester statistiquement la répartition des modalités entre publications pertinentes et l'ensemble du corpus pour donner des éléments de réponse aux hypothèses.

Les variables d'intérêts sont regroupées en sections présentées en Tableau 2. Les informations bibliographiques génériques sont principalement à visée descriptive. Elles permettent cependant un premier rapprochement avec les corpus d'auteurs traitant de sujets analogues (Beccari, 2016 ; Lima et Bonetti, 2020 ; Tonmoy *et al.*, 2014).

Les dimensions spatiale et temporelle donnent lieu à une section distincte du fait de leur importance dans les études de vulnérabilité (Nguyen *et al.*, 2016). Si la localisation des équipes de recherche développant des indices ainsi que les sites d'applications sont des données importantes, il en va de même pour l'échelle géographique d'analyse. La variable dédiée s'intéresse de fait à l'échelon spatial de réflexion des auteurs plus que l'emprise spatiale du ou des sites d'étude. Cette approche motive la catégorisation d'un indice appliqué à un quartier de métropole comme étant d'échelle subnationale du fait du rôle structurant de la ville au-delà de ses limites administratives (d'Albergo & Lefèvre, 2018). La finesse ou résolution de l'analyse est largement contrainte par celle des données disponibles (Hinkel, 2011) de même que leur format, justifiant une variable spécifique. La dimension temporelle, renseignée par la variable démarche prospective, permet indirectement de renseigner la prise

en compte ou non des effets des changements climatiques. Elle ne permet cependant pas de distinguer une conception statique ou d'évolution dynamique de la vulnérabilité (Jurgilevich *et al.*, 2017).

La section dédiée au cadre de la recherche cherche à saisir les éléments motivant et influençant la réalisation des études. Le but de la recherche se réfère, en premier lieu, aux propos des auteurs, mais fait fréquemment l'objet d'un exercice de déduction indéniablement subjectif. Le contexte de la recherche se base essentiellement sur les informations présentes en fin d'article sur son financement et les remerciements. Le degré de subjectivité le plus limitant se retrouve dans la variable relevant le cadre conceptuel employé. La diversité des acceptions des différents concepts (et leurs sous-concepts) rend parfois la distinction arbitraire, et cela même lorsqu'une référence directe est faite au cinquième rapport du GIEC (Field *et al.*, 2014). Concernant les aléas, une limite peut être formulée sur la modalité multiples renseignée pour plus de deux phénomènes distincts. Cela confond les études considérant les impacts en parallèle de celles dites multirisques tentant d'intégrer leurs possibles interrelations (Komendantova *et al.*, 2014). En raison de l'usage du terme flooding (inondation en français) à la fois pour les inondations fluviales et la submersion, la distinction n'a pas été faite. La perte d'informations est également significative pour les variables relevant de l'environnement physique et l'importance de l'occupation humaine ; leur renseignement est tributaire de l'échelle spatiale. De plus, le choix a été fait de s'intéresser aux grands types de sites d'un point de vue topographique plus qu'hydrologique ; par exemple, les estuaires sont comptabilisés dans une acceptation large du domaine côtier. Contrairement à la préconisation de Nguyen *et al.* (2016) d'évaluer la valeur d'intérêt d'une étude de vulnérabilité, le choix a été fait de se limiter à la population étudiée. Le point central de l'étude est rarement explicité tel quel, ce qui aurait induit davantage de subjectivité.

La variable centrale dans la section dédiée à la construction de l'indice est la place accordée aux utilisateurs finaux dans la méthode. La nuance apportée à la terminologie de Beuret (2012) est l'ajout d'une modalité « échange ». Elle s'applique quand une méthode

intègre une rencontre avec des acteurs du territoire de type groupe de discussion pour les consulter sur un point méthodologique précis. Le postulat est que, indirectement, les discussions sont à même d'influencer les étapes suivantes de la méthode, sans que cela soit relevé ou même perçu. La co-construction est comprise ici au sens strict, le critère distinguant cette modalité de la participation étant l'implication des potentiels utilisateurs finaux dans l'élaboration du cadre conceptuel de l'indice. La structure de l'indice reprend la nomenclature de Tate (2012), tout en ajoutant une nuance sur l'impact de la participation des acteurs des territoires sur la sélection des indicateurs. Une approche mixte traduit ainsi une modification ou complémentarité à un travail en amont des chercheurs. Une approche ascendante (bottom-up en anglais) suit au plus proche les préférences des potentiels utilisateurs finaux.

La dernière section sur la finalisation et la diffusion de l'indice comprend la validation et le calcul des incertitudes, pointés comme cruciaux par un nombre significatif de publications (Fekete, 2019); Räsänen *et al.*, 2019 ; Rufat *et al.*, 2019 entre autres). La diversité des pratiques mises en œuvre en ce sens a été ramenée à une seule variable bimodale. Le média de diffusion examine le format par lequel les résultats de l'indice ont été communiqués aux potentiels utilisateurs finaux. Par exemple, une cartographie réalisée à l'aide de Systèmes d'Informations géographiques (SIG), mais seulement distribuée au format statique entre dans la modalité « cartes ». Lorsqu'il n'est pas fait état d'une communication autre que la publication, c'est le format y figurant qui est comptabilisé par défaut.

À l'issue de la lecture intégrale des publications, deux variables complémentaires ébauchent une première classification pour les analyses. Le premier niveau indique pour quels sous-axes de recherche initiaux le document présente un intérêt. Le second niveau permet de distinguer plus spécifiquement les méthodes d'indices pour lesquels un intérêt des publics cibles ou un usage sont attestés. La grille de lecture comprend enfin une contextualisation des éléments importants sur l'usage et/ou l'utilité, les sources, ainsi que des commentaires aidant à la compréhension des variables. L'usage recouvre les utilisations prouvées de l'indice par les utilisateurs finaux. L'utilité se réfère aux dires de potentiels

utilisateurs finaux retranscrits dans les publications, sans que puisse être fournis de preuve de l'utilisation effective.

*Tableau 2: Sections, variables (et modalités) de la grille de lecture*

Tableau 1. Sections, variables (et modalités) de la grille de lecture

<b>Informations bibliographiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Année de publication</li> <li>- Auteurs</li> <li>- Type de document (<i>article, review, chapitre de livre, communication de conférence, rapport</i>)</li> <li>- Périodique*</li> <li>- Nombre de citations Scopus*</li> </ul>	* ne s'applique que pour les articles et les reviews.
<b>Ancrage spatial et temporel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pays de l'institution d'attache du premier auteur</li> <li>- Pays d'application(s) de l'indice (entrées multiples)</li> <li>- Échelle de l'étude (<i>locale, sub-nationale, nationale, internationale, régionale, globale, multiscalaire</i>)</li> <li>- Unité d'analyse (entrée ouverte, incluant : <i>unité statistique de recensement, unité spatiale de type dalle de maillage, quartier, municipalité...</i>)</li> <li>- Dimension prospective (<i>oui/non</i>) prenant en compte l'utilisation de projections climatiques, la remontée du niveau marin, l'élaboration de scénarios</li> </ul>	
<b>Cadre de la recherche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- But de la recherche déduit du texte (<i>développement méthodologique -souvent assorti d'une étude de cas-, adaptation et/ bonification à un autre contexte, réflexions théorique, apports méthodologiques, développement d'un outil d'aide à la décision</i>)</li> <li>- Contexte de la recherche (<i>émane d'un projet de recherche plus important, en lien avec un programme de développement, un projet de thèse, suite à une commande d'institutions officielles</i>)</li> <li>- Cadre conceptuel (<i>vulnérabilité au sens du GIEC (2014), vulnérabilité sociale (Cutter et al., 2003), autres acceptions de la vulnérabilité, risque, résilience, capacités d'adaptation</i>)</li> <li>- Aléas naturels étudiés (double entrée. Au-delà, considérés comme multiples)</li> <li>- Environnement physique** (<i>côtier, insulaire, lacustre, montagnard ; les autres milieux portent la mention autre</i>)</li> <li>- Occupation humaine** (<i>urbaine, rurale, périurbaine</i>)</li> <li>- Population d'intérêt (entrée ouverte, comprenant : <i>ensemble de la population, groupe spécifique -exemple : aînés, bâti, secteur économique, faune et flore</i>)</li> </ul>	** ne s'appliquent qu'aux échelles pertinentes.

Tableau 2b : Suite et fin

<b>Construction de l'indice</b>	<p>- Contribution des utilisateurs finaux à la méthode (<i>Non, consultation, échanges, participation, co-construction</i>). Modalités dérivées de la terminologie de Beuret (2012)</p> <p>- Structure de l'indice (<i>déductive et/ou hiérarchique, inductive, hybride, ascendante, mixte</i>). Modalités dérivées de la classification de Tate (2012)</p> <p>- Nombre d'indicateurs. Dans le cas de structures hybrides ou strictement inductives, les variables sont comptabilisées.</p> <p>- Pondération des indicateurs ou des composantes de l'indice (<i>égale, aux dires d'experts, aux dires d'utilisateurs finaux, les deux précédents, par méthode statistique</i>). Une distinction supplémentaire est faite sur le recours aux méthodes d'analyses sur les dires d'experts ou d'utilisateurs finaux, telle une hiérarchisation multicritères.</p>
<b>Finalisation et diffusion de l'indice</b>	<p>- Agrégation (<i>additive, multiplicative, matricielle, cas spécifique, absence d'agrégation</i>)</p> <p>- Validation (<i>oui/non</i>). Englobe la "validation interne" référant entre autres à des tests de robustesse et de sensibilité, et la "validation externe" de l'indice par exemple via des données historiques d'une catastrophe, d'autres indices via des opérations de type corrélation spatiale (Tate, 2012)</p> <p>- Support de diffusion des résultats de l'indice (<i>tableaux, graphiques -distinction des graphiques radars-, cartes, web-portails SIG ou tableaux de bords.</i>)</p>
<b>Variables de classification</b>	<p>- <b>Niveau 1</b> : élément renseigné (double entrée ; <i>usage, utilité, persistance, document écarté</i>)</p> <p>- <b>Niveau 2</b> : apport du document (double entrée ; <i>méthode, preuve, x</i>) Ne s'applique qu'aux entrées usage et/utilité.</p>

### 3.1.3.3 Tests et analyses

La grille de lecture recense 159 publications répondant aux critères de sélection (figure 1), qu'elles soient issues de l'équation ou de la recherche par rebonds. Seules 35 d'entre elles présentent des éléments tangibles d'un usage ou d'une utilité des indices développés pour les potentiels utilisateurs finaux. Cinq publications (Cutter, 2016 ; Khan, 2012); Romero-Lankao et al., 2012; Roukounis & Tsihrintzis, 2022; Spielman *et al.*, 2020) comprises dans le corpus ont été repérées pour traiter de la persistance avant que cette piste de recherche soit écartée. Pour mettre en évidence des critères de pertinence, une première étape quantitative vise à observer les différences de répartitions au sein de chaque variable entre les méthodes retenues et écartées. Un second niveau de distinction se base sur le contenu des publications. Les preuves réfèrent à un usage et/ou utilités clairement explicités d'un indice, la méthode exprime les aspects techniques de l'indice. Cette séparation est importante, car si la majorité (n=19) des publications combine les deux éléments, ce n'est pas systématique. Certains écrits

livrent des éléments de preuves d'une méthode développée antérieurement n'étant pas forcément l'objet central de discussion. Il convient alors d'aller chercher les textes séminaux, qui peuvent ne comporter aucune preuve de l'intérêt suscité par leur utilisation. Dans le cas des revues de littérature, seul un des indices abordés peut être d'intérêt, tandis que deux publications peuvent discuter de la même méthode.

Afin de s'assurer de la robustesse des observations, une série de tests d'indépendance établie si les différences observées sur l'échantillon sont significatives, ou bien relèvent du hasard statistique. Pour cela, un troisième niveau de classification strictement focalisé sur les méthodes d'indice est nécessaire, afin d'éviter des doubles comptages. 25 méthodes ont alors été analysées (Annexe I). Les nuances de ce classement en trois niveaux s'avèrent importantes à prendre en compte dans la perspective d'effectuer des tests dans lesquels le moindre individu mal renseigné peut influencer les résultats.

Les variables qualitatives ont ainsi été soumises à des tests différents selon le respect des conditions d'application (*Tableau 3*). Les variables bimodales ont fait l'objet de  $\text{Khi}^2$  de Pearson<sup>5</sup> après vérification des effectifs théoriques minimaux (égaux ou supérieurs à 5), incluant la correction de Yates<sup>6</sup> en raison de la taille réduite de l'échantillon. Le test d'exactitude de Fischer-Freeman-Halton<sup>7</sup> permet alors de traiter les variables multimodales comprenant des effectifs théoriques plus réduits (Freeman & Halton, 1951). Le nombre d'indicateurs se présente comme une variable quantitative discrète, dont la distribution est possiblement influencée par d'autres variables qualitatives. La condition de normalité de

---

<sup>5</sup> Plus précisément le  $\text{Khi}^2$  d'indépendance, le but du test est de vérifier l'existence d'une dépendance -ou non- entre deux caractères de notre effectif.

<sup>6</sup> Cette correction modifie la formule du  $\text{khi}^2$  pour tenir compte des situations où les effectifs théoriques minimaux sont inférieurs à 5.

<sup>7</sup> Généralement simplement désigné comme test de Fischer, ce test non-paramétrique reprend la logique du  $\text{khi}^2$ , tout en s'étendant à plus de deux variables.

l'échantillon n'étant pas respectée (p-value de  $3,74 \times 10^{-9}$  au test de Lillifors<sup>8</sup>), le test de Kruskal-Wallis<sup>9</sup> a été appliqué en substitution de l'analyse de la variance (ANOVA en anglais) à un facteur.

La multiplication de tests sur un même jeu de données mène à une augmentation du risque d'erreur de première espèce, soit de considérer comme significatifs des résultats ne l'étant pas en réalité. Une correction, dite de Bonferroni, suggérant d'abaisser la p-value (0,05 par convention) servant de seuil au rejet de l'hypothèse nulle, est une des solutions proposées pour réduire ce risque. L'absence de consensus dans la littérature et les critiques sur l'augmentation importante de l'erreur de seconde espèce ont motivé l'absence de correction pour nos tests, demeurant simples et considérés individuellement (Armstrong, 2014; Jouan-Flahault et al., 2004).

Cette approche quantitative s'inspire de la méthode de méta-analyse pouvant faire suite aux revues de littérature systémiques ((Uman, 2011)). Cependant, la nature exploratoire du corpus limite la portée des tests effectués, rendant la nécessaire analyse qualitative des textes d'autant plus importante

---

<sup>8</sup> Ce test permet plus précisément d'évaluer si l'échantillon provient d'une distribution continue, lorsque les paramètres de répartition ne sont pas connus.

<sup>9</sup> Ce test non-paramétrique suit une logique similaire à l'analyse de variance : il permet d'évaluer si les échantillons (supérieurs à 2) proviennent d'une même population ou d'au moins une population différente.

### 3.1.4 Résultats

Tableau 3 : Résultats des tests d'indépendances entre les méthodes pertinentes et l'ensemble du corpus

Variable d'entrée	Population	n corpus	n méthodes	$\chi^2$	ddl	p-value	Interprétation	Test utilisé
Échelle	Indices	148	25	-	4	0,8507	Non significatif	Exactitude de Fisher
Unité d'analyse	Indices	141	25	-	9	0,2051	Non significatif	Exactitude de Fisher
Dim. prospective	Indices	146	25	8,356	1	0,0038	Significatif	Khi <sup>2</sup> de Pearson
But de recherche	Publications	159	25	-	4	0,0243	Significatif	Exactitude de Fisher
Contexte de r.	Publications	159	25	-	4	0,0514*	Non significatif	Exactitude de Fisher
Cadre conceptuel	Indices	152	25	-	6	0,4210	Non significatif	Exactitude de Fisher
Aléas (agrégés)	Indices	183	33	-	10	0,2927	Non significatif	Exactitude de Fisher
Environnement	Indices	104	16	-	4	0,3429	Non significatif	Exactitude de Fisher
Occupation humaine	Indices	86	16	5,103	1	0,0239	Significatif	Khi <sup>2</sup> de Pearson
Population d'intérêt	Indices	145	25	0,567	1	0,4514	Non significatif	Khi <sup>2</sup> de Pearson
Implication des U.F.	Indices	143	25	-	4	< 0,001	Significatif	Exactitude de Fisher
Structure d'indice	Indices	140	25	-	3	0,0039	Significatif	Exactitude de Fisher
Pondération	Indices	132	23	-	6	0,6107	Non significatif	Exactitude de Fisher
Agrégation	Indices	137	23	-	5	0,6243	Non significatif	Exactitude de Fisher
Validation	Indices	140	25	< 0,001	1	0,987	Non significatif	Khi <sup>2</sup> de Pearson
Support de diffusion	Indices	145	25	-	3	0,0027**	Significatif	Exactitude de Fisher

\*exclusion d'une occurrence unique, autrement 0,0792 ; \*\*exclusion de deux occurrences uniques

#### 3.1.4.1 Informations bibliométriques

Au regard des critères de sélection, le nombre de publications dans le corpus attestant effectivement d'un degré de pertinence d'indices auprès de leurs publics cibles est minoritaire, soit 22,0 %. La répartition du nombre de publications par années (entre 2005 et 2022) (Figure 24) suit une tendance croissante avec le temps, cohérent avec les échantillons des revues de littérature sur des sujets proches (Beccari, 2016 ; Jurgilevich *et al.*, 2017 ; Lima et Bonetti, 2020). Le maxima en 2015 se retrouve également dans la revue de Lima & Bonetti (2020) s'intéressant aux études de vulnérabilité sociale des zones côtières face aux changements climatiques. Une hypothèse probable est l'impact sur ce domaine de recherche du quatrième rapport du GIEC sur la vulnérabilité (Field *et al.*, 2014). Cependant, par lecture graphique, aucun lien ne semble exister entre l'année des publications et la pertinence relevée des méthodes d'indices développées. La typologie des documents pointe la nette sous-représentation des rapports, indiquant une possible limite alors que, proportionnellement, ce type de publication est plus important parmi celles retenues comme pertinentes. Un examen de la liste des auteurs montre une très grande hétérogénéité (n=704), avec 81,2 % des noms n'apparaissant qu'une fois dans le corpus contre 90,2 % pour les publications retenues

(n=194). Des auteurs reconnus comme S. Cutter ou A. Fekete ressortent, mais sont devancés par le scandinave T. Opach.

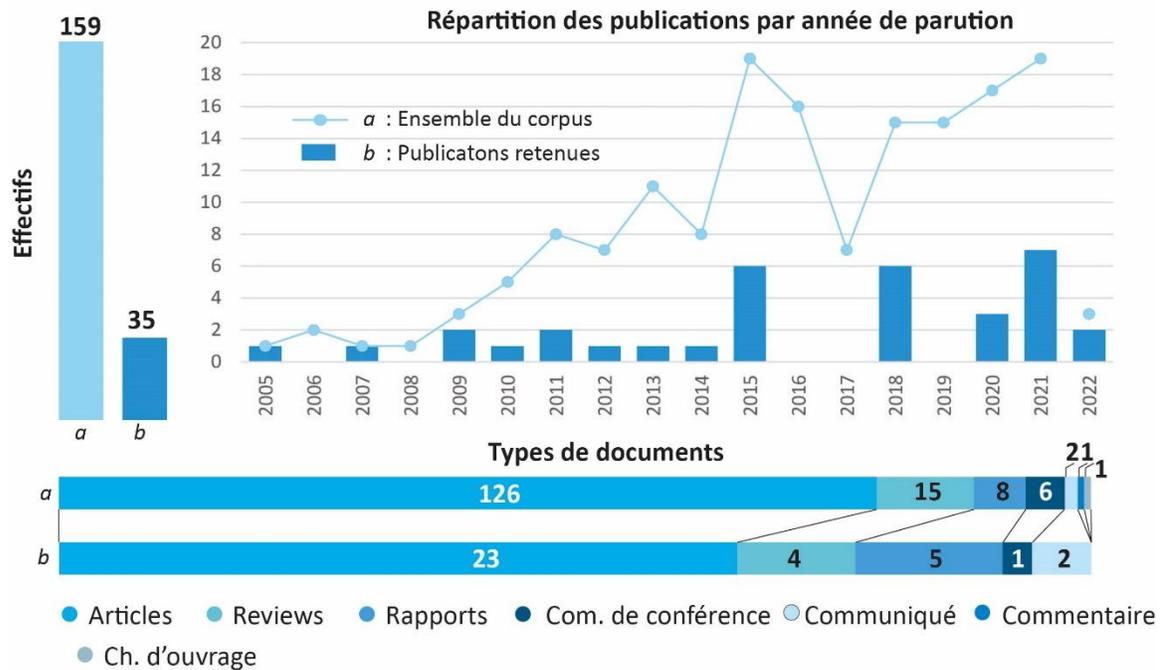


Figure 24: Effectifs, type et répartition temporelle des publications du corpus

Les périodiques sources (Annexe II) montrent la prédominance de Natural Hazards et International Journal of Disaster Risk Reduction dans le corpus, ainsi que la relative importance des périodiques représentés par une unique publication (27,8 %). Les sources des publications retenues comme pertinentes sont proportionnellement plus hétérogènes, les occurrences uniques représentant 55,2 %. Ecological Indicators, Sustainability et Mitigation and adaptation strategies for global change ressortent alors comme les sources les plus importantes. Le constat est que les scores d'impacts des périodiques ne semblent pas, a priori, influencer la pertinence des publications dans le corpus pour les questions de recherche.

### 3.1.4.2 Dimension spatiale et temporelle

La carte des institutions d'attache des premiers auteurs des publications du corpus (Figure 25) fait ressortir le leadership des États-Unis (n=23), une tendance se retrouvant dans toutes les revues de littératures connexes. L'Union européenne pré-Brexit représente un second pôle d'importance avec la prédominance de l'Italie (n=19), l'Allemagne (n=15), et du Royaume-Uni (n=11). L'Australie occupe également une place importante (n=14). Un pôle secondaire apparaît en Asie sans qu'un pays ne se démarque nettement. L'Afrique et l'Amérique du Sud se voient marginalisées (n=3), tandis que le Moyen-Orient n'a aucune représentation dans le corpus. L'importance des États-Unis est cependant grandement réduite (n=5) quand sont seulement considérées les publications présentant une méthode retenue comme pertinente. L'Allemagne et l'Australie restent bien représentées (n=4), tandis qu'aucune des publications d'auteurs rattachés à des institutions italiennes ou françaises ne figure malgré leur présence significative dans le corpus. Plus généralement, un clivage nord/sud semble exister en Europe, les états scandinaves étant représentés malgré un nombre réduit de publications.

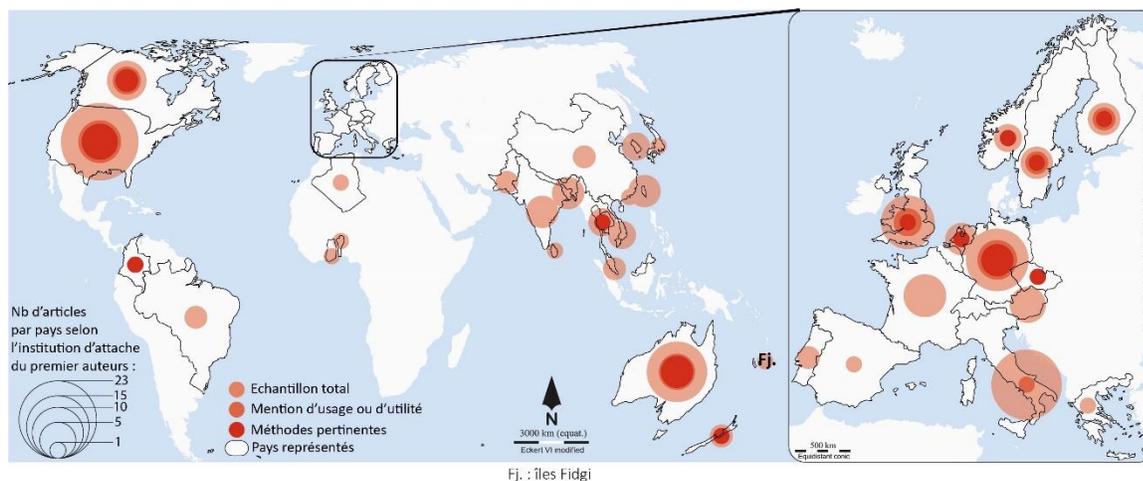


Figure 25 : Carte des pays de localisation des institutions d'attache des premiers auteurs

Ces observations sont, dans l'ensemble, transférables à la carte des pays d'application des indices présentés par les publications du corpus (Figure 26) avec cependant quelques

nuances. La sous-représentation de l’Afrique, mais surtout de l’Amérique du Sud apparaît moins marquée, tandis que se renforce le pôle asiatique où se distingue le Bangladesh (n=8).

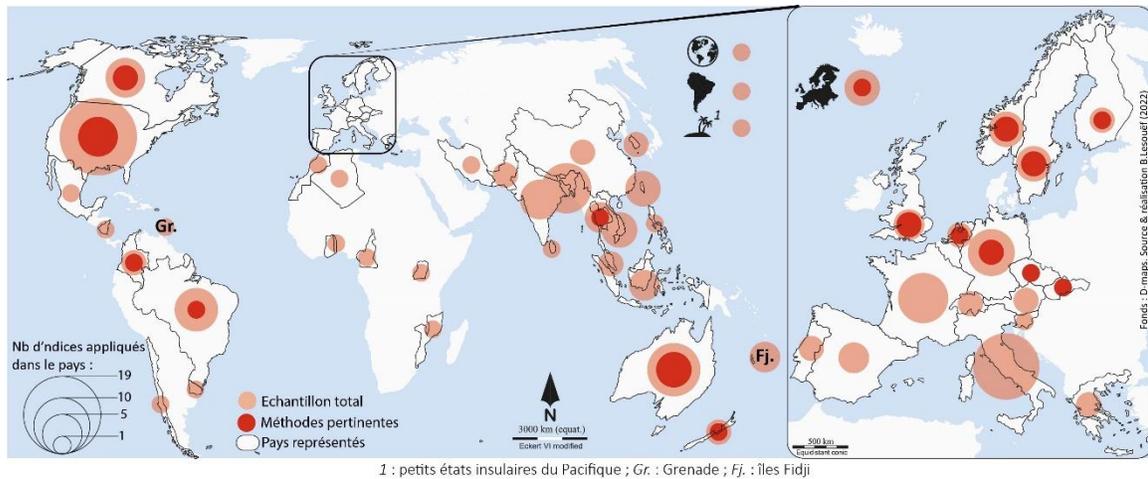


Figure 26 : Carte des pays d’application des indices présentés dans le corpus

Le croisement des deux cartes permet de dresser une typologie sommaire entre :

- Les pays où la recherche produite concerne majoritairement le territoire national, à savoir les États-Unis (19 publications sur 23), la France (7/8), le Canada (5/6), l’Inde (4/5), Taïwan (4/4) et la Suède (4/4) ;
- Les pays émetteurs de recherches sur les indices appliqués hors de leur territoire national, à savoir l’Italie (5 publications hors territoire sur 19), l’Allemagne (8/15), l’Australie (5/14), mais surtout le Royaume-Uni (8/11) ;
- Les pays récepteurs de recherches sur les indices dirigées depuis l’extérieur de leur territoire, à savoir le Bangladesh (4 publications exogènes sur 8), le Brésil (4/6), l’Indonésie (3/3) et la Suisse (2/2).

Ces résultats sont cohérents avec les observations de Lima et Bonetti (2020). La place de l’Australie et du Royaume-Uni parmi les pays émetteurs a peut-être un lien avec les partenariats internationaux du Commonwealth, tandis qu’une part des recherches pilotées depuis l’Allemagne et l’Italie se rattachent à des projets régionaux sous l’égide de l’Union européenne.

Quand seules les publications retenues comme pertinentes sont considérées, on constate un fort ancrage national : 23 méthodes sur 25 ont une application dans le pays de l'université d'attache du premier auteur.

La question de l'échelle d'application des études de vulnérabilité est soulignée comme importante (Nguyen *et al.*, 2016), avec l'échelle locale perçue comme plus pertinente pour les utilisateurs finaux (Lima et Bonetti, 2020). Contrairement à l'observation de ces derniers auteurs pour la vulnérabilité sociale, c'est l'échelle subnationale qui prévaut dans notre corpus (Annexe III), à l'instar de l'échantillon de Beccari (2016). L'une des explications possibles est la distinction typologique faite pour les métropoles.

Le test d'indépendance ne permet pas d'établir de lien entre l'échelle et la pertinence relevée pour les potentiels utilisateurs finaux des indices. Au regard des hypothèses, il apparaît donc que ce critère est purement contingent. Le même constat s'applique pour l'unité d'analyse utilisée à la construction des indices ; aucune modalité ne se distingue, réaffirmant une diversité des pratiques même à échelle similaire. Cependant, la perte d'information induite par des regroupements nécessaires au test, ainsi que la diversité des terminologies selon les pays incitent à la prudence.

La dimension prospective semble a priori jouer sur la pertinence des méthodes d'indices, avec une surreprésentation significative des études l'intégrant. La prise en compte de modélisations climatiques et des impacts des changements climatiques sur le niveau marin ont été les principaux guides pour renseigner cette variable. Sans que cela ne relève de la nécessité, il est donc possible que cela influe positivement sur la pertinence auprès des potentiels utilisateurs finaux.

#### 3.1.4.3 Cadre de la recherche

Le but de la recherche explicité, ou déduit dans le cas contraire, exerce a priori une influence sur la pertinence des méthodes d'indices auprès des potentiels utilisateurs finaux (Annexe IV). Le développement d'outils d'aide à la décision comme objectif est, sans

surprise, surreprésentée, sans être systématiquement pertinent : seules 6 des 17 publications ainsi catégorisées ont été retenues. Le développement d'une nouvelle méthode d'indice est également surreprésenté, tandis que l'adaptation d'une méthode antérieure est sous-représentée. Les considérations techniques et théoriques sont logiquement absentes, car n'étant pas à destination des utilisateurs finaux. Ni la distribution observée pour le contexte de la recherche ni son cadre conceptuel ne mettent en évidence des liens significatifs avec la pertinence, ce qui rend ces aspects a priori contingents. Cela peut en partie être lié à l'inégale répartition de l'échantillon. En effet, plus de la moitié des publications ne donne pas d'éléments pour contextualiser la motivation de la recherche menée, tandis que les différentes acceptations de la vulnérabilité comptent pour 77,6 % de l'effectif exploitable.

Parmi les aléas étudiés, l'inondation (ou submersion) est le plus représentée. Cela est à mettre en relation avec l'importance de la modalité « côtier » en variable environnement, où les sites sont principalement concernés par la submersion, mais aussi l'érosion. Les canicules sont le second aléa en termes d'effectif, mais leur importance relative parmi les méthodes retenues comme pertinentes n'est pas significative. Si le milieu physique ne montre pas non plus de lien significatif avec la pertinence dans l'échantillon, l'occupation humaine du territoire est a priori significative. Les indices appliqués à des structures urbaines sont ainsi surreprésentés parmi l'effectif exploitable, et de manière encore plus marquée parmi ceux jugés pertinents. Enfin, l'accent des indices sur tout ou partie de la population des territoires étudiés, ou encore une thématique précise telle la conservation des milieux ne semble pas influencer nécessairement la pertinence auprès des publics cibles. Ainsi, aucun des éléments testés parmi le cadre de recherche ne démontre une nécessité, et n'est par conséquent contingent. Le but de la recherche et le degré d'occupation du territoire étudié jouent cependant un rôle facilitateur.

#### 3.1.4.4 Construction de l'indice

La variable de contribution des utilisateurs finaux présente un lien significatif avec la pertinence des méthodes d'indices auprès de ces derniers (Annexe V). Cependant, un tiers de

l'effectif exploitable du corpus ne fait état d'aucune mise à contribution ou même contact avec ces derniers. Cela reste moindre que dans les échantillons de littérature examinés par Ivčević *et al.* (2019) et Preston *et al.* (2011) ; 79,2 % et 60 %, respectivement. Pourtant, et bien que sous-représentés, des indices développés sans lien avec leurs potentiels utilisateurs finaux sont considérés comme pertinents (n=5). À l'inverse, la participation et la co-construction au sens de Beuret (2012) sont surreprésentées, et semblent donc être des éléments contingents, mais favorables à la pertinence. La structure de l'indice au sens de Tate (2012) a, a priori, également une influence partielle sur la pertinence. Cependant, la surreprésentation nette de la modalité mixte laisse présager une forte corrélation avec la variable précédente. Une structure mixte est ici comprise comme le croisement d'une approche descendante (top-down en anglais), généralement déductive/hiéarchique, avec une approche ascendante (bottom-up en anglais) centrée sur les potentiels utilisateurs finaux. Paradoxalement, une structure purement ascendante se voit sous-représentée, tandis que la structure descendante déductive et/ou hiéarchique reste une modalité importante parmi les méthodes retenues. La nomenclature employée s'inspire de celle de Beccari (2016), pour des résultats convergents.

La méthode de pondération des différents indicateurs ou groupes d'indicateurs ne présente pas de lien significatif avec les méthodes retenues comme pertinentes. L'absence de pondération induisant une importance égale des indicateurs est la modalité majoritaire, en cohérence avec les observations d'autres auteurs (Beccari, 2016 ; Nguyen *et al.*, 2016 ; Tonmoy *et al.*, 2014).

Le nombre d'indicateurs relevé est des plus variables, compris entre 5 et 69 (Figure 27). Le mode se situe entre 10 et 15 indicateurs, bien inférieur à celui de Beccari (2016) compris entre 25 et 30. Aucun des tests de Kruskal-Wallis conduits n'est significatif (Annexe VI). Il semble donc ne pas y avoir de lien entre la pertinence d'un indice auprès des utilisateurs finaux et le nombre d'indicateurs le composant, rendant ce critère parfaitement contingent.

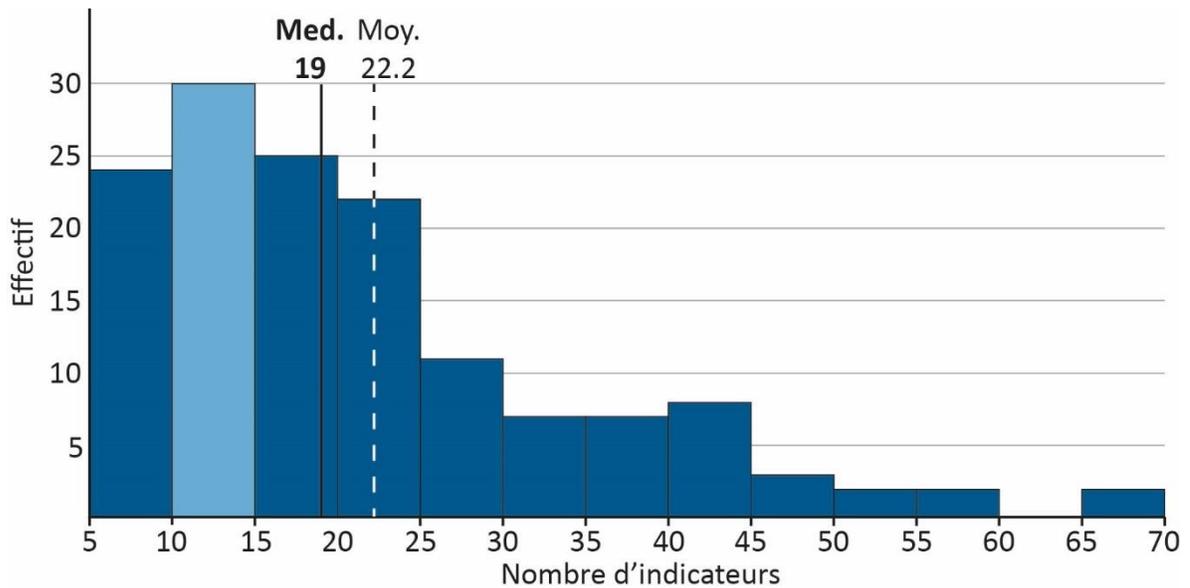


Figure 27 : Distribution des indices présentés dans le corpus selon leur nombre d'indicateurs

#### 3.1.4.5 Finalisation et diffusion des indices

La méthode d'agrégation des indicateurs et composantes en indices ne semble pas avoir de lien avec la pertinence auprès des utilisateurs finaux (Annexe VII). L'agrégation additive (par exemple par somme) est la plus représentée au sein du corpus, suivie de l'agrégation multiplicative (par produit), en cohérence avec les observations de Tate (2012) et Tonmoy *et al.* (2014). D'autres méthodes plus spécifiques existent à la marge, pouvant aller de l'emploi de méthodes statistiques complexes à, plus simplement, l'organisation des composantes en matrice. Les limites inhérentes à l'agrégation relevées dans la littérature (Fekete, 2012) et, plus généralement, à la construction d'un indice, poussent certains auteurs à proposer une liste d'indicateurs non-agrégés (Mason *et al.*, 2021). Plus rares encore, des méthodes comparent deux types d'agrégations pour tester la robustesse des résultats.

Malgré la haute importance de la validation des indices formulée par plusieurs publications (Rufat *et al.*, 2019 ; Tate, 2012), cette étape semble parfaitement contingente à la pertinence des indices auprès des utilisateurs finaux. Plus d'un tiers du corpus étudié présente au moins un de ces aspects, ce qui est plus que les 18,86 % observés par Beccari (2016). La validation semble donc encore une pratique minoritaire (Beccari, 2016 ; Ivčević *et*

*al.*, 2019 ; Rufat *et al.*, 2019) avec cependant un écart moins prononcé dans notre corpus. Cela s'explique partiellement par les différences dans le renseignement des modalités selon les auteurs. Par exemple, Beccari (2016) ne s'intéresse qu'aux analyses d'incertitudes et de sensibilité.

Le support de diffusion de l'indice semble avoir un lien significatif avec la pertinence de la méthode d'indices auprès des utilisateurs finaux. La représentation cartographique, qu'elle soit statique ou via des portails interactifs de type web-SIG, est le support privilégié faisant l'objet de nombreuses recherches (Räsänen *et al.*, 2019). Parmi les méthodes pertinentes, la diffusion sous forme de graphiques concerne seulement un individu, le Risk Management Index (RMI) de Cardona *et al.*, (2005). Même s'il a été développé conjointement avec des indices de vulnérabilité sans qu'une preuve de leur usage soit attestée, le RMI ne s'intéresse pas directement à un aléa naturel et, par conséquent, est à considérer à part. Il semble donc que l'emploi d'une méthode cartographique est un élément nécessaire à la pertinence auprès des utilisateurs finaux. La nette surreprésentation des portails web interactifs ne se retrouve pas dans le corpus de Beccari (2016), dans lequel cette modalité est très minoritaire. Un facteur temporel peut être un élément d'explication : 50 % des publications attestant d'une application internet sont contemporaines ou postérieures à 2016.

#### 3.1.4.6 Vers une typologie des usages et utilités

Les 25 méthodes retenues comme attestant d'un usage et/ ou d'une utilité auprès des utilisateurs finaux présentent des finalités perçues ou réelles diversifiées. L'usage recouvre des preuves d'utilisation effective, l'utilité l'intérêt déclaré et les utilisations potentielles selon les acteurs des territoires. Si les indices sont souvent présentés comme des outils d'aide à la décision (Ivčević *et al.*, 2019), se pose la question suivante : y a-t-il de bons usages pour les indices de vulnérabilité aux aléas naturels ? Si le GIEC définit ce qu'est une bonne prise de décision (Jones *et al.*, 2014), le rôle des indices en la matière reste non précisé. D'un point de vue de la pertinence scientifique, la critique d'Hinkel (2011) sur les indices relatifs aux

changements climatiques exerce une influence certaine sur le sujet. L'auteur classe les différentes finalités prêtes par la littérature aux indices en six catégories :

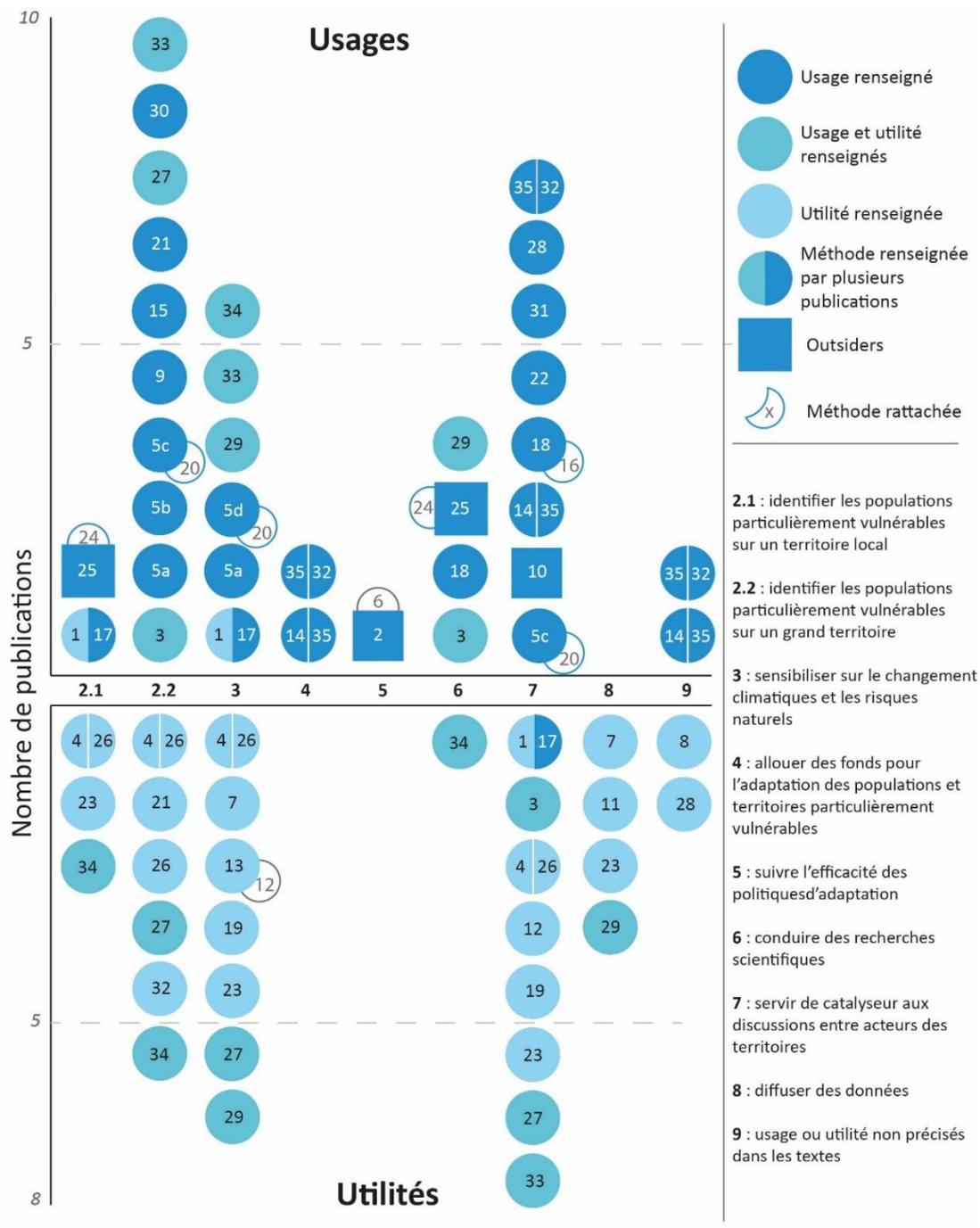
- 1 : identifier des cibles de mitigation,
- 2 : identifier des populations particulièrement vulnérables sur des secteurs ou régions,
- 3 : sensibiliser sur le changement climatique,
- 4 : allouer des fonds pour l'adaptation de populations, secteurs ou régions particulièrement vulnérables,
- 5 : suivre l'efficacité des politiques d'adaptations,
- 6 : conduire des recherches scientifiques,
- 7 : servir de catalyseur aux discussions entre acteurs des territoires,
- 8 : diffuser des données,
- 9 : usage ou utilité non précisés dans les textes.

Selon Hinkel (2011), développer une méthode d'indices n'est approprié que pour identifier des populations et secteurs vulnérables, à condition de l'appliquer à une échelle locale. Cette position stricte est tantôt suivie (Wolf *et al.*, 2015), tantôt critiquée directement (Carter *et al.*, 2014). Pour structurer les retours des potentiels utilisateurs finaux sur les méthodes du corpus retenues comme pertinentes, la typologie a été reprise et adaptée (*Figure 28*). Dans cette analyse, la première catégorie (1) est conservée, tout comme les catégories 3 à 6. La deuxième catégorie (2) visant à identifier des populations particulièrement vulnérables est subdivisée pour tenir compte de la question de l'échelle locale ou d'une plus grande emprise en se basant sur la variable « unité d'analyse ». La catégorie 2.1 adresse alors l'identification de la population sur une petite emprise spatiale (quartier, municipalité...), tandis que la catégorie 2.2 renvoie à l'identification de la population sur une grande emprise spatiale (région administrative, pays...). Des occurrences relevées dans les publications font état de finalités ne correspondant pas à la classification originale, motivant la création de nouvelles catégories, les catégories 7 à 9 ajoutées à la précédente énumération.

La catégorie « outsider » regroupe trois méthodes d'indices ne traitant pas directement des aléas naturels, mais que la proximité méthodologique rend intéressantes à considérer. Elle regroupe le RMI de Cardona *et al.* (2005), l'indice de vulnérabilité agricole de Nelson *et al.* (2005) et l'indice écologique de Delaney *et al.*, (2021). Il s'agit de la seule méthode retenue parmi les sept publications se rattachant à la vulnérabilité d'écosystèmes, laissant penser à un passage de la recherche vers l'usage est aussi loin d'être évident dans cette discipline.

Les tendances observables sont relativement analogues entre l'usage et l'utilité déclarés par les potentiels utilisateurs finaux. En adéquation avec la position d'Hinkel (2011), la catégorie 2.2 relative à l'identification de population et espace à grande échelle (par exemple, les petites emprises spatiales) est fortement représentée avec 55 % des méthodes. Par contraste, la catégorie 2.1 relative aux échelles plus petites ne compte que 18 % des méthodes. Les indices en tant que catalyseurs des discussions (catégorie 7) comprennent 59 % de l'effectif, avec une part plus importante parmi les utilités perçues. Cependant, des auteurs comme Bixler *et al.* (2021) ou El-Zein *et al.* (2021) relativisent les propos recueillis, pointant que seul le temps peut démontrer l'utilisation effective des indices telle qu'énoncée par les acteurs des territoires. En d'autres termes, il peut, dans certains cas, s'agir de réponses polies, sans réelle volonté d'employer la méthode d'indices développée. La troisième catégorie importante, avec 48 % des méthodes, est l'indice utilisé comme outil de communication ou sensibilisation en général (catégorie 3), et pas seulement sur les changements climatiques. Là encore, les utilités déclarées sont plus importantes que des usages relevés. Enfin, l'absence de la première catégorie s'explique par l'orientation du corpus étudié, dans lequel les indices sur l'adaptation sont minoritaires.

L'allocation de fonds (catégorie 4) n'est directement explicitée que pour deux indices appliqués aux États-Unis, le SoVI et SVI pour *Social Vulnerability Index*. La conduite de recherches scientifiques supplémentaires (catégorie 6) ne représente que 18 % des méthodes, comptant majoritairement des usages avérés. À l'inverse, les quatre indices classés dans la diffusion de données (catégorie 8) relèvent d'une utilité perçue.



1 : Barette et al. (2018) ; 2 : Birkmann (2007) ; 3 : Bixler et al. (2021) ; 4 : Bohmann et al. (2015) ; 5a,b,c,d : Breil et al. (2018) ; 6 : Cardona et al. (2005) ; 7 : Carter et al. (2014) ; 8 : de Brito et al. (2018) ; 9 : de Groot-Reichwein et al. (2018) ; 10 : Delaney et al. (2021) ; 11 : El-Zein et al. (2021) ; 12 : Fekete (2009) ; 13 : Fekete (2012) ; 14 : Flanagan et al. (2018) ; 15 : Fleming et al. (2022) ; 16 : Grieving et al. (2011) ; 17 : Jacob et al. (2022) ; 18 : Juhola et Kruze (2015) ; 19 : Kazmierczak et al. (2015) ; 20 : Lindsey et al. (2011) ; 21 : Lorencová et al. (2018) ; 22 : Markphol et al. (2021) ; 23 : Mason et al. (2021) ; 24 : Nelson et al. (2005) ; 25 : Nelson et al. (2010) ; 26 : Opach et Rod (2013) ; 27 : Opach et al. (2020) ; 28 : Oulahen et al. (2015) ; 29 : Preston et al. (2009) ; 30 : Quian et al. (2020) ; 31 : Schaefer et al. (2020) ; 32 : Siman et al. (2020) ; 33 : Weber et al. (2015) ; 34 : Wood et al. (2021) ; 35 : Wood et al. (2021)

Figure 28 : Typologie des usages et utilités relevés par méthode à partir des publications

La Figure 28 permet, en outre, de souligner deux aspects relatifs à la recherche bibliographique. Un tiers des méthodes d'indices retenues se voit renseigné par deux publications différentes. À cinq reprises, une publication postérieure à celle exposant pour la première fois la méthode vient livrer des éléments sur son usage ou utilité, éléments absents dans les publications originales. Cela soulève de nouveau la question de la temporalité de la recherche et de la publication scientifique pour traiter de tels sujets.

### **3.1.5 Discussion**

Le degré d'influence réel des indices de vulnérabilité aux aléas naturels dans la prise de décision est considéré comme incertain (Ford *et al.*, 2018) ou limité (Mustafa *et al.*, 2011), ce sujet restant faiblement couvert par la littérature (de Groot-Reichwein *et al.*, 2018 ; Ford *et al.*, 2018). Les rares revues livrant des informations sont généralement focalisées sur un type de vulnérabilité et/ou un aléa précis (Lima et Bonetti, 2020 ; Wolf *et al.*, 2015), tirant leurs observations d'une revue de littérature systématique. Cette approche nécessaire ne suffit cependant pas à déterminer l'existence ou non de facteurs influençant l'emploi effectif des indices par les utilisateurs finaux. Les publications retenues pour discuter de ce sujet offrent souvent des considérations générales, basées sur leur étude de cas. Lorsque citées en références, les éléments avancés peuvent être perçus comme des faits universellement établis (Wolf *et al.* 2015). C'est dans cette perspective qu'a été développée une méthode permettant de combiner une approche quantitative et qualitative de la revue de littérature. Cependant la construction du corpus s'assimile plus à une revue exploratoire (Arksey et O'Malley, 2005) qu'une revue systématique, prérequis de la méta-analyse (Uman, 2011). Les résultats obtenus sont ainsi à mettre en perspective de leurs limites.

La taille de l'échantillon relativement modeste au regard de revues de littérature traitant de sujets proches (Beccari, 2016 ; Lima et Bonetti, 2020) prévient de tirer toute conclusion catégorique sur les résultats des tests. L'équation servant de base à la construction du corpus est imprécise, même si les résultats sur les données bibliométriques révèlent une certaine cohérence à la comparaison. La surreprésentation des articles et la quasi-totalité des

publications en anglais sont susceptibles d'avoir un impact important, mais reflètent également l'état de fait dans l'accessibilité du savoir scientifique pour les chercheurs, mais aussi les gestionnaires. La part de subjectivité inhérente au choix des variables et des modalités est parfois importante, notamment sur la détermination du cadre conceptuel suivi par la publication. La difficulté particulière rencontrée sur ce dernier point relève pour beaucoup de la « confusion babylonienne » (Janssen et Ostrom, 2006) entourant la vulnérabilité et ses concepts connexes. Jugée comme frein (Hinkel, 2011) ou, au contraire, comme gage d'émulation scientifique (Adger, 2006), la question de l'influence auprès des gestionnaires reste en suspens.

Un point important à considérer est la matière ayant alimenté cette recherche. Les publications scientifiques transcrivent, évidemment, en premier lieu les objectifs et les interprétations des équipes de recherche. Plusieurs auteurs pointent également la temporalité de la recherche, qui ne permet pas d'avoir le recul suffisant lors de la publication pour savoir si l'intérêt exprimé par les acteurs des territoires se traduit en fait par l'utilisation de l'indice dans la prise de décision (de Brito *et al.*, 2018 ; El-Zein *et al.*, 2021 ; Preston *et al.*, 2009). Il est parfois même compliqué pour les auteurs d'obtenir cette information a posteriori (Beccari, 2016 ; Wolf *et al.*, 2015). Des publications peuvent très bien ne pas faire état de l'ampleur d'une mise à contribution des acteurs du territoire lors du développement d'un indice pourtant employé par ces derniers. C'est, par exemple, le cas des travaux de Satta *et al.* (2016) au Maroc. Pour ces raisons, la seule approche par la littérature pour renseigner l'usage et l'utilité des indices de vulnérabilité est nécessaire, mais insuffisante. L'approche adoptée par Wolf *et al.* (2015) en enquêtant les premiers auteurs des publications retenues est une piste intéressante pour compléter la démarche entamée.

#### 3.1.5.1 L'indice, un outil ne convenant pas à tous les territoires

La répartition spatiale des indices relevés dans le corpus est loin d'être uniforme, aussi bien à l'échelle globale qu'intra- nationale. Intuitivement, la lecture des cartes (Figure 25 et Figure 26) semble pointer l'inégalité des moyens économiques comme principal facteur. Ce

postulat tend à se confirmer en mettant les résultats en parallèle avec l'Indice de développement humain (IDH) (PNUD, 2022). Cet outil à vocation première de comparaison n'est pas exempt de critiques (Deb, 2015), n'imputant cependant pas sa popularité. Les pays classés à développement très élevé (Annexe VIII) sont surreprésentés dans le corpus étudié, comprenant même la quasi-totalité de l'effectif des méthodes retenues. Aussi bien pour le pays de l'institution d'attache du premier auteur que d'application des indices, les pays à développement élevé ne sont représentés parmi les méthodes jugées pertinentes que par le rapport de Cardona *et al.* (2005) piloté et appliqué, en partie, en Colombie. La différence entre les moyennes tend à confirmer l'idée d'un transfert, ou pilotage, d'études employant des indices à partir de pays à IDH très élevé vers des pays à IDH moins élevé. Le Bangladesh est le meilleur exemple, comptant la moitié des études réalisées sur son territoire présentées par une publication dont le premier auteur est affilié à une institution d'un pays européen.

À l'échelle d'une nation, les indices sont préférentiellement développés pour des territoires urbains, ce critère étant apparemment propice à leur utilisation effective. Seule l'étude de Markphol *et al.* (2021) vient partiellement pondérer cette observation. Les auteurs y ont construit un indice avec l'aide des communautés rurales en Thaïlande pour appuyer, en complément d'une étude qualitative, la co-construction d'un plan d'adaptation avec la communauté locale.

Aux deux échelles considérées, les disparités observées peuvent s'expliquer en partie par les mêmes facteurs. Le premier est celui de la donnée disponible, reconnu comme le principal défi lors de la construction d'indices de vulnérabilité (Hinkel, 2011 ; Nguyen *et al.*, 2016). Indépendamment de l'échelle ou de l'orientation de l'étude, les données publiques sont généralement privilégiées pour renseigner les aspects socio-économiques, avec, en tête, les recensements effectués par des institutions nationales. La collecte de ces données nécessite des moyens humains et matériels conséquents, dont l'inégale disponibilité selon les pays mène à des disparités sur leur qualité et leur actualisation. Les répartitions démographiques jouent également un rôle. La densité urbaine permet d'avoir des unités statistiques à résolution spatiale fine de l'ordre du bloc d'habitations, mais à l'emprise

dépassant parfois les limites administratives d'une municipalité rurale. Alors trop imprécises pour répondre aux besoins (Barette *et al.*, 2018b), les données nationales doivent être suppléées par des données locales, dont la collecte ou le relevé sur le terrain, nécessitent à son tour des moyens. Pour les territoires ruraux, des approches quantitatives sont alors préférées, telles le Rapid Rural Appraisal développé par Chambers (1994).

L'utilisation des SIG s'est largement démocratisée (Mericskay, 2011), mais leur usage pour analyser les données et cartes de vulnérabilité demeure une compétence technique nécessitant du personnel qualifié (Opach & Rød, 2013). Les communautés rurales ont généralement un moindre accès à cette expertise du fait de leurs plus faibles ressources (Wood *et al.*, 2021), a fortiori dans les pays n'ayant pas un développement économique parmi les plus élevés (Krishnamurthy *et al.*, 2011). Le développement de portails web-SIG influe vraisemblablement de manière positive sur l'usage ou l'utilité des indices auprès du public cible, mais ne déplace que partiellement ce frein. Si les aspects techniques sont pris en charge par l'équipe de recherche incluant ou non des acteurs des territoires, le développement de tels outils nécessite là encore des moyens importants. Une plateforme interactive ne dispense également pas d'un niveau minimal de formation pour comprendre les informations transmises.

#### 3.1.5.2 L'importance de la communication entre équipes de recherche et acteurs des territoires

Les motivations au développement d'un indice de vulnérabilité sont diverses (Hinkel, 2011 ; Nguyen *et al.*, 2016 ; Preston *et al.*, 2011), mais l'une des finalités souvent avancées est l'aide à la prise de décision (Ford *et al.* 2018). La variable du but de la recherche indique pourtant que cet objectif, lorsqu'explicité tel quel, est minoritaire dans le corpus. Le développement de nouvelles méthodologies prime, pouvant recouvrir un souci d'opérationnalité auprès de potentiels utilisateurs finaux. Nombreux sont les articles évoquant à la marge, en résumé et conclusion, un intérêt potentiel de leur indice pour les utilisateurs finaux sans avoir impliqué ces derniers. Si ce constat peut être vrai, les chances de voir un jour ces recherches appliquées sont questionnables. L'enquête menée par Jacob et

al. (2022) auprès de gestionnaires québécois démontre qu'une extrême minorité consulte les études de vulnérabilité publiées dans le cadre de leurs missions. Si les cartographies apparaissent comme facteur d'opérationnalité, une part importante émane de la seule volonté de produire du savoir (Fekete, 2012).

La typologie relevée par Hinkel (2011) et réemployée pour catégoriser les usages et utilités auprès des utilisateurs finaux (Figure 28) démontre la diversité des buts. Ces derniers varient selon les groupes de recherche et le type d'acteurs impliqués, et cela même à échelon territorial analogue. Lorsque l'opérationnalisation de l'indice est recherchée, l'importance de l'implication des potentiels utilisateurs finaux à son développement est fréquemment évoquée (Ivčević *et al.*, 2019 ; Juhola & Kruse, 2015 ; Preston *et al.*, 2011). La nette surreprésentation des modes d'implication les plus inclusifs que sont la participation et la co-construction (Beuret, 2012) parmi les méthodes retenues tend à confirmer cette affirmation. Le critère d'une contribution des acteurs du territoire étudié ne semble pas être une nécessité pour autant : quatre méthodes effectivement retenues ne font état d'aucun lien avec ces derniers.

Ce constat vient également pondérer les considérations issues du champ de recherche s'intéressant aux relations entre science et société. Des obstacles qualifiés de fossé ou frontière (Vogel *et al.*, 2007) sont résumés comme des manques de crédibilité scientifique, légitimité et pertinence de l'information scientifique auprès des décideurs et praticiens (Cash *et al.*, 2003 ; S. A. Jones *et al.*, 1999 ; McNie, 2007). Ainsi, la co-production de savoir passant par des objets frontières (Star, 2010 ; Star & Griesemer, 1989) est présentée comme un catalyseur à la collaboration fructueuse entre chercheurs et acteurs des territoires possédant chacun leurs intérêts propres. Un objet-frontière se définit en effet comme appartenant à des sphères sociales différentes, mais se croisant. Sa force est son ambiguïté ; il est conceptuellement flexible pour répondre aux besoins de chaque communauté participant à son élaboration sans que la vision d'une ne s'impose aux autres, mais également suffisamment durable pour conserver son identité propre (Bixler *et al.*, 2021 ; Stoytcheva, 2015). Parmi les méthodes retenues comme pertinentes, seuls Bixler *et al.* (2021) se réfèrent

directement à ce concept lors de la co-construction de leur indice. Quelques autres publications évoquent directement la notion (Juhola et Kruze, 2015 ; Wolf *et al.*, 2015) ou indirectement (Nelson *et al.*, 2010). Fleming *et al.* (2022) soulignent l'importance d'une organisation-frontière pour mener à bien leur projet, tout en pointant, à l'instar de Delaney *et al.* (2021), la contrainte de temps que le concours des utilisateurs finaux peut représenter pour ces derniers. Les auteurs préconisent ainsi la création d'une assemblée consultative pour assurer le lien avec les utilisateurs finaux lors du déroulé de la recherche. Une structure similaire se retrouve dans d'autres méthodes (El-Zein *et al.*, 2021 ; Weber *et al.*, 2015), tandis que les travaux présentés par Opach *et al.* (2020) sont le fruit d'un consortium de chercheurs et acteurs du territoire.

Un autre élément vu comme favorisant, souligné par Breil *et al.*, (2018) et Kazmierczak *et al.* (2015), est la présence d'un champion, soit un acteur investit dans la problématique et œuvrant en sa faveur au sein de son institution (Markham *et al.*, 1991). Bohman *et al.* (2015) se réfèrent à la notion proche du courtier du savoir (knowledge brokers en anglais). Parmi les méthodes retenues, les obstacles de la frontière sont souvent mis en avant lorsque les utilisateurs finaux sont invités à contribuer davantage qu'une simple consultation. Malgré la diversité des approches théoriques sur le sujet, ces dernières semblent, au final, parfaitement contingentes pour expliquer la pertinence des indices auprès de leur public cible.

Un autre paramètre, rarement considéré (Preston *et al.* 2011, Nguyen *et al.* 2016) mais d'importance (Gibson *et al.*, 2017), est l'influence exercée par le cadre officiel, par exemple la législation et l'organisation institutionnelle régissant les territoires étudiés. L'absence de lien sur la variable du contexte de la recherche semble écarter a priori le mode de financement ou l'influence d'un cachet officiel comme significatif. Pourtant, l'indice présenté par Fekete, (2009, 2012) démontre l'impact qu'une mauvaise prise en compte des échelons administratifs peut avoir. S'intéressant aux inondations en Allemagne sur l'ensemble du territoire fédéral, l'indice a rencontré scepticisme voire méfiance auprès des gestionnaires d'échelon régional (Länder en allemand) à qui échoit la compétence. Plus marquant encore est le constat dressé

aux États-Unis par Wood *et al.* (2021) sur l'utilisation du Social Vulnerability Index (SoVI) développé par Cutter *et al.* (2003) ou son équivalent libre de droits SVI. La Federal Emergency Management Agency (FEMA) conditionne l'octroi de certaines aides aux communautés (au sens de municipalités) touchées par une catastrophe naturelle à la réalisation préalable d'études quantitatives de vulnérabilité. Les auteurs pointent une potentielle sous-utilisation des indices, en plus d'avoir un effet contreproductif. Les communautés les plus pauvres n'ayant pas les moyens de piloter ou déléguer au privé l'application d'un indice se voient, de fait, exclues d'aides dont elles ont pourtant le plus besoin. Cet intérêt financier est ce qui ressort comme majoritaire dans l'étude de cas de Siman *et al.* (2022) intégrant le SoVI dans leur méthodologie. Le point commun des quatre méthodes retenues n'impliquant pas d'utilisateurs finaux est leur échelle d'ampleur nationale à supranationale. Au regard de ces éléments, il apparaît comme plausible que des indices émanant de projets de recherche ou institutions œuvrant à ces échelles soient une contrainte perçue ou réelle plus que l'objet d'une franche adhésion.

Indépendamment du prisme selon lequel les relations avec les potentiels utilisateurs finaux sont envisagées et leur degré d'implication, c'est le contexte dans lequel se déroule l'étude qui semble primer. C'est ce qui pourrait expliquer l'absence de liens à la pertinence parmi les variables génériques de milieu, de population étudiée ou d'aléas cibles. Ce constat est en cohérence avec la nature même de la vulnérabilité (Nguyen *et al.*, 2016), mais aussi la diversité dans les attentes et les besoins entre acteurs des territoires étudiés et entre chercheurs. L'usage ou l'utilité formulée par les utilisateurs finaux présentés en Figure 28 peut différer du but affiché à la construction des indices (Hinkel, 2011 ; Wolf *et al.*, 2015). Pour les tenants des approches collaboratives, le processus de co-construction est en soit aussi important que le résultat (Carter *et al.*, 2014 ; Opach *et al.*, 2020 ; Preston *et al.*, 2009). En outre, l'investissement en temps et moyens consacrés à l'implication de potentiels utilisateurs finaux présente des intérêts certains pour la recherche. Le meilleur exemple est un accès aux données produites par les acteurs, pouvant aider à résoudre cet élément critique de la construction des indices (Preston *et al.*, 2011).

### 3.1.5.3 Des aspects méthodologiques contingents

Lorsque les potentiels utilisateurs finaux sont mis à contribution lors du développement d'un l'indice, ils n'interviennent pas nécessairement aux mêmes étapes, même à degré d'implication égale ; au contraire, l'impact effectif apparait très hétérogène (Figure 29). Au regard des tests statistiques, seule la structuration des indicateurs présente un lien avec l'usage ou l'utilité relevée parmi les étapes de la construction d'indices telles qu'explicitées par Tate (2012). Si cela tend à affirmer la prédominance du contexte de l'étude, des nuances sont à apporter.

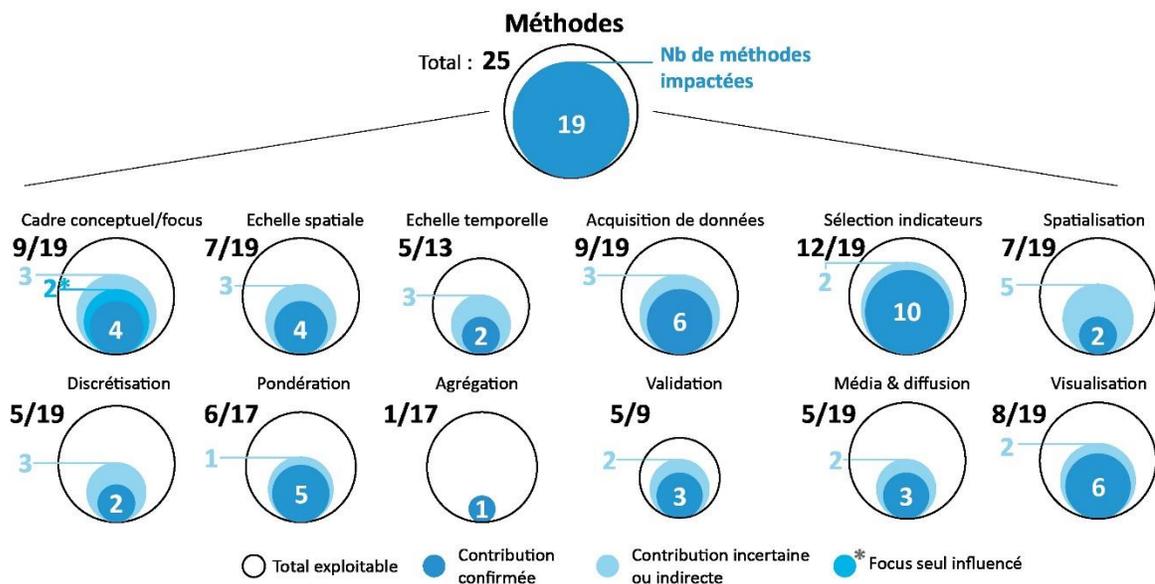


Figure 29 : Contribution des potentiels utilisateurs finaux aux différentes étapes méthodologiques des indices pertinents

La résolution spatiale est un critère contingent selon le test (Annexe III), mais lorsque formulée — et intégrée —, la demande des potentiels utilisateurs finaux tend invariablement à l'ajout d'une résolution spatiale plus fine. L'affirmation portée par certaines publications sur une pertinence accrue d'indices développés localement, questionnée par Wolf *et al.* (2015) et Tonmoy *et al.* (2014), n'a pas pu être confirmée ni infirmée. Le format de l'unité spatiale de référence est cependant rarement ouvert à discussion, suivant généralement celui des données utilisées. Un possible facteur d'explication est la limite connue lors de la

transformation des données spatialisées d'un maillage à l'autre, ou Modified Area Unit Problem (Jelinski et Wu, 1996).

L'échelle spatiale rencontre la même ambiguïté, notamment sur le rôle d'une emprise locale vue comme la seule légitime scientifiquement par Hinkel (2011). La non-significativité du test semble écarter ce critère comme important aux yeux des utilisateurs finaux. Deux éléments laissent, en revanche, indirectement présager de l'influence d'une proximité spatiale comme critère contingent mais facilitateur. D'abord, le pays de l'université d'attache du premier auteur correspond, dans la grande majorité des cas (92,6 %), à celui où se situent les sites d'applications des méthodes pertinentes. Ensuite, la nette sous-représentation des adaptations de méthodes antérieures à un autre contexte renforce l'idée d'un intérêt à développer une méthode à la carte pour un territoire donné.

L'échelle temporelle est peu discutée parmi les méthodes retenues malgré le lien établi entre la pertinence et la considération d'une démarche prospective. Lors de l'usage des modélisations climatiques, les pas de temps des scénarios du GIEC (Field *et al.*, 2014) aux horizons 2050 et 2100 sont retenus. Les indices développés par Barette *et al.*, (2018a) ainsi que celui à visée de conservation de Delaney *et al.* (2021) sont des exceptions notables dans le corpus. L'indice centré sur les routes québécoises de Drejza *et al.* (2019) a également laissé le choix aux potentiels utilisateurs finaux. L'horizon 2050 est, dans les deux cas, préféré par les utilisateurs finaux, au motif qu'il correspond mieux aux échéances de leurs missions.

La sélection des indicateurs ou des variables les constituant semble être la mise à contribution la plus courante des utilisateurs finaux. Les modes d'implications sont divers, allant de discussions lors d'un atelier de travail collectif (de Groot-Reichwein et al., 2018), avec parfois l'usage de la méthode Delphi (de Brito et al., 2018), ou encore un processus plus itératif et collaboratif (Fleming *et al.* 2022, Opach *et al.* 2020). Parfois, les utilisateurs finaux peuvent contester l'usage d'indicateurs retenus par l'équipe de recherche (Oulahen *et al.*, 2015). L'impact du nombre d'indicateurs est peu évoqué par les différents auteurs, et les rares positionnements divergent entre une méthode se voulant synthétique (Wood *et al.*, 2021) ou tendant vers plus d'exhaustivité (Preston *et al.*, 2009). Kazmierczak et al. (2015)

notent en ce sens l'absence de problème chez les potentiels utilisateurs finaux quant au nombre élevé d'indicateurs (35) de leur méthode. La question reste donc en suspens, aucun des tests conduits sur la variable correspondante n'étant significatif. L'hypothèse de la prépondérance du contexte spécifique à chaque étude est renforcée.

Deux aspects semblent moins explorés avec les potentiels utilisateurs finaux : la discrétisation et l'agrégation. Si la première relève davantage de la nature des données, la question se pose parfois sur le nombre de classes (Delaney *et al.*, 2021). La méthode d'agrégation ne semble pas affecter la pertinence aux yeux des acteurs des territoires, cette dernière se résumant dans la majorité des méthodes à une somme des composantes ou facteurs d'analyse en composantes multiples (ACP) (Tate, 2012).

La pondération des indicateurs est peut-être l'étape la moins consensuelle parmi les publications et, à ce titre, contingente à la pertinence des méthodes étudiées. Les incertitudes sur les interrelations entre variables sont souvent avancées comme argument pour une pondération égale (El-Zein *et al.* 2021). Les différentes méthodes fondées sur le dire d'experts ou d'acteurs des territoires sont, par essence, subjectives, et exigeantes en temps (Schaefer *et al.* 2020). Au contraire, l'absence de pondération revient à ignorer les différents niveaux d'importance existant entre les indicateurs (de Brito *et al.*, 2018). Le choix de pondérer ou non et selon un procédé particulier est généralement à la discrétion de l'équipe de recherche, avec l'exception notable d'Oulahen *et al.* (2015). La réaction négative des acteurs locaux à une pondération égale qui « ne fait pas de sens »<sup>10</sup> (Oulahen *et al.* (2015), page 486) a poussé l'équipe de recherche à proposer une seconde itération du SoVI pondéré. À la comparaison, les auteurs soulignent des résultats analogues, constat relayé par Preston *et*

---

<sup>10</sup> Traduction libre

*al.* (2009)<sup>11</sup> et Nelson *et al.* (2010). Du point de vue des chercheurs, l'argument de la simplicité d'interprétation d'une pondération égale (Nelson *et al.*, 2010) s'oppose au bénéfice de l'appropriation de l'indice (Oulahen *et al.* 2015) par les potentiels utilisateurs finaux.

La validation, défendue par un pan significatif de la littérature (Hinkel, 2011 ; Rufat *et al.*, 2019 ; Tate, 2012 ; Wolf *et al.*, 2015) ne semble pas être un critère nécessaire à la pertinence auprès des utilisateurs finaux. L'inclusion ou non de cette étape répond peut-être davantage à une préoccupation propre aux chercheurs. À l'instar du constat de Wolf *et al.* (2015) concernant les indices de vulnérabilité aux vagues de chaleur, peu à pas d'études traitent de l'impact des incertitudes des cartes issues des indices sur la prise de décisions. Cependant, un contre-exemple frappant à cette absence a priori d'incidence est présenté par Preston *et al.* (2009). La première itération de leur indice de vulnérabilité aux incendies dans le cadre des changements climatiques a été accueillie avec circonspection par les acteurs des territoires. Les résultats des cartes entrant en conflit avec les représentations de ces derniers, des demandes de vérifications ont été adressées à l'équipe de recherche. La démonstration étayée de la validité des résultats a permis de convaincre les potentiels utilisateurs finaux, ouvrant la voie à la diffusion des cartographies issues de l'indice au grand public.

La visualisation joue un rôle certain à l'attrait des indices pour les potentiels utilisateurs finaux, la représentation cartographique apparaissant même comme un critère nécessaire. Le développement de web-SIG émane parfois directement d'une demande des utilisateurs finaux (Kazmierczak *et al.*, 2015; Weber *et al.*, 2015), confirmant l'intérêt du support (Opach et Rød, 2013). En réponse, plusieurs publications retenues se focalisent sur la réception des plateformes internet par les publics cibles et leurs améliorations (Bohman *et al.*, 2015, Opach *et al.* 2020) ou bien sur la sémiologie graphique (de Groot-Reichwein *et al.*, 2018).

---

<sup>11</sup> **ERRATA** : les auteurs relèvent des résultats « similaires » (p. 264) entre la version initiale pondérée et non pondérée de leur indice, mais présentent des variations significatives. L'indice pondéré performe bien mieux à la validation face à des données externes (p.273).

L'avantage majeur prêté à un support interactif est la possibilité de déconstruire l'indice en ses composantes et indicateurs, donnant sens à une valeur pouvant être vue comme boîte noire (Bohman *et al.*, 2015, Opach *et al.*, 2020). La sélection des variables ou leur pondération peuvent également être laissées à la discrétion des utilisateurs à l'instar de Carter *et al.* (2014). Barette *et al.* (2018b) pointent cependant la contrainte de temps que nécessite la prise en main de ces outils dont la multiplication peut décourager l'usage. Évoquée à la marge, la couverture médiatique semble jouer un rôle facilitateur pour susciter l'intérêt et la participation à la construction de l'indice (Bohman *et al.*, 2015, Opach *et al.* 2013) ou de s'en servir (Nelson *et al.* 2010).

À l'exception notable de la représentation cartographique, il apparaît que les choix méthodologiques lors des étapes de construction des indices n'affectent que de manière contingente l'intérêt porté par les utilisateurs finaux. Cela tend à confirmer la prédominance de la légitimité et de la pertinence au sens de McNie (2007) sur la crédibilité scientifique. Plus précisément, l'importance et la signification accordée à cette dernière divergent entre les équipes de recherche et les acteurs de terrain. Enfin, les représentations des acteurs des territoires semblent être un facteur à considérer attentivement. Des résultats peuvent être contestés en cas d'inadéquation ou d'incapacité à faire le lien avec l'expérience personnelle (Preston *et al.* 2009, Kazmierczak *et al.* 2015, Oulahen *et al.* 2015). Cela peut aller jusqu'à un rejet du cadre conceptuel même, la vulnérabilité ayant été perçue comme une forme de discrimination dans une municipalité sollicitée par Oulahen *et al.* (2015). Le défi d'intégrer les représentations soulevées par Adger (2006) semble donc toujours d'actualité

### **3.1.6 Conclusion**

La revue de littérature exploratoire menée conjointement avec une approche mixte d'analyse statistique et qualitative offre, malgré ses limites, quelques pistes de réflexion :

- 1 : L'intérêt et l'usage effectif par les acteurs des territoires des nombreux indices de vulnérabilité développés sont loin d'être une évidence. Ce constat s'applique même quand l'opérationnalisation du concept pour ces derniers est le but

clairement explicité. La plupart des publications semble cependant plus focalisée sur la production de savoir et non sa diffusion.

- 2 : Le développement d'indices et leur usage effectif sont très polarisés spatialement, les preuves d'intérêts et d'utilisations sont presque exclusives des centres urbains des pays les plus développés. L'inégalité de moyens nécessaires à la réalisation des indices et des données disponibles semble être le principal facteur d'explication. Aucun élément ne permet d'établir ou d'infirmer l'existence d'une échelle d'étude à privilégier.
- 3 : La participation des potentiels utilisateurs finaux n'apparaît pas comme strictement nécessaire à la pertinence d'un indice auprès de ces derniers, mais semble jouer un rôle facilitateur. Les divergences d'intérêts entre chercheurs et acteurs des territoires peuvent se traduire par une utilisation différente de celle initialement envisagée ; l'indice en tant qu'outil d'aide à la prise de décision est parfois utilisé ou perçu comme outil de sensibilisation.
- 4 : Le contexte de réalisation de l'étude et du territoire d'application semble primer sur tout choix méthodologique parmi la grande diversité d'approches existantes. La validation des résultats des indices, défendue par une part significative de la littérature, semble a priori contingente à leur réception par les potentiels utilisateurs finaux.
- 5 : La diffusion de l'indice sous forme de représentation cartographique apparaît comme le seul critère parmi ceux interrogés comme étant nécessaire à la pertinence auprès des publics cibles. Un fort intérêt -contingent- semble être porté aux portails web-SIG en raison du degré d'interactivité offert par ces derniers.

Le développement d'un indice de vulnérabilité aux aléas naturels à destination d'acteurs de territoires comme aide à la décision ne semble pas présenter d'éléments préétablis à cocher pour augmenter les chances d'être pertinent. Ainsi, au même titre que les territoires étudiés, l'outil et les approches sont appelés à s'adapter continuellement :

l'amélioration de l'existant apparaît comme une nécessité. Si l'objectif est d'offrir un indice opérationnel, cela semble difficilement pouvoir se passer de la collaboration entre chercheurs et acteurs du territoire. C'est dans cette logique qu'ont été portés les projets OSIRISC (Philippe *et al.*, 2021) et Résilience côtière (Drejza *et al.*, 2021) en France et au Québec. La présente étude menée dans le cadre du projet binational ARICO offre ainsi des pistes pour bonifier ces indices tout en tenant compte des attentes des publics cibles.

### **3.1.7 Remerciements**

*Nous remercions Thomas Buffin-Bélangier pour ses recommandations sur les traitements statistiques. Nos remerciements également aux deux relecteurs anonymes pour leurs retours. Cette étude a été financée dans le cadre du projet de recherche ARICO (Co-construction de scénarios d'Adaptation des territoires maritimes aux Risques côtiers dans un contexte de changements climatiques en France et au Québec) financé par l'Agence Nationale de la Recherche (France) et les Fonds de Recherche du Québec.*

## **3.2 EXPÉRIENCES, ATTENTES ET BESOINS : ENTRETIENS SEMI-DIRIGÉS AUPRÈS DE CHERCHEURS ET GESTIONNAIRES**

### **3.2.1 Méthode mise en œuvre**

#### **3.2.1.1 Les entretiens semi-dirigés**

Dans une logique de croisement avec les apports généraux de la revue de littérature, il nous a semblé nécessaire d'obtenir des retours au plus proche des contextes particuliers de chaque indice.

Le besoin d'informations détaillées visant à un approfondissement des connaissances a motivé le choix des entretiens par rapport à un simple questionnaire (Fenneteau, 2015). Considérant les nombreux points spécifiques, le choix logique est aux entretiens semi-dirigés plus que libres. Cela s'inscrit également dans la continuité des entretiens exploratoires menés

par C. Pelletier-Boilly en septembre 2021 offrant une base pour la construction des grilles d'entrevues.

#### 3.2.1.2 Objectifs

Les objectifs étaient les suivants :

- bénéficier des retours d'expérience de chercheurs et gestionnaires familiers des indices de vulnérabilité.
- Recueillir les attentes et les besoins des futurs utilisateurs finaux des indices bonifiés.
- Tester l'opinion des participants sur plusieurs aspects méthodologiques de la construction d'indices de vulnérabilité.

L'idée était ensuite de croiser ces retours avec les résultats présentés dans l'article. Enfin, les entretiens ont été l'occasion d'obtenir des avis sur le cadre conceptuel commun envisagé pour les deux indices.

#### 3.2.1.3 Publics cibles

La spécificité du sujet a fait opter pour un échantillonnage « au jugé » (Lawrence Neuman, 2014). Outre la faible taille du public cible pouvant être sollicité, une autre contrainte a été d'interroger un nombre équivalent de personnes de France et du Québec.

La dualité des objectifs a motivé deux sous-échantillons :

- d'abord des gestionnaires partenaires du projet ARICO, préférentiellement impliqués dans les projets de recherches antérieurs Résilience Côtière, et OSIRISC. Ce groupe est considéré comme de potentiels utilisateurs finaux des indices modifiés. 6 personnes ont ainsi été interrogées (Tableau 4).
- Ensuite, le souhait d'obtenir un point de vue externe au projet s'est traduit par le recrutement de chercheurs sur la base des publications déjà examinées. Dans le cas du Chercheur 9 rattaché un temps à une université française, l'entretien s'est déroulé en anglais en raison d'une nationalité d'origine européenne.

Tableau 4: Composition du panel interrogé lors des entretiens

Nationalité	Structure	Désignation
France	CD 29	Gestionnaire 1
France	CC PBS	Gestionnaire 2
France	Région Bretagne	Gestionnaire 3
France	PNRGM	Gestionnaire 4
Québec	MRC La Matanie	Gestionnaire 5
Québec	MSP	Gestionnaire 6
Union Européenne	n.a.	Chercheur 7
Québec	Université Laval	Chercheur 8
Québec	Université Laval	Chercheur 9

**Note :** la dénomination ne tient pas compte du genre des interviewés.

#### 3.2.1.4 Thématiques des entretiens

Chercheurs et gestionnaires ont été invités à s’exprimer sans distinction de nationalité selon des grilles d’entretiens spécifiques, mais reprenant les mêmes thèmes (Annexe IX)

Le thème « opérationnaliser la vulnérabilité » est centré sur le cadre conceptuel hybride proposé à partir des deux indices préexistants. Pour cela, chaque personne était invitée à se prononcer sur un schéma partagé sous forme de tableau interactif en ligne (Miro). Selon leur opinion, les participants avaient la possibilité de modifier ce schéma à leur convenance.

Le thème « la pertinence d’un indice de vulnérabilité » s’est attardé sur l’expérience individuelle avec ce type d’outils, et les critères motivant un intérêt ou non pour la gestion.

« La construction d’un indice de vulnérabilité » est le thème le plus conséquent. Il comprend l’ensemble des questions ayant trait aux étapes méthodologiques de l’indice. Dans l’optique d’une construction déductive-hiérarchique, les participants se sont vu proposer un second schéma interactif présentant différentes sous-composantes d’indicateurs issues des

deux indices. Ils étaient invités à se prononcer sur l'intérêt des éléments présentés, et d'éventuels retraits ou ajouts.

Le dernier thème « la cartographie de l'indice de vulnérabilité » traite de la visualisation de l'indice ainsi que de son mode de diffusion auprès de différents publics.

#### 3.2.1.5 Déroulé des entretiens

En raison de l'éloignement géographique, les entretiens ont été proposés exclusivement en ligne pour les participants de France et d'Union Européenne. Bien que la possibilité ait été offerte de conduire des entretiens en face à face pour les participants québécois, tous ont choisi le format en ligne.

Avec l'accord individuel, chaque rencontre a été enregistrée au format vidéo via la plateforme Teams en vue de l'analyse. La durée moyenne des entretiens est de 1h30, avec un minima de 40 minutes pour un maxima de 2h30.

Conformément au code de conduite de la recherche en vigueur au Québec, la conduite des entretiens s'est déroulée après information et signature de tous les participants d'un formulaire de consentement. Le numéro de certificat éthique délivré par le Comité de l'Éthique pour la Recherche de l'UQAR est le 2023-208 123-003.

#### 3.2.1.6 Analyse des entretiens

Les enregistrements au format .mp4 ont été traités grâce au logiciel Sonal développé par l'Université de Tours, France (Alber, 2010). L'analyse textuelle n'étant pas nécessaire, les *verbatim* ont rapidement pu être transcrits et extraits par question thématique pour une analyse de discours. Le logiciel a en outre permis de comparer le temps de parole de chaque participant par thème

### 3.2.1.7 Limites de la méthode

La taille de l'effectif représente la plus grande limite de la méthode employée. Par contrainte de temps, le nombre d'entretiens a été limité d'emblée, contrairement à une taille d'échantillon séquentielle telle que préconisée dans la littérature pour ce type de recherche (Lawrence Neuman, 2014). Cette approche consiste à poursuivre la conduite d'entretiens jusqu'à ce que les informations recueillies ne présentent que peu de nouveaux éléments au regard de la matière déjà collectées. Il est fortement probable que les observations exposées ci-après eu été différentes.

Le public cible choisi s'est avéré comme suboptimal lors de l'entretien avec le gestionnaire 2. Les missions professionnelles attribuées au personnel d'un pôle de gestion au sein d'une communauté de communes diffèrent grandement d'une personne à l'autre. Ainsi, il s'est rapidement révélé que les techniciens de terrain n'ont a priori que peu d'utilité et d'intérêt pour ce type d'outil.

## 3.2.2 Résultats par thèmes

### 3.2.2.1 Opérationnaliser la vulnérabilité

Question posée aux gestionnaires :

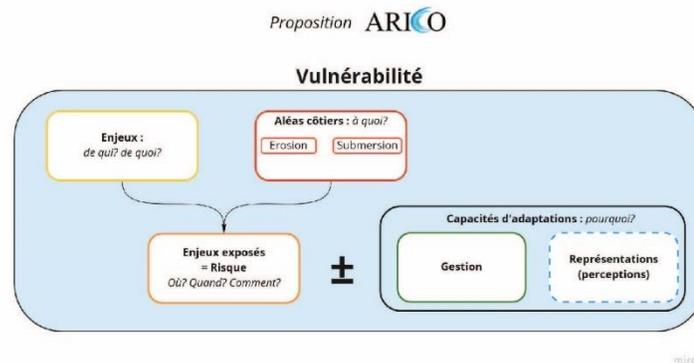
*Pour tenter de rendre opérationnelle la vulnérabilité, un schéma articulante les différentes composantes a été réalisé. Selon vous, est-il compréhensible et adapté pour approcher la vulnérabilité de la zone côtière sur votre territoire/périmètre d'intervention ?*

Question posée aux chercheurs :

*Dans un souci de concilier les approches des études précédentes (Résilience Côtière et OSIRISC), un cadre conceptuel hybride mais également accessible pour les gestionnaires a été réalisé. Quelle pertinence accordez-vous à cette approche de la vulnérabilité ?*

Dans l'ensemble, les réponses des participants montrent une tendance positive au cadre conceptuel hybride entre les deux indices d'origine proposé via le premier tableau interactif (Figure 30Figure 31). Dans le détail, des réserves nettes ont été exprimées. Le gestionnaire 1 a considéré dans un premier temps le cadre comme « un retour en arrière » comparativement à l'approche systémique structurant l'observatoire OSIRISC, avant de signifier sa compréhension en seconde lecture. Les chercheurs québécois marquent leur désaccord avec l'approche conceptuelle de la vulnérabilité proposée, se référant à la conception plébiscitée par le GIEC (Field et al., 2014) considérant la vulnérabilité comme composante du risque, et non l'inverse.

**Cadre proposé**



**Cadre modifié selon les propos de Gestionnaire 4**

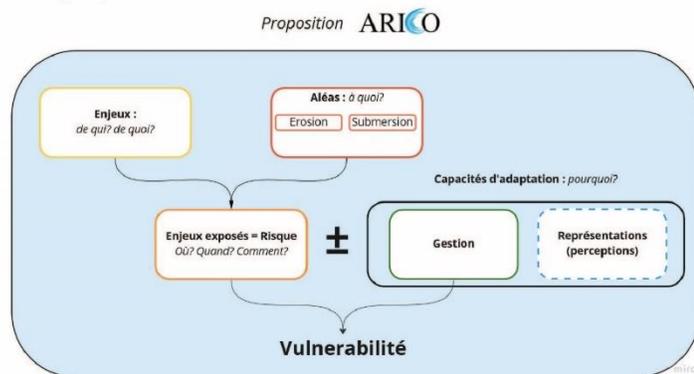


Figure 30 : Cadre commun proposé avec exemple de modification via le tableau interactif Miro

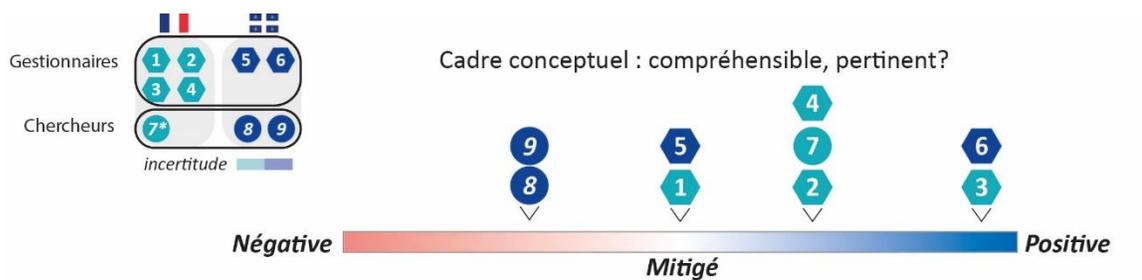


Figure 31 : Positionnement des participants sur le cadre conceptuel hybride

Ces retours sont assortis, pour cinq des neuf enquêtés, d’une retouche du cadre proposé soit directement ou bien guidée par leurs propos. Ce thème a également mis en évidence l’existence de confusions sémantiques de plusieurs ordres pour presque tous les enquêtés :

- pour les participants québécois, la terminologie utilisée est source de confusion (gestionnaire 5) au niveau des enjeux ou ne convient pas du tout (chercheurs 8 et 9). Le gestionnaire 6 a noté le contraste avec la terminologie employée dans son institution suivant le rapport de Morin (2008).
- Parmi les enquêtés français, les remarques sont hétérogènes, allant d’une suggestion (gestionnaire 1) à une remise en cause de l’ensemble de la terminologie (gestionnaire 3) perçue comme un « langage universitaire » qui n’est plus employé par les acteurs de terrain. Des soucis relatifs à la traduction en anglais ont attiré l’attention du chercheur 1.
- Deux gestionnaires français (3 et 4) ont soulevé une confusion sémantique issue de la modification législative apportée par la Loi Climat Résilience datant de 2021. La notion de recul du trait de côte selon les institutions étatiques regroupe les processus d’érosion et la remontée eustatique sans considérer la submersion actuelle. Les enquêtés pointent la contradiction avec les notions connues d’érosion et de submersion, cette dernière intégrant la remontée du niveau marin.

### 3.2.2.2 La pertinence d'un indice de vulnérabilité

*Quelle expérience avez-vous des indices de vulnérabilité ? Comment avez-vous été mené à connaître et utiliser cet outil (gestionnaires) / développer cette méthode (chercheurs) ?*

Cette question a permis de cerner la limite dans le choix du public cible avec le gestionnaire 2. Dans l'ensemble, les autres participants français ont tous une expérience ou connaissance de l'indice OSIRISC en raison de leurs liens avec le projet ou par leurs contacts. Les chercheurs québécois interrogés ont une expérience riche, mais n'ont jamais entendu parler du projet Résilience Côtière.

*Gestionnaires : Selon vous, est-il pertinent d'avoir un indice de vulnérabilité appliqué à votre territoire/zone d'intervention ?*

*Chercheurs : Pour vous, quels critères font qu'un indice de vulnérabilité développé pour les gestionnaires est pertinent pour ces derniers ?*

La tendance observée auprès des gestionnaires est plutôt positive (Figure 32). Le gestionnaire 2 ne verrait un intérêt que pour un outil « simple », « concret », tandis que le gestionnaire 3 n'emploie pas ce type d'outils dans le cadre de ses missions.

Pour les chercheurs, les principaux critères de pertinence sont l'interactivité et la visualisation (chercheur 1), la bonne échelle spatiale, ce que corrobore le gestionnaire 5. Le format et la bonne compréhension de l'indice, ainsi que des indicateurs clairs sont considérés comme le plus important par les chercheurs québécois. Le chercheur 8 pointe en outre la confiance envers l'indice et ses producteurs comme devant être « absolue », un critère nécessaire à l'adhésion (chercheur 9)



Figure 32 : Positionnement des gestionnaires enquêtés sur l'intérêt pour un indice modifié sur leur territoire d'intervention.

Lors des discussions entourant les usages, utilités, forces et limites des indices, plusieurs points ressortent. En examinant les registres utilisés, les mots relevant de la planification et de la prise de décision ressortent plus que ceux référant à la communication et à la sensibilisation. Deux gestionnaires français évoquent également la notion de suivi et de trajectoires de vulnérabilité au travers de l'indice, une volonté clairement affichée par l'observatoire OSIRISC.

### 3.2.2.3 La construction d'un indice de vulnérabilité

*Gestionnaires : Pour vous, à quel degré un indice doit-il viser l'exhaustivité avec un grand nombre d'indicateurs, ou au contraire être réduit à une approche simple en quelques indicateurs clés ?*

*Chercheurs : Pour vous, quels sont les critères devant guider le choix et le nombre d'indicateurs ?*

La tendance observée dans les réponses tend vers un nombre plus réduit d'indicateurs (Figure 33). Pour le chercheur 8, « *the less, the better* ». La réponse du gestionnaire 1 contraste avec l'ensemble : pour lui, si un nombre plus important d'indicateurs signifie plus de pistes d'actions pour la gestion, alors cela est souhaitable. Le gestionnaire 4 propose une approche multiscalaire : si l'indice est à destination du personnel d'une commune, un minimum d'indicateurs est souhaitable. Si le public cible est celui travaillant au sein des intercommunalités, l'exhaustivité devient préférable. Les réponses des chercheurs québécois sont orientées par le prisme quantitatif : la synthèse statistique est vue comme préférable,

avec une attention particulière sur la redondance et l'endogénéité (même signification attribuée) des indicateurs.

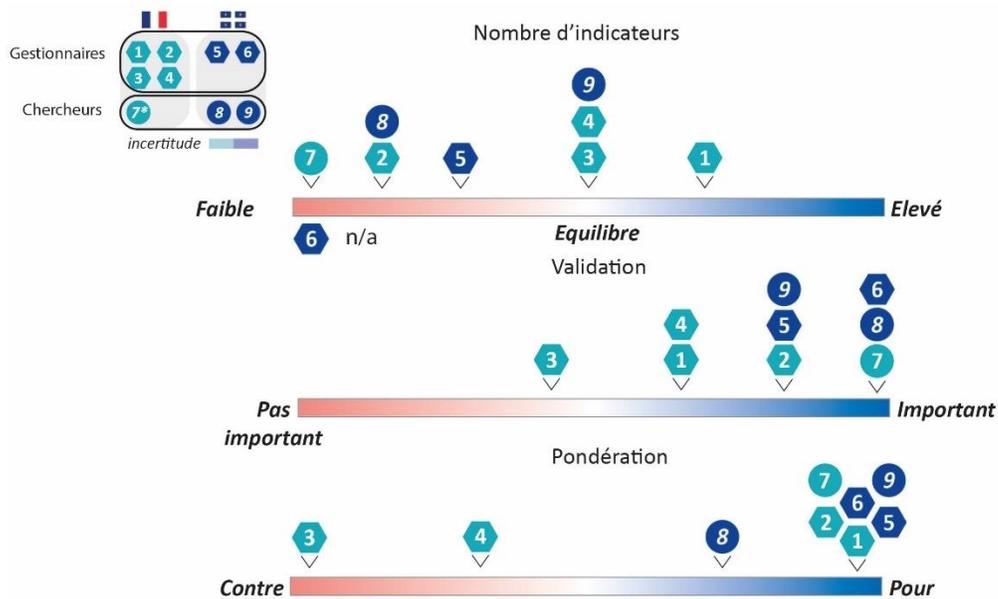


Figure 33 : Positionnements des enquêtés sur différentes étapes méthodologiques d'un indice

Gestionnaires : *Pour vous, la mise en œuvre de méthodes de validation ainsi que de mesurer les incertitudes sont-ils des critères importants pour utiliser un indice?*

Chercheurs : *Toute donnée comporte sa part d'incertitude. Quelle importance et quels moyens voyez-vous à la vérification d'un indice de vulnérabilité?*

La validation est vue dans l'ensemble comme importante par les enquêtés (Figure 33). Quand le type de validation est évoqué, c'est invariablement de manière « externe » au sens de Tate (2012), c'est-à-dire à partir de données de terrain ou des connaissances des acteurs locaux. Quatre enquêtés émettent des réserves sur la difficulté/complexité de la tâche. Le gestionnaire 4 préconise une approche par indicateur. L'impact de la présence d'une validation de l'indice sur son utilisation est bien moins consensuel pour les trois gestionnaires s'étant exprimés sur la question. Le chercheur 7 met en garde sur la complexité des informations transmises, tandis que le chercheur 8 craint un possible biais d'utilisation. Un

gestionnaire confronté à des zones de forte vulnérabilité mais avec d'importantes incertitudes risquerait de prioriser à la place des zones de vulnérabilité moindre mais avec un degré de confiance plus élevé.

Gestionnaires : *Selon vous, doit-on donner un poids différent aux composantes et/ou de leurs indicateurs lors du calcul d'un indice ?*

Chercheurs : *Pour vous, quelle importance revêt la pondération d'un indice ? Quelle méthode vous semble la plus adaptée ?*

Les retours sont très largement en faveur d'une pondération (**Error! Reference source not found.**). Le chercheur 8 fait état d'un « feeling » sur l'importance de la pondération pour un indice en contexte côtier, tout en pointant la difficulté de cette étape. Le gestionnaire 3 ne voit pas d'utilité ; pour lui, « les choses importantes vont se dégager d'elles-mêmes ». Le gestionnaire 4 considère l'étape comme une complexification supplémentaire pour peu d'apports. Aucune tendance n'est relevée sur un mode de pondération préférentiel (quatre réponses). À la question d'une éventuelle participation à un atelier de pondération, seuls trois gestionnaires ont manifesté un intérêt.

Gestionnaires et chercheurs : *Selon les données disponibles et leur résolution spatiale, quelle(s) échelle(s) d'analyse(s) vous semblent les plus pertinentes (segment de côte, quartier, municipalité, etc.) ?*

En raison de l'intitulé de la question, les participants ont confondu l'échelle et l'unité d'analyse. La tendance majoritaire mais non consensuelle va vers une résolution spatiale la plus fine possible. Deux gestionnaires français se réfèrent à la grille INSEE, le chercheur 8 et le gestionnaire 6 québécois au segment, ce qui correspond aux indices préexistants. Un emboîtement d'échelles semble intéresser quand il est évoqué, mais un bémol est mis par le chercheur 9 dû à l'important degré de complexification qu'il induit.

La relance touchant aux données provinciales/nationales pointe un contraste. Deux gestionnaires (2 et 6) en sont satisfaits, tandis que trois autres les jugent insuffisantes et à

compléter avec des données locales. Fait intéressant, les deux chercheurs ayant répondu ont des avis divergents sur les données de recensement : le chercheur 7 les considère comme lacunaires au regard de la durée d'actualisation et de leur imprécision. Le chercheur 9 exprime sa confiance en la robustesse du recensement canadien. Cette apparente opposition s'explique par les terrains d'étude, le chercheur 7 ayant eu des expériences dans des pays à IDH bien moindre que le Canada. Enfin, deux des trois chercheurs sont en faveur de l'intégration des savoirs locaux. Le chercheur 9 émet de sérieuses réserves sur l'exploitabilité de telles données en raison du manque d'harmonisation sur les échelles et les formats.

Gestionnaires et chercheurs : *Comment envisageriez-vous le suivi dans le temps de la vulnérabilité via un indice ?*

La mise à jour d'un indice est considérée de manière consensuelle comme importante. En relation avec l'actualisation des données provinciales et nationales, le pas de temps à 5 ans ressort le plus. Le gestionnaire 4 suggère de caler une mise à jour partielle sur les échéances électorales. La notion interpelle cependant le chercheur 9, voyant tout suivi à des fins comparatives comme très difficilement réalisable en raison de la fluctuation des données disponibles ainsi que de leur qualité. Lors de la relance sur la responsabilité d'une telle mise à jour, les gestionnaires se prononcent de manière relativement consensuelle sur une complémentarité avec les chercheurs selon les composantes et données employées. Pour les chercheurs cependant, le milieu universitaire reste le plus adéquat, sans fermer la porte à des partenariats.

Gestionnaires : *Quels avantages et quelles limites trouveriez-vous à une structure d'indice commune avec un autre territoire (Matanie/CC PBS) confronté à des problématiques proches ?*

Chercheurs : *Quels apports verriez-vous à une méthodologie commune pour développer des indices de vulnérabilité sur les deux territoires d'étude ?*

Dans un premier temps, les gestionnaires interrogés ont manifesté leur intérêt pour une démarche comparative. Les gestionnaires 2 et 3 mettent plus l'emphase sur les retours

d'expérience et les échanges avec des acteurs d'autres territoires. **Lorsque les deux territoires d'intérêt sont mentionnés, le registre bascule clairement au doute et au scepticisme sur la faisabilité de la démarche et sa concrétisation.** Si des parallèles peuvent être tirés, les deux territoires présentent de nombreuses et importantes spécificités qu'une approche commune échouerait à restituer. Le chercheur 9 a offert une analogie pour souligner l'obstacle à comparer la vulnérabilité de deux territoires avec des indices différents.

*« On veut faire un gâteau, ça nous prend de bons ingrédients, même s'il n'y a pas beaucoup d'ingrédients ils doivent être de bonne qualité. C'est sûr que si on prend deux recettes différentes avec des ingrédients différents on n'arrivera pas au même gâteau, même si on a le même moule. »*

Les ingrédients se réfèrent aux données utilisées pour construire les indicateurs, le gâteau à l'indice, et le moule au cadre commun envisagé pour guider les bonifications.

#### 3.2.2.4 Présentation des sous-composantes et indicateurs

Gestionnaires et chercheurs : *Êtes-vous familier avec la grille d'indicateurs OSIRISC ou ResCo (Résilience Côtière), ou une autre grille en particulier? Voici une liste de thèmes envisagés.*

Un exemple de la grille présentée aux participants et modifiée par ces derniers est disponible en Annexe X.

Au travers des relances, les participants étaient invités à s'exprimer sur les thèmes (ou sous-composantes) qu'ils jugent prioritaires. Dans un second temps, des exemples d'indicateurs ont été l'objet de discussions. Les enquêtés étaient encouragés à se prononcer sur d'éventuels manquements qu'ils identifiaient.

#### a) ALÉAS

La composante n'a fait l'objet que de peu d'ajouts, en relation avec le nombre réduit d'indicateurs : seuls 5 enquêtés se sont prononcés. Les gestionnaires québécois évoquent la prise en compte d'autres aléas, comme la projection de blocs de roche, glace, débris mais aussi les mouvements de terrain. La question de l'eau, chère au gestionnaire 3, le pousse à s'interroger sur la prise en compte des sécheresses. Les gestionnaires 3 et 6 décomposent la submersion et l'érosion en plus d'indicateurs. Le gestionnaire 4 évoque la subsidence. Le chercheur 1 est le seul à s'être exprimé sur la question, et exprime le besoin d'adjoindre un thème plus descriptif des paramètres géomorphologiques et hydrosédimentaires des territoires.

#### b) ENJEUX

Les enjeux ont donné lieu à nombre de suggestion, aussi bien dans le détail des indicateurs que des sous-composantes.

**Le niveau d'instruction est loin de faire consensus quand il est évoqué :** perçu négativement (n=1), pas important ou redondant (n=2) parmi les gestionnaires, mais pertinent pour le chercheur 7. Le gestionnaire 1 préférerait remplacer l'indicateur par la vulnérabilité des habitations.

Les limites d'âge pour caractériser la population vulnérable posent question sur sa borne basse (n=2). Plus généralement, des confusions ou redondances sont pointées entre les variables du thème enjeux humains et socio-économiques (voire structurels). L'occupation du sol/vocation du bâti semble intéresser trois enquêtés (2 gestionnaires québécois et le chercheur européen 7) plus qu'une fragmentation en différents indicateurs selon les types de bâtiments. La valeur foncière est souhaitée par deux participants, la prise en compte des résidences secondaires par le gestionnaire 4.

Le patrimoine naturel n'est pas considéré comme enjeu par le gestionnaire 1, tandis que les gestionnaires 3 et 5 marquent leur intérêt pour le patrimoine culturel.

Les différents réseaux sont pointés comme importants (n=2). Ils sont décomposés par gestionnaire 5 en différents indicateurs. Le taux de ménages possédant un véhicule est évoqué à deux reprises.

Deux gestionnaires dissocient en un thème propre les activités maritimes/enjeux nécessitant proximité de la mer.

Le chercheur 9 (et dans une moindre mesure le gestionnaire 5) évoque la dimension sanitaire, et le gestionnaire 3 la disponibilité et la qualité de l'eau.

### c) *MOYENS DE GESTION*

Seuls quatre enquêtés ont exprimé un avis sur la composante. Le gestionnaire 2 considère la gestion de crise comme le thème le plus important, tandis que le gestionnaire 6 priorise l'aménagement du territoire.

Le gestionnaire 3 français souhaite voir un élargissement de la prise en compte des stratégies locales à la subsidiarité entre les différents échelons d'intervention, dans la lignée de la loi Climat Résilience. Cela rejoint l'opinion du gestionnaire 5 québécois qui voit l'intérêt d'un thème sur les capacités des localités à faire face avant d'être débordées. Ce même participant conteste également le bien fondé de prendre le zonage actuel du risque comme indicateur. Ce levier d'action est vu comme un outil de long terme n'impactant pas la vulnérabilité de court terme, si ce n'est d'en éviter l'aggravation. Le chercheur québécois 8 souhaite fortement voir une relocalisation des personnes évacuées au plus proche du territoire, par exemple chez l'habitant un système de solidarité locale. Cela donne lieu à un ajout du thème solidarité/esprit communautaire

#### **d) REPRÉSENTATIONS SOCIALES**

Les gestionnaires ont offert de nombreuses suggestions d'indicateurs pour cette composante. Par contraste, les chercheurs n'ont exprimé que leur appréciation à prendre en compte les représentations.

Le gestionnaire 1 propose d'utiliser les outils issus des sciences participatives comme proxy de la sensibilisation ou du désintérêt de la population aux risques côtiers. L'application Coastappli est citée en exemple. Le consentement à payer est également suggéré, notamment pour les ouvrages de protection coûteux ne bénéficiant qu'à un nombre réduit de personnes.

Le gestionnaire 3 se positionne en faveur d'un indicateur relevant le degré de mobilisation des élus qui représente un enjeu pour son institution. Selon lui, « on s'intéresse trop au public, et pas assez aux élus ». Sa critique porte sur une trop grande attention portée à l'opinion des gens, notamment concernant des changements (comprendre aménagements) déjà en place.

Le gestionnaire 4 argue pour un indicateur traduisant la responsabilisation de l'individu face au risque. Cela fait écho à son observation d'une déresponsabilisation des gens estimant que c'est à telle institution, ou tel acteur d'agir. S'oppose alors une logique d'action en lien avec une connaissance des responsabilités de chacun et une logique d'indemnisation, du type « c'est pas moi, c'est l'État ».

Le gestionnaire 5 signifie sa difficulté à appréhender la notion d'attachement au lieu, et suggère de décomposer l'indicateur en parties distinctes. Une relation possible est pointée entre les activités en lien avec la mer et la perception de la gravité des aléas selon leurs impacts sur ces activités. Sont cités en exemple les habitants de certains rangs (terminologie désignant des chemins ruraux d'arrière-pays) acceptant le risque de se faire inonder lors de crues fluviales, tout en évoquant l'existence d'une fatigue des fausses alertes.

Le gestionnaire 6 exprime une certaine difficulté de compréhension vis-à-vis du terme « représentations », avant d'émettre le souhait de voir la confiance en les institutions locales

élargie à tous les échelons. L'attachement au lieu est vu comme important, les activités en lien avec la mer encore plus. Cependant pour l'enquête cet indicateur a plus sa place dans le thème d'enjeux activités récréotouristiques, en dissociant les activités de loisir des activités traditionnelles.

À la suite des entretiens, une entrevue a été organisée avec E. Guillou, professeure en psychologie sociale et environnementale de l'UBO, participant à l'observatoire OSIRISC et au projet ARICO. Selon elle, aucune des idées proposées ne semble réellement applicable et/ou souhaitable. L'exploitation des images postées sur les réseaux sociaux et autres médias à la manière de Bagdanavičiūtė *et al.* (2019) semble être une piste prometteuse. Est également mis en doute le sens de la donnée issue des cartes participatives pour approcher les représentations, une piste initialement considérée dans le mémoire.

#### 3.2.2.5 La cartographie d'un indice de vulnérabilité

*Gestionnaires : Plusieurs médias existent pour visualiser un indice de vulnérabilité, allant de la carte aux applications web et tableaux de bord. Pour vous, quel format serait le plus pertinent à l'usage ?*

*Chercheurs : Plusieurs médias existent pour visualiser un indice de vulnérabilité, allant de la carte aux applications web et tableaux de bord « dataviz ». Pour vous, quel format serait le plus pertinent à proposer ?*

Parmi les participants s'étant prononcés, la tendance est en faveur d'une diffusion des indices au grand public, avec cependant des réserves (Figure 34). Le gestionnaire 2 s'interroge sur la position des élus sur la question, que le gestionnaire 4 voit comme un frein en raison d'une crainte de contentieux. Pour le gestionnaire 5, une vigilance particulière est à accorder à la sensibilité de certaines informations et leur résolution, sous risque d'influencer le marché immobilier. La position du gestionnaire 6 s'explique par sa référence au projet d'indice sur lequel il travaille, à vocation purement interne.

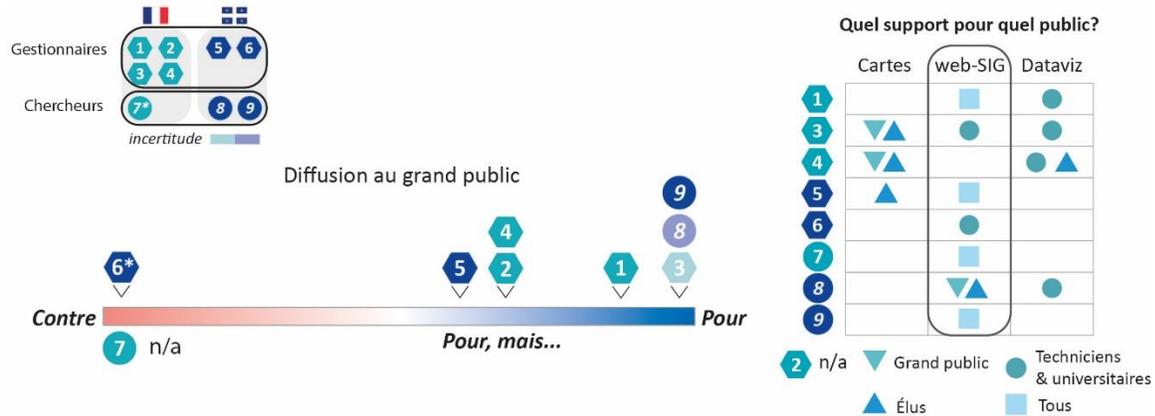


Figure 34 : Positionnement des enquêtés sur la diffusion de l'indice et ses supports

La majorité des participants se prononce en faveur des portails web-SIG comme support de diffusion à privilégier. Quatre d’entre eux considèrent ce média comme adapté à tout type de public s’il est bien conçu.

### 3.2.3 Synthèse croisée

En reprenant la logique de la triangulation des méthodes (Caillaud & Flick, 2016), le croisement des résultats généraux de la revue de littérature et plus particuliers des entretiens offre des contrastes intéressants (Figure 35).

	Revue de littérature	Entretiens
<b>Dimension temporelle</b>	Lien significatif sur-représentation du "oui"	Peu d'avis (2/9) sur la question
<b>Emprise spatiale &amp; unité d'analyse</b>	Pas de lien significatif	Tendance faible vers le plus fin possible
<b>Nombre d'indicateurs</b>	Pas de lien significatif moyenne du corpus à 22,2	Tendance vers un faible nombre, équilibre synthèse/complexité
<b>Pondération</b>	Pas de lien significatif	Tendance nette en faveur d'une pondération
<b>Validation</b>	Pas de lien significatif	Tendance nette en faveur d'une validation (externe)
<b>Type de support privilégié</b>	Lien significatif sur-représentation des web-portails SIG	Tendance nette pour les web-portails SIG pour tous les publics-cible

Figure 35 : Croisements des apports de la revue de littérature et des entretiens

**La seule convergence observable touche au type de support à privilégier pour la diffusion d'un indice.** Les portails web-SIG présentent un lien statistique significatif avec l'usage et/ou l'utilité perçue, tandis que ce support est largement plébiscité par les enquêtés. Les deux indices originaux ayant ce support se voient confortés dans leur choix.

L'importance d'une dimension prospective dans la construction des indices n'a pas été suffisamment couverte lors des entretiens pour dégager une tendance. L'impact du choix des emprises spatiales et des unités d'analyse ne ressort pas comme significatif lors des tests statistiques, mais les répondants semblent plus en faveur de la résolution la plus fine disponible.

Le nombre moyen d'indicateurs relevé dans le corpus de littérature correspond à celui de Résilience Côtière, présentant les 54 indicateurs de l'observatoire OSIRISC comme une valeur extrême. Cependant, ce constat est à relativiser au regard de la complexité desdits indicateurs. Pour les enquêtés, la tendance va plus vers un faible nombre tout en gardant un certain équilibre.

Par contraste avec les retours de la méta-analyse, la pondération et la validation sont pointées, lors des entretiens, comme importantes et souhaitées.

**Plusieurs conclusions se sont imposées pour la suite du mémoire.**

L'article pointant l'importance du contexte entourant la construction d'un indice sur sa pertinence davantage que des choix méthodologiques, **il a semblé logique de suivre les avis recueillis lors des entretiens pour orienter les améliorations.**

L'importance soulignée pour la plus grande implication des potentiels utilisateurs finaux fait écho à la direction du projet ARICO dans lequel s'insère la présente recherche, dans la lignée d'OSIRISC et de Résilience Côtière. Ainsi, la simple contribution par les entretiens est insuffisante et une participation plus active au processus d'amélioration est souhaitable.

La revue de littérature pointe en outre les deux indices originaux comme proches de par leurs caractéristiques au regard de la littérature globale.

**Pour autant, les deux méthodes arguent en faveur d'un abandon d'un cadre commun aux deux indices en faveur d'améliorations en parallèle.** L'apparente nécessité de tenir compte au mieux du contexte propre au développement de chaque indice apparaît comme incompatible avec une approche plus générale. Si les participants des entretiens sont plutôt favorables au cadre conceptuel hybride leur ayant été présenté, des doutes sérieux sont émis sur sa mise en pratique. **Plus qu'un indice, ce sont les retours d'expériences avec les questionnaires de territoires éloignés, mais aux problématiques similaires, qui intéressent les enquêtés.** La démonstration faite par le chercheur 9 démontre l'obstacle que représentent des indices basés sur des données différentes pour une comparaison.

## CHAPITRE 4

### VERS L'AMÉLIORATION DES INDICES : UNE APPROCHE PAR LE WORLD CAFÉ

#### 4.1 MÉTHODES MISES EN ŒUVRE

##### 4.1.1 Fondamentaux du world café

La méthode « *world café* » a été développée par J. Brown et D. Isaacs en 1995 (Löhr *et al.*, 2020). Les deux chercheurs conceptualisent leur approche comme un moyen de faire émerger, à partir d'un groupe hétérogène, « l'intelligence collective ». Cela passe par une co-construction du savoir par le dialogue autour de questions importantes, tout en favorisant les relations interpersonnelles et le co-apprentissage (Brown & Isaacs, 2005 ; Löhr *et al.*, 2020).

Le nom fait référence au décorum de l'atelier cherchant à reproduire l'atmosphère d'un café propice aux discussions. Les participants sont invités à s'asseoir, en petits groupes, autour de tables séparées pour échanger sur une question centrale. À la fin d'un temps défini, les personnes se dispersent vers d'autres tables, formant de nouveaux groupes. Un rapporteur resté à la table précédente résume alors les idées développées jusqu'alors. Les invités continuent ainsi à itérer en petits comités tout en faisant partie d'une réflexion globale. À l'issue des rondes de discussions, les supports présents sur chaque table sont exposés pour un temps d'échange commun permettant de « moissonner » les idées (Brown & Isaacs, 2005 ; Löhr *et al.*, 2020).

Bien que le *world café* soit de plus en plus employé comme méthode de recherche, la littérature évaluant son apport au regard des autres méthodes déjà établies, comme les groupes de discussion, est rare (Fouché & Light, 2011 ; Löhr *et al.*, 2020). Plusieurs éléments motivent l'intérêt porté au *world café* pour ce mémoire :

- l'effectif visé : un groupe de discussion devient moins adapté au-delà de douze personnes (Löhr *et al.*, 2020), chaque participant se retrouvant avec un temps de parole restreint.
- La place du chercheur qui est présentée dans le guide d'origine du *world café* plus comme un facilitateur des discussions que celle d'une interaction active. Le but est bien de recueillir une réflexion coconstruite plus qu'une réponse.
- Les réorganisations de groupes induites par le *world café* peuvent rééquilibrer les prises de paroles dominées par certains individus.

Une limite est cependant relevée : si les groupes de discussion ne permettent pas de couvrir un grand nombre de questions de recherche (Lawrence Neuman, 2014), la méthodologie initiale du *world café* est conçue autour d'une seule question centrale, avec possiblement une déclinaison en sous-questions entre les tables (Löhr *et al.*, 2020).

Opter pour le format résolument participatif du *world café* fait sens dans le cadre plus large du projet de recherche ARICO visant la co-construction (Beuret, 2012) entre les chercheurs et les différents acteurs des territoires. Ce choix est également en continuité avec le projet québécois antérieur, Résilience Côtière (Fraser *et al.*, 2021), ayant fait usage de « carrousels de discussions » inspirés du *world café* auprès d'acteurs et d'habitants de 9 Municipalités Régionales de Comtés (MRC) du Bas-Saint-Laurent (Marie *et al.*, 2017 ; Guénette *et al.*, 2019).

## **4.1.2 Adaptations aux besoins de la maîtrise**

### 4.1.2.1 Objectifs

Le *world café* répond avant tout aux résultats obtenus à partir des méthodes précédentes. Dans le souci d'œuvrer au renforcement de la pertinence des deux indices en parallèle, l'impératif était de mobiliser les potentiels utilisateurs finaux en une réelle participation (Beuret, 2012). Plus particulièrement, les ateliers se sont focalisés sur deux étapes de la construction des indices :

- **Le choix des indicateurs.** Cette étape est vue comme indispensable pour :

- évaluer la pertinence (axée sur l'importance et l'acceptabilité) des indicateurs auprès des utilisateurs finaux pour représenter la vulnérabilité dans le cadre de leurs missions
- Obtenir une plus grande compréhension sur les contrastes observés dans les positionnements lors des entretiens et la littérature.

Au final, le but est d'obtenir le plus d'éléments possible pour implémenter des changements significatifs aux indicateurs, répondant aux contributions des participants. Disposer d'indicateurs déjà construits et appliqués comme base de travail présente par ailleurs un avantage certain pour une implication des gestionnaires efficace (Fleming *et al.*, 2022).

- **La pondération**, explicitement souhaitée lors des entretiens. Secondairement, comparer les résultats obtenus avec deux éléments tirés de la littérature :

- un contraste entre les méthodes sur la différence de résultats entre un indice pondéré et non pondéré (Morelli *et al.*, 2021, Reckien, 2018, entre autres).
- La fluctuation importante d'une pondération aux dires d'acteurs d'une itération à l'autre (Bottomley *et al.*, 2000).

Enfin, les données collectées permettent d'étayer la réflexion sur le degré de rapprochement que deux indices distincts peuvent atteindre.

#### 4.1.2.2 Publics cibles

En se basant sur les résultats de la méta-analyse et des entretiens, la priorité s'est recentrée sur des acteurs publics d'échelons locaux à supralocaux, ainsi que sur certains acteurs semi-publics. En complément, et dans la prolongation des entretiens, des chercheurs ont également été associés. Un fait saillant observé est la grande différence de contextes entre la Bretagne (France) et le Québec, motivant des panels distincts d'une seule nationalité. L'organisation des ateliers est adossée aux semaines de séminaire du projet ARICO, en

Matanie et en Pays Bigouden Sud, réunissant chercheurs et gestionnaires collaborateurs faisant partie du public cible.

L'atelier réalisé au Québec a ainsi pu bénéficier de la présence de membres de différents ministères provinciaux, aussi bien issus de l'administration centrale que des délégations régionales :

- le Ministère de la Santé Publique (MSP),
- le Ministère des Transports (MTQ),
- le Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH),
- le Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCC).

La gestion territoriale locale était représentée par des membres de la MRC de la Matanie et de La Mitis, ainsi que de la ville de Matane. Parmi les acteurs semi-publics, des membres des Centres intégrés de santé et de services sociaux (CISSS) et la Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) étaient également présents. Enfin, le panel a été complété par un chercheur québécois possédant une expertise sur les indices de vulnérabilité, rattaché à l'université Têluq. Initialement, plusieurs autres chercheurs québécois ont été conviés, mais n'ont pu répondre présents.

Pour l'atelier réalisé en France, des difficultés d'organisations n'ont pas permis d'obtenir la participation d'acteurs extérieurs au projet ARICO. Le nombre plus restreint d'invités comptait, pour les gestionnaires :

- des représentants du pôle environnemental de la CC PBS,
- un membre du Conseil Départemental du Finistère,
- un membre de la Région Bretagne.

Trois chercheuses et un chercheur impliqués dans le projet ARICO ont également participé. Il et elles sont rattachés à l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) et l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO).

#### 4.1.2.3 Déroulé général des ateliers

Tout comme les ateliers antérieurs du projet ResCo, la méthodologie adoptée pour discuter des indicateurs de vulnérabilité dévie sensiblement des préconisations de la littérature pour s'adapter au but de la recherche.

Le volume important d'informations à transmettre pour alimenter les discussions a donné un rôle plus actif aux chercheurs. Chaque atelier a débuté par une présentation succincte d'une quinzaine de minutes. Cela comprend une mise en contexte sur la vulnérabilité et ses dimensions, l'indice considéré, le fonctionnement du *world café* et le déroulé de l'atelier. Le rôle de rapporteur à chaque table a également été assuré par des membres de l'équipe de recherche. À l'aide de fiches synthétiques pour chaque indicateur, créées pour l'évènement (Québec) ou préexistantes (France), les chercheurs se sont impliqués dans les discussions pour transmettre des précisions en cas de questionnement ou faire circuler la fiche appropriée.

Une thématique différente a été assignée à chaque table au lieu d'une question commune. La session au Québec comptait trois tables :

- les indicateurs d'enjeux exposés,
- les indicateurs de capacité d'adaptation,
- les aléas, les emprises spatiales et temporelles.

Seulement deux tables ont été tenues lors de la session en France :

- les indicateurs d'enjeux humains et économiques,
- les indicateurs d'enjeux structurels, agricoles et naturels.

Au regard de la contrainte de temps des ateliers se déroulant sur une matinée, procéder ainsi a permis d'étendre le nombre de composantes (et dimensions) des indices ouverts à la « co-(re)construction ».

Les supports graphiques ont également été adaptés. Le format de tableau interactif plus contraignant a été substitué à l'habituelle nappe de papier blanc offrant la liberté à chacun

d'annoter les idées émergent des échanges. Les participants ont été invités à positionner, via des feuillets autocollants (post-its®) pré-renseignés, chaque indicateur dans un espace bivarié (Figure 36) :

- en abscisse, la pertinence perçue pour approcher la vulnérabilité étudiée dans une optique d'aide à la prise de décision,
- en ordonnée, la faisabilité, soit la facilité de calcul et d'obtention des données nécessaires à la réalisation de l'indicateur.

Ce type de support s'inspire de Fleming *et al.* (2022) lors d'un atelier participatif de priorisation visant à la création d'un indice de vulnérabilité. Lors du premier atelier en Matanie, les invités ont rencontré une certaine difficulté à se repérer sur le tableau. Cela a motivé l'explicitation des axes avec des repères visuels en échelle de Likert.

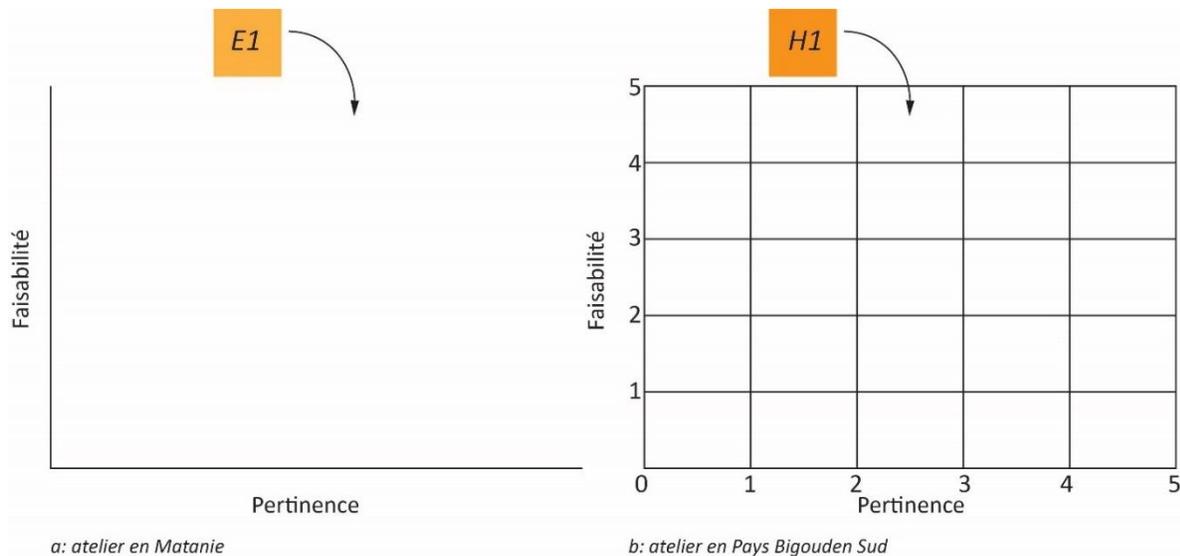


Figure 36 : Schéma des tableaux interactifs employés lors des ateliers

Lors de la présentation et par rappels faits au fil des rondes de discussions, les participants ont été encouragés à soumettre, au besoin, de nouveaux indicateurs, à décomposer ou agréger des indicateurs entre eux, ou à en supprimer.

La durée des rondes proposée par la littérature est d'une vingtaine de minutes (Löhr *et al.*, 2020). Pour les ateliers, le temps a été augmenté dans la limite du possible selon les

retours d'expériences du projet Résilience Côtière (Marie *et al.*, 2017). La durée des rondes a été décroissante, pour tenir compte à la fois du temps de présentation des invités, la familiarisation avec le fonctionnement de l'atelier et les réflexions déjà avancées. Le Tableau 5 résume les principales caractéristiques des panels d'invités et le déroulé pour chaque atelier.

À l'instar de plusieurs *world cafés* (Brown & Isaacs, 2005 ; Löhr *et al.*, 2020) utilisant des panneaux et des feuillets autocollants pour matérialiser les résultats des discussions, les supports des tables affichés au mur ont servi de base lors de la période de restitution. Chaque atelier est clos par une dernière étape de pondération.

*Tableau 5 : Récapitulatif des panels et déroulé des deux ateliers world café*

	<b>Atelier Matane</b>	<b>Atelier Loctudy</b>
<b>Nombre d'invités</b>	12 gestionnaires, 1 chercheur	4* gestionnaires, 4 chercheurs
<b>Ratio externes/ membres ARICO</b>	10 : 3	0 : 8
<b>Nombre de tables</b>	3	2
<b>Nb de participants par table</b>	4 - 5	3 - 4
<b>Déroulé (approximatif)</b>	Présentation – 10 mn Ronde 1 – 35 mn Ronde 2 – 30 mn Ronde 3 – 25mn Mise en commun – 40 mn Pondération – 20 mn	Présentation - 10 mn Manipulation OSI - 20 mn Ronde 1 – 40 mn Ronde 2 – 30 mn Mise en commun – 40 mn Pondération – 20 mn

\* : un gestionnaire n'a pu se joindre à l'atelier que durant la mise en commun et la pondération.

### 4.1.3 La pondération aux dires d'acteurs

Le choix de la méthode de pondération a été guidé majoritairement par la contrainte de temps des ateliers, favorisant une approche simple. L'option du vote par allocation de budget a donc été retenue, apportant un peu plus de nuance que le questionnaire. Ce choix découle de l'usage antérieur de cette méthode par le projet Résilience Côtière (Marie *et al.*, 2017). L'objectif initial contrarié par la pandémie était de pondérer de cette manière les indicateurs de l'indice de vulnérabilité à l'érosion Resco. Un questionnaire en ligne assorti de capsules vidéo a été transmis à la place, présentant des résultats exploitables malgré leurs limites (Drejza *et al.*, 2021).

Les publications utilisant le vote par allocation sont rares. Depietri *et al.* (2018), en se basant sur la synthèse de Saisana & Tarantola (2002), préconisent un budget de 100 jetons par personne. Le nombre d'indicateurs à pondérer ne doit pas dépasser un maximum de 10, au risque de voir une charge cognitive trop importante imposée aux participants. Cependant, les ateliers conduits précédemment (Marie *et al.*, 2017) démontrent la possibilité d'aller au-delà : les participants ont été incités à voter avec deux budgets de 20 jetons (respectivement pour les résultats de la première et de la deuxième table) sur 14 et 16 entrées différentes. Considérant ces éléments, ainsi que la possibilité de voir de nouvelles entrées ajoutées lors de la partie *world café*, un idéal de 15 entrées différentes par budget a été visé. **Pour obtenir des résultats suffisamment nuancés, le nombre de jetons par budget est de deux fois le nombre d'entrées possibles, soit 30.**

Rétrospectivement, la méthode retenue n'est peut-être pas la plus optimale au regard de la littérature (Bottomley *et al.*, 2000) : la charge mentale induite est le principal facteur explicatif avancé pour une faible robustesse des résultats sur un grand nombre d'itérations. De plus, l'utilisation d'urnes et jetons présente certes un élément de convivialité, mais a pu influencer sur le choix des invités par observation du comportement d'autrui. Enfin, Morgan (2014) pointe les limites à recourir aux dires d'experts, ainsi que d'agréger des résultats individuels en cas de panel diversifié.

#### 4.1.4 Recueil et traitement des données

##### 4.1.4.1 Données des *world cafés*

En se basant sur des craintes exprimées par Löhr *et al.* (2020) d'un risque posé par un enregistrement sur l'aisance de parole des invités, l'impasse a été faite sur l'usage de dictaphones. Le recueil des propos s'appuie donc essentiellement sur la prise de notes par les animateurs des tables ainsi que par les observatrices présentes lors des ateliers. Malgré cela, certains propos intéressants ont pu échapper à la vigilance de l'équipe, apportant une limite dans l'interprétation de certains résultats. Dans l'optique de futurs ateliers, le rapport préjudice/bénéfice d'appareils d'enregistrements irait plus en faveur de ces derniers, sous réserve de consentement.

Avec l'accord des participants, des photos ont été réalisées au fil des ateliers, notamment entre les différentes rondes pour garder une trace d'avancement des tableaux interactifs. Ces images ont permis, à l'exception de la table des moyens de gestion pour le Québec, de retracer par photo-interprétation les évolutions des positions attribuées aux indicateurs selon la pertinence et la faisabilité. Des valeurs allant de 1 à 5 pour chaque axe ont ainsi été déterminées post-atelier, puis rapportées aux scores obtenus lors des votes. Les deux idées sous-jacentes sont :

- obtenir un proxy partiel du degré de consensus en se basant sur le postulat qu'un indicateur ayant bougé plusieurs fois de positions est marque de débats ;
- vérifier l'adéquation entre le résultat commun des tableaux interactifs et le positionnement individuel lors des votes.

##### 4.1.4.2 Données des votes de pondération

Les enveloppes remises aux invités contenaient deux budgets de 30 jetons numérotés. Cela a permis lors du comptage de reconstituer la stratégie de vote de chaque participant et de répondre aux objectifs suivants :

- identifier un éventuel comportement extrême influençant fortement le résultat global : par exemple, un invité qui aurait contribué de vingt ou trente jetons sur un seul indicateur.
- Observer de possibles similarités dans les votes entre acteurs de la même structure, ou occupant des fonctions analogues.

Une question guide a été soumise lors de la présentation aux votants :

- Québec : « *Quels indicateurs pour mieux saisir la vulnérabilité présente et future du Québec maritime aux aléas côtiers ?* »
- France : « *quels sont pour vous les indicateurs les plus pertinents et faisables pour renseigner un indice global de vulnérabilité du littoral finistérien aux aléas érosion côtière et submersion ?* »

Les participants ont été invités à voter à l'issue de la mise en commun des rondes de discussions, sans restriction du nombre de jetons allouable à un indicateur. Le décompte a été ensuite réalisé via Excel comme base pour analyses. Dans l'optique de comparer les résultats obtenus lors des deux ateliers, les données de distribution ont été transformées en valeurs centrées réduites ou scores-Z selon l'équation suivante :

*Équation 2 : Calcul du score-Z*

$$x = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Où chaque valeur ( $X$ ) exprime la valeur d'origine, ici le nombre de jeton cumulés pour l'indicateur, ( $\mu$ ) son écart à la moyenne de votes pour l'ensemble des indicateurs et ( $\sigma$ ) l'écart-type.

Les valeurs ainsi exprimées en unités d'écart-types (positif ou négatif) à la moyenne s'émancipent des ordres de grandeur. L'approche s'avère d'autant plus intéressante pour comparer les résultats obtenus à la première pondération de l'indice ResCo (Drejza *et al.*, 2021)

Les participants du questionnaire en ligne lors de la pondération du projet initial avaient été invités à se prononcer sur chaque indicateur selon une échelle de Likert à quatre échelons :

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

Non présentée ici, une seconde comparaison a été faite entre les résultats de la première pondération de ResCo et celle menée dans l'adaptation de la méthode au contexte camerounais (Mfoumeyeng Enoto, 2022).

**Une vigilance particulière doit cependant être accordée à la différence dans la collecte de données.** Le vote de pondération effectué lors des *world café* se base sur les assomptions suivantes pour chaque indicateur :

- « *Un nombre de jetons sensiblement supérieur ou inférieur à la moyenne traduit une importance relative très forte ou très faible de cet indicateur, respectivement, et donc un écart significatif par rapport à un scénario de pondération égale* »
- « *Un nombre de jetons sensiblement analogue à la moyenne ne présente que peu de différence comparativement au poids de l'indicateur si la pondération aurait été égale* »

**Cette correspondance entre la moyenne et la valeur hypothétique d'un indicateur en cas de pondération égale ne se retrouve pas pour les données issues de la première pondération ResCo.** En extrapolant, la catégorie « moyennement importante » correspondrait à 1,5 selon la terminologie de la pondération initiale (Tableau 6). La comparaison des scores-Z dérivés des deux jeux de données doit tenir compte de cet écart, et se limite donc aux seules positions relatives des indicateurs. Le score d'un indicateur peut être moindre par rapport à la moyenne mais tout de même perçu comme important, cela dit moins que les autres indicateurs.

Tableau 6 : Écarts entre valeurs d'intérêts et moyenne pour les différentes pondérations

Pondération	Valeur d'intérêt (= non-pondération)	Moyenne
ResCo, version initiale	<b>Enjeux : 1,5</b> <b>Capacités : 1,5</b>	<b>Enjeux : 2,13</b> <b>Capacités 2,25</b>
World café ResCo	Enjeux : 30 Capacités : 26	Enjeux : 30 Capacités : 26
World café OSIRISC	Enjeux 1 : 30 Enjeux 2 : 21,8	Enjeux 1 : 30 Enjeux 2 : 21,8

## 4.2 RESULTATS DE L'ATELIER DE MATANE

### 4.2.1 Table des enjeux exposés

À l'issue de l'atelier, aucun des indicateurs initiaux n'a été retiré, et un seul ajout effectué. Le positionnement final assigne une haute pertinence et/ou haute faisabilité à la majorité d'entre eux (Figure 37). Les invités ont généralement procédé indicateur par indicateur pour chaque table. Le degré de discussions et parfois de repositionnements entre les rondes varie cependant.

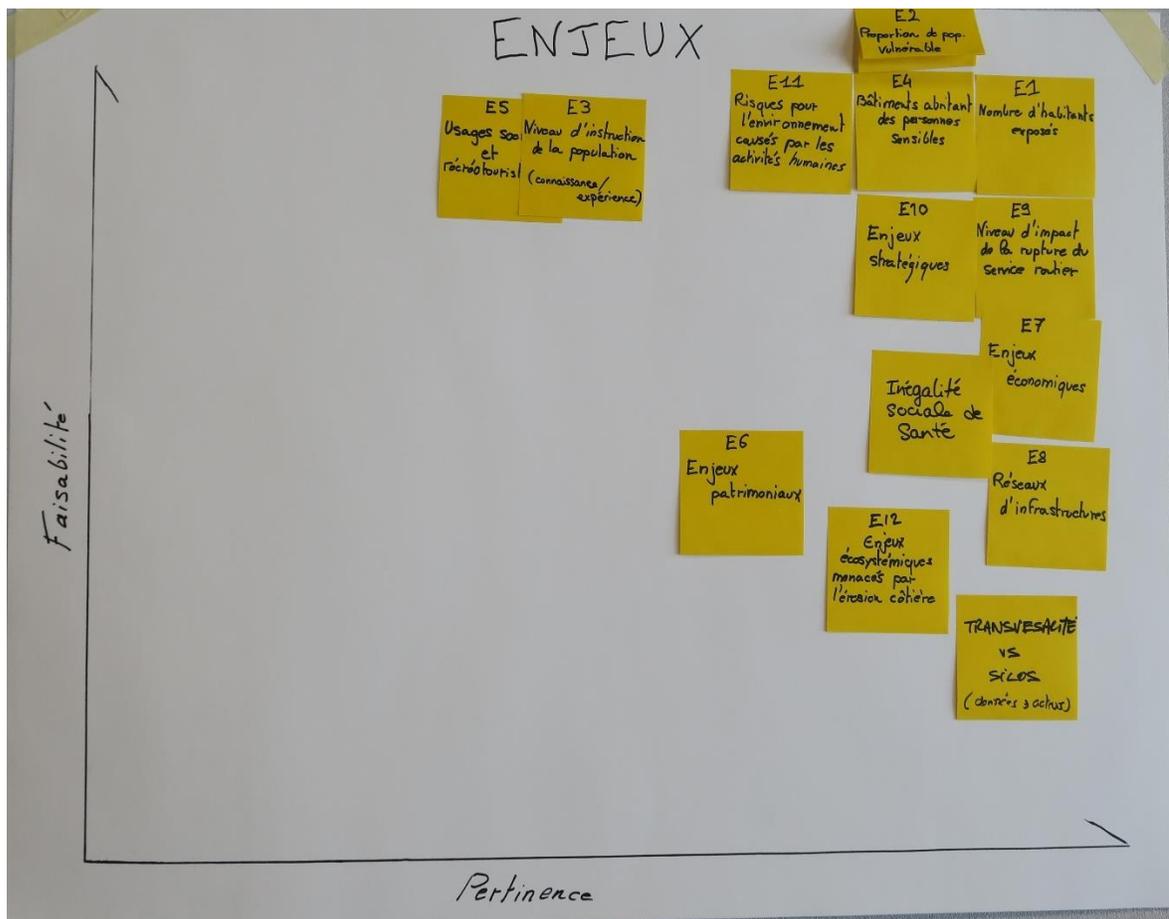


Figure 37 : Photo du tableau final des indicateurs d'enjeux exposés – Résilience Côtière.

Cinq indicateurs initiaux sur les douze n'ont pu à pas fait l'objet de discussions (Figure 38) :

- Les indicateurs *Nombres d'habitants exposés* (E1), *Enjeux patrimoniaux* (E6) et *Enjeux stratégiques* (E10), placés en première ronde.
- Les indicateurs *Usages sociaux et récréotouristiques* (E5) et *Réseaux d'infrastructures* (E8) en seconde ronde.

La *proportion de population vulnérable* (E2) abordée en première ronde a été rediscutée en seconde. La seule donnée d'âge est considérée comme insuffisante pour exprimer la logique de l'indicateur. De nombreux groupes de population plus vulnérables

comme les personnes souffrant de maladies chroniques, isolées, sans abris, etc. ne sont pas comptabilisés.

Ce constat a mené à la proposition d'un nouvel indicateur complémentaire *Inégalités sociales de santé* (E13) en troisième ronde.

Code	Nom	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Mise en commun	Rang de pondération
E1	Nombre d'habitants exposés	5 = 5 = 5 = 5	5 = 5 = 5 = 5	5 = 5 = 5 = 5	5 = 5 = 5 = 5	1er
E2	Proportion de population vulnérable	3 + 5 = 4 = 4 = 4	4 = 5 = 5 = 5	4 = 5 = 5 = 5	4 = 5 = 5 = 5	8e
E3	Niveau d'instruction de la population	1 + 5 = 3 = 3 = 3	3 = 5 = 5 = 5	3 = 5 = 5 = 5	3 = 5 = 5 = 5	11e
E4	Bâtiments abritants des personnes sensibles	4 = 5 = 4 = 4 = 4	4 = 5 = 5 = 5	4 = 5 = 5 = 5	4 = 5 = 5 = 5	3e
E5	Usages sociaux et récréotouristiques	○	2 = 5 = 2 = 2	2 = 5 = 5 = 5	2 = 5 = 5 = 5	10e
E6	Enjeux patrimoniaux	4 = 3 = 4 = 4 = 4	4 = 3 = 3 = 3	4 = 3 = 3 = 3	4 = 3 = 3 = 3	12e
E7	Enjeux économiques	4 + 3 = 5 = 3.5 = 3.5 = 3.5	5 = 3.5 = 3.5 = 3.5	5 = 3.5 = 3.5 = 3.5	5 = 3.5 = 3.5 = 3.5	9ex
E8	Réseaux d'infrastructures	○	5 = 3 = 5 = 5 = 5	5 = 3 = 3 = 3	5 = 3 = 3 = 3	2nd
E9	Niveau d'impact de la rupture du service routier	5 = 4 = 5 = 4 = 4	5 = 4 = 4 = 4	5 = 4 = 4 = 4	5 = 4 = 4 = 4	6e
E10	Enjeux stratégiques	4 = 4 = 4 = 4 = 4	4 = 4 = 4 = 4	4 = 4 = 4 = 4	4 = 4 = 4 = 4	5e
E11	Risques pour l'environnement causés par les activités humaines	○	4 = 5 = 4 = 4 = 4	4 = 5 = 5 = 5	4 = 5 = 5 = 5	7e
E12	Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion côtière	○	4 = 1 + 2 = 4 = 4 = 4	4 = 2 = 2 = 2	4 = 2 = 2 = 2	9ex
E13	Inégalités sociales de santé	○	○	5 = 3 = 5 = 5 = 5	5 = 3 = 3 = 3	4e

Pertinence ● ● ● ● ● ●

Faisabilité ○ ○ ○ ○ ○ ○

1 2 3 4 5 n.a

Figure 38 : Évolution dans le positionnement des indicateurs d'enjeux exposés en fonction de la pertinence et de la faisabilité définies par les participants – Résilience Côtière

Le niveau d'instruction de la population (E3) a été le plus débattu lors des rondes successives, avec l'idée de le supprimer complètement en troisième ronde. Le niveau de

pertinence majoré par le second groupe traduit une position plus favorable, sans être changé par la suite.

*Les bâtiments accueillant des personnes sensibles (E4)* est apparu comme redondant avec E2 en première ronde, sans être rediscuté ensuite. Après l'introduction d'E13 (*Inégalités sociales de santé*), supposément plus proche encore dans sa logique, la question de la redondance de l'indicateur n'a pas été évoquée.

*Les enjeux économiques (E7)* a fait l'objet de courtes discussions en seconde ronde, aboutissant à un rehaussement sur les deux axes sans être réexaminé par la suite.

*Le niveau d'impact de la rupture du service routier (E9)* a provoqué des réactions en première ronde, critiquant la subjectivité des valeurs seuils retenues. La logique de l'indicateur n'a pas été contestée, ni n'a fait l'objet de discussions ultérieurement.

*Les risques pour l'environnement causés par les activités humaines (E11)* a été discuté en seconde ronde, sans que la teneur des propos ne soit relevée. L'indicateur n'a pas été considéré par la suite.

*Les enjeux écosystémiques menacés par l'érosion côtière (E12)* a nourri des questionnements plus généraux sur la place de la nature comme enjeu, les enjeux de nature en seconde et troisième ronde. La faisabilité de l'indicateur a été rehaussée en dernière ronde.

Le groupe en troisième ronde a longuement échangé sur l'absence ou la présence de transversalité entre acteurs du territoire concernés par la vulnérabilité, ainsi que le partage des données. Une idée d'indicateur a été proposée en ce sens, avant d'être rediscutée lors du temps de mise en commun et basculée sur le tableau des capacités d'adaptation.

**Il ressort que la majorité des indicateurs initiaux (8 sur 12) n'a été abordée que durant une ronde, sans faire l'objet de réactions subséquentes.**

**Les quatre indicateurs discutés sur plusieurs rondes ont, à chaque fois, fait l'objet d'un repositionnement à la hausse.** Le nouvel indicateur E13 est le fruit d'une réflexion

maturée sur les trois rondes. E3 a également considéré sur toutes les tables, du fait de sa nature contestée.

Enfin, aucune modification sur le tableau n'est intervenue durant le temps de mise en commun. **Considérant tous ces éléments, il semble que les indicateurs choisis initialement sont relativement consensuels pour le panel d'invités.**

#### **4.2.2 Table des capacités d'adaptation**

**Les indicateurs de capacités d'adaptation ont fait l'objet de bien plus de propositions d'ajouts**, parfois s'assimilant plus à des concepts (Figure 39). Si la volonté des invités a été de procéder également par indicateur, dès la première ronde deux idées-forces ont orienté durablement les discussions.

La notion centrale abordée est celle de la **complexité**, dérivant de réflexions sur l'indicateur *Niveau de réglementation liée aux risques naturels (A2)*. Pour les invités, la complexité est multiforme et multiscalaire :

- complexité d'une réglementation sans cesse changeante, affectant les équipes au sein des ministères. Cette difficulté se voit renforcée par un manque de communication entre départements.
- Ces difficultés se retrouvent lors des échanges avec les différents échelons administratifs et acteurs, du ministère à la municipalité.
- La complexité s'impose donc doublement aux citoyens exposés aux risques côtiers, devant composer à la fois avec la réglementation et l'aléa.

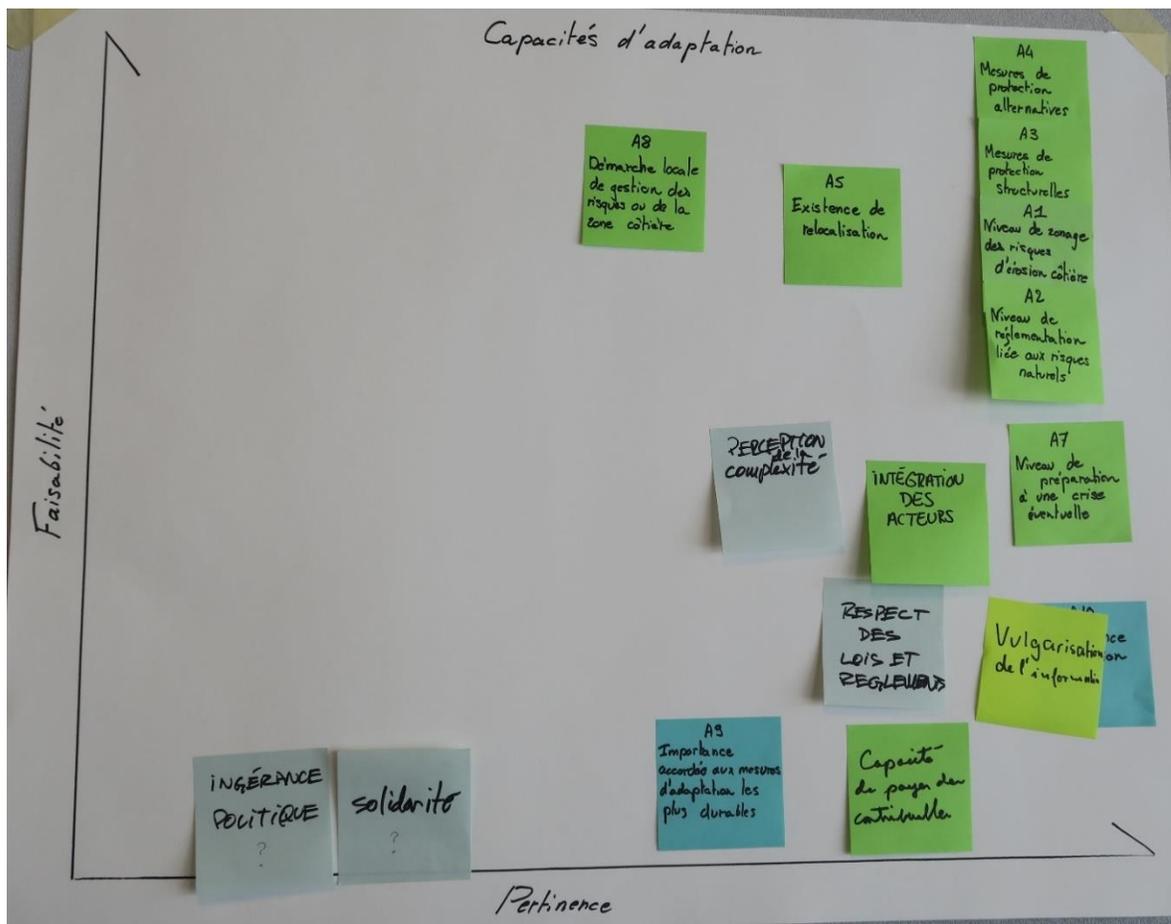


Figure 39 : Photo du tableau final des indicateurs de capacité d'adaptation– Résilience Côtière.

En découle une seconde notion de **solidarité**, envisagée par un invité comme une valeur « communautaire » ou « philosophique » plus que monétaire. Une solidarité entre habitants est vue comme facteur de résilience collective. Par exemple, lors d'un sinistre, un relogement temporaire chez l'habitant pourrait être une solution avantageuse et complémentaire à des centres d'hébergement d'urgence. En découle deux suggestions, « solidarité » et « ingérence politique » comme base d'indicateurs, mais qui sont reléguées en seconde ronde en bas de tableau faute de propositions d'opérationnalisation.

La solidarité (ou l'absence de) a cependant été perçue dans son sens monétaire en seconde ronde, découlant sur proposition d'un invité, en un indicateur de gestion *Capacité à payer des contribuables exposés* (A12).

La complexité a servi de prisme de lecture pour l'indicateur *Accès à l'information concernant les risques côtiers (A6)*. L'information foisonnante diffusée par de nombreux acteurs et parfois contradictoire peut décourager le citoyen et le pousser à agir « selon ses émotions », avec la pose d'un enrochement individuel prise en exemple. En dernière ronde, cette réflexion a mûri pour aboutir au remplacement de l'indicateur par le *Degré de vulgarisation de l'information scientifique concernant les risques côtiers (A6bis)*. L'intelligibilité de l'information (ou qualité) est vue comme plus importante que la quantité.

Dans la continuité de la difficulté de communication entre les différents acteurs, ainsi qu'à partir d'un exemple tiré d'OSIRISC, les invités de la seconde ronde ont proposé une nouvelle entrée : *L'intégration des acteurs (A11)*

Plus directement, un indicateur de *Perception de la complexité (A13)* est également suggéré en seconde ronde.

**Parmi les indicateurs préexistants, seul le *Zonage des risques d'érosion côtière (A1)* a été placé sans reconsidération ultérieure (Figure 40).**

Outre les considérations sur la complexité, l'indicateur *Niveau de réglementation lié aux risques naturels (A2)* n'a pas été discuté en tant que tel. Lors de la seconde ronde, le positionnement a été rectifié pour correspondre à A1, A3 et A4 considérés comme d'égale pertinence et faisabilité maximales, car déjà réalisés.

*Les mesures de protection structurelles (A3) et alternatives (A4)* ont questionné une invitée lors de la seconde ronde. Ces mesures sont vues comme faillibles, et peuvent donc augmenter aussi bien que baisser la vulnérabilité.

Code	Nom	Ronde 2	Ronde 3	Mise en commun	Rang de pondération		
A1	Niveau de zonage des risques d'érosion côtière	5 4	= +	5 5	= =	5 5	4ex
A2	Niveau de réglementation lié aux risques naturels	5 3	= +	5 5	= =	5 5	9e
A3	Mesures de protection structurelles	5 4	= =	5 5	= =	5 5	11e
A4	Mesures de protection alternatives	5 5	= =	5 5	= =	5 5	3e
A5	Existence de relocalisations	5 5	- -	4.5 4	= =	4.5 4	12e
A6bis	Vulgarisation de l'information scientifique sur les risques côtiers	5 2	changement	5 2	= =	5 2	1er
A7	Niveau de préparation à une crise éventuelle	4.5 3.5	+ -	5 3	= =	5 3	2nd
A8	Démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière	3 5	= =	3 5	= =	3 5	7e
A9	Importance accordées mesures d'adaptations durables	3.5 1	= =	3.5 1	= =	3.5 1	10e
A10	Connaissance de l'érosion côtière	5 2	= =	5 2	= =	5 2	4ex
A11	Intégration des acteurs	5 3	= =	5 3	= =	5 3	6e
A12	Capacité à payer des contribuables exposés	4.5 1	= =	4.5 1	= =	4.5 1	14e
A13	Perception de la complexité	4 3	= =	4 3	= =	4 3	13e
A14	Respect des lois et réglementations	4 2	= =	4 2	= =	4 2	5e
A15	Engagement des élu.e.s	1 1	= =	1 1	changement	1 1	8e

Pertinence ●●●●●●●●●●  
 Faisabilité ○○●●●●●●●●  
 1 2 3 4 5 n.a

Figure 40 : Évolution dans le positionnement des indicateurs de capacités d'adaptation – Résilience Côtière.

À noter : en l'absence de photo, retranscrire les changements entre la première et seconde ronde n'a pas été possible.

En lien avec la réflexion sur les enrochements et la notion de complexité, un invité en seconde ronde a proposé l'indicateur de perception *Respect des lois et réglementations (A14)*. Deux sources de données sont envisagées : la photo-interprétation d'images obliques, ou le recensement des infractions liées aux enrochements.

*L'existence de mesures de relocalisation (A5)* a donné lieu à des réserves en première ronde, l'argument s'appuyant sur le peu d'opérations préventives menées à ce jour sur le territoire québécois. L'indicateur a cependant été placé en haute pertinence au regard de la prospective de 2070, mais abaissé lors de la dernière ronde. **Les invités considèrent que la relocalisation, telle que menée actuellement, n'est pas la plus optimale pour réduire la vulnérabilité.**

*Le niveau de préparation à une crise éventuelle (A7)* a donné lieu à quelques interrogations lors de la première ronde, pour, semble-t-il, être accepté. Lors de la troisième ronde, les invités ayant examiné la fiche affirment la pertinence de l'indicateur, mais pointent sa complexité. Cela a abouti à un repositionnement sur le tableau.

*La démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière (A8)* a été critiquée lors de la première ronde. Selon les invités, s'intéresser aux initiatives et dynamiques au sein des municipalités est plus pertinent que de recenser la production de documents. Cet indicateur n'a cependant pas été rediscuté a posteriori.

Dès la première ronde, la question de mesurer les représentations sociales/perceptions a été abordée. L'approche retenue par OSIRISC est apparue intéressante pour les invités. Lors de la ronde suivante cependant, un invité a proposé sa distinction entre perceptions et représentations, remportant l'adhésion de la table. Selon lui, une relation positive ou négative peut être donnée aux indicateurs de perceptions, contrairement à ceux des représentations.

Les indicateurs *Importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables (A9)* et *Connaissance de l'érosion côtière (A10)* n'ont été que peu discutés en-dehors de confirmer la nécessité d'un nouveau protocole de questionnaire.

**Pour les indicateurs de capacités d'adaptation, la moitié des indicateurs initiaux n'ont fait l'objet de discussions directes que durant une ronde.**

Sur les cinq indicateurs d'origine examinés sur plus d'une ronde, quatre ont vu leur position changée entre les rondes deux et trois, mais de manière contrastée :

- A1 et A2 ont vu une augmentation de leur faisabilité,
- A5 voit sa cotation abaissée sur les deux axes,
- A7 enregistre une légère augmentation de la pertinence pour une égale baisse de faisabilité.

A6 se voit substituer pour une nouvelle logique avec A6bis, sans pour autant affecter son positionnement.

Le placement des propositions de nouveaux indicateurs reste inchangé durant les rondes de discussions, mais contrairement à la table d'enjeux, le temps de mise en commun a induit des modifications. Le concept de solidarité inscrit en première ronde est écarté à défaut d'opérationnalisation. L'ingérence politique est relue au prisme de l'intégration des acteurs et des perceptions : cela aboutit à la création de l'indicateur *Engagement des élu.e.s* (A15).

**Par la richesse des idées développées, le nombre significatif de nouveaux indicateurs proposé et la substitution d'un préexistant, la table des capacités d'adaptation se démarque clairement.**

#### **4.2.3 Table des aléas, unités spatiales et temporelles**

**Le premier élément clé est le net consensus, au travers des différents groupes, sur la nécessité de prendre en compte la submersion marine.** Malgré les limites actuelles de la méthode simple (Drejza *et al.*, 2014), développée par le laboratoire LDGIZC (et déjà employée par le MSP), cette dernière est jugée des plus pertinentes pour les intervenants de première ligne. Utiliser cette méthode à défaut d'une cartographie plus précise et complexe, en cours de finalisation au LDGIZC, est jugée, en tout point, préférable que de ne pas traiter

la submersion. Une crainte formulée cependant est la tentation de « stériliser le droit de propriété » à partir de cette méthode incertaine.

D'autres aléas naturels sont évoqués, sans pour autant aboutir sur un consensus pour une intégration à l'indice :

- les projections de débris lors de tempêtes ;
- les avancées dunaires, problématique en Basse-Côte-Nord et aux îles de la Madeleine ;
- les glissements de terrain et autres mouvements de versants ;
- les inondations fluviales lorsque les sites sont à des embouchures.

Ces deux derniers aléas pourraient être intégrés à terme comme facteurs aggravants de l'érosion et la submersion, respectivement.

Si l'approche prospective par pas de temps n'est pas remise en question, le choix des bornes temporelles divise. Les invités font état de préférences divergeant selon leur structure d'appartenance :

- le MTQ et l'autorité portuaire envisagent les aléas sur le temps long dans le cadre de la planification d'infrastructures, rendant l'horizon 2100 intéressant.
- Les représentantes du CISSS et de la ville de Matane considèrent l'horizon 2045 comme préférable au regard de l'urbanisme et les représentations des habitants. Pour eux, plus le pas de temps est long, plus l'acceptabilité sociale est difficile à obtenir. Pour le MAMH, ce pas de temps de 25 ans fait sens pour des projections de développement.
- Le personnel des MRC considère le pas de temps 20-30 ans également comme préférable dans l'optique de l'aménagement du territoire.
- Le MSP, enfin, ayant déjà employé l'indice considère l'horizon 2070 comme le plus pertinent.

**Si un pas de temps à 20-30 ans semble recueillir la majorité des intérêts, le consensus n'est pas atteint.** Ce pas de temps correspond à celui retenu par l'indice initial.

Le choix des unités spatiales n'a été que peu abordé au fil des rondes, notamment en raison du temps disponible. Peu d'invités ont de fait exprimé leur opinion sur la question. Pour certains, une approche par types de trait de côte serait pertinente pour l'érosion. Un invité a proposé l'usage des cellules hydrosédimentaires, découpées en tronçons de 10 m. Un autre invité trouve au contraire plus adapté des tronçons d'inégale longueur selon l'occupation du territoire plus adaptés.

Lors de la mise en commun, le représentant du MSP a suggéré l'emploi des unités de gestion déjà utilisée au ministère, tenant à la fois compte du contexte d'occupation du territoire et des cellules hydrosédimentaires. Ces unités sont de taille variable, mais peuvent être recalculées sur une échelle commune. Cette proposition semble avoir remporté l'adhésion des autres invités mais faute de temps, la discussion n'a pu être approfondie.

#### **4.2.4 Scores de pondération**

##### 4.2.4.1 Indicateurs d'enjeux

À l'issue du vote clôturant l'atelier, trois groupes d'indicateurs d'enjeux se distinguent indépendamment de leur catégorie d'appartenance (Figure 41) :

- une nette majorité (8 sur 13) proche de la moyenne.
- *Le nombre d'habitants exposés (E1) et Les réseaux d'infrastructures (E8)* significativement supérieurs à la moyenne
- *Le niveau d'instruction de la population (E3), Usages sociaux et récréotouristiques (E5) et Enjeux patrimoniaux (E6)* significativement inférieurs à la moyenne.

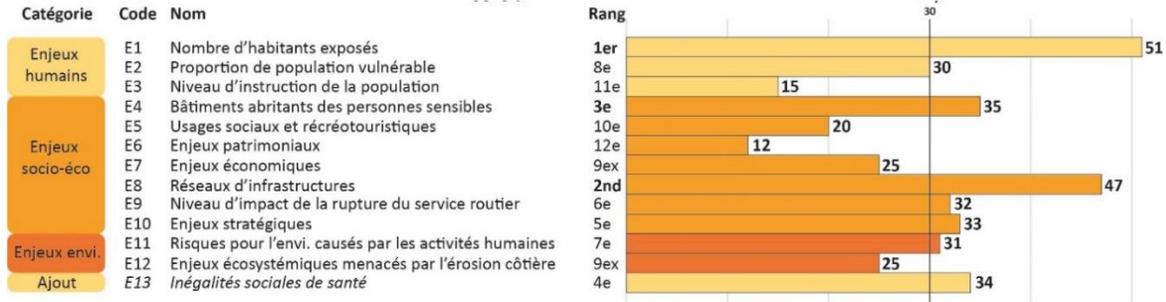


Figure 41 : Résultats agrégés du vote de pondération pour les enjeux exposés – Résilience Côtière

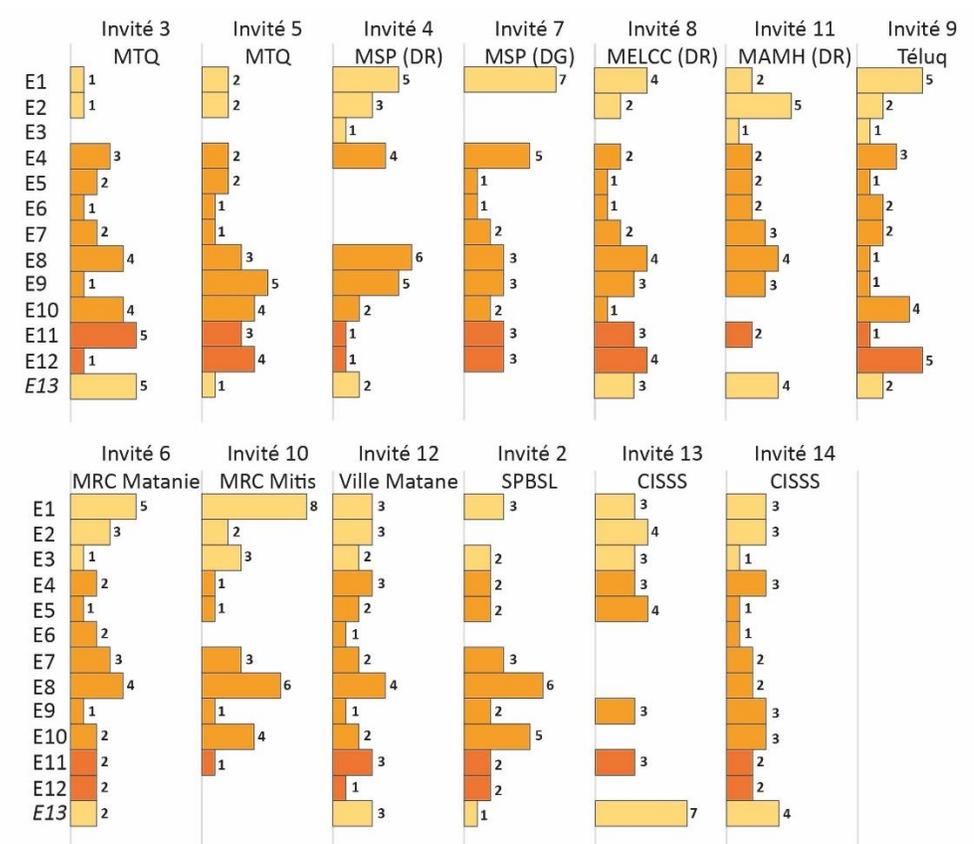


Figure 42 : résultats individuels du vote de pondération pour les enjeux exposés – Résilience Côtière

En examinant les stratégies de vote des différents invités (Figure 42), la structure d'appartenance ne semble a priori pas influencer. La faible taille d'effectif, ainsi que l'expression d'opinions davantage que du discours institutionnel sont les facteurs d'explication les plus probables. Deux comportements se distinguent :

- une distribution « équilibrée » majoritaire, couvrant tous les indicateurs jusqu'à deux exceptions, et avec une attribution n'excédant pas cinq points.
- Une distribution « polarisée », n'attribuant pas de jetons sur deux indicateurs ou plus pour faire ressortir des indicateurs préférés avec un score supérieur à cinq points (invités 2, 4, 7, 10, 13).

#### 4.2.4.2 Indicateurs de capacités d'adaptation

Le résultat pour les indicateurs de capacités d'adaptation est plus contrasté (Figure 43), du fait d'un plus grand nombre d'indicateurs initiaux auquel s'adjoignent de nouvelles entrées :

- une majorité d'indicateurs (n=10) est toujours sensiblement analogue à la moyenne.
- *Vulgarisation de l'information scientifique sur les risques côtiers (A6bis)* et *Niveau de préparation à une crise éventuelle (A7)* sont sensiblement supérieurs à la moyenne.
- *Mesures de protection structurelle (A3)* et *Existence de relocalisations (A5)* sensiblement inférieurs à la moyenne
- *Capacités à payer des contribuables (A12)* et *Perception de la complexité (A13)* très inférieurs à la moyenne, correspondant à des ajouts par les invités.

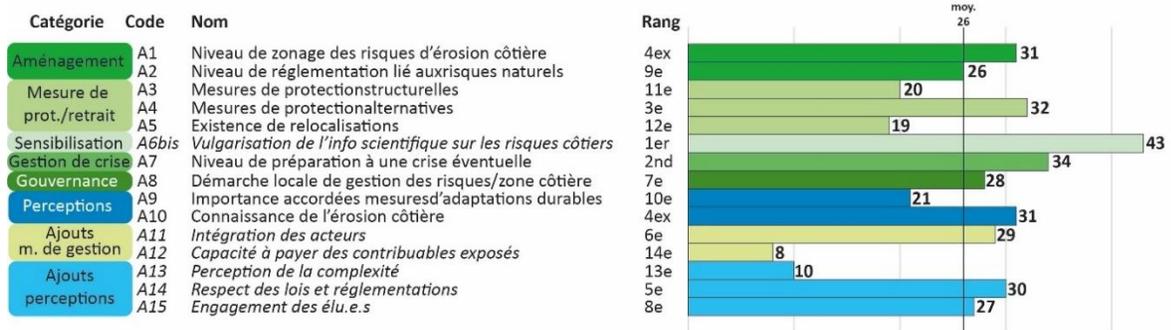


Figure 43 : Résultats agrégés du vote de pondération pour les capacités d'adaptation – Résilience Côtière

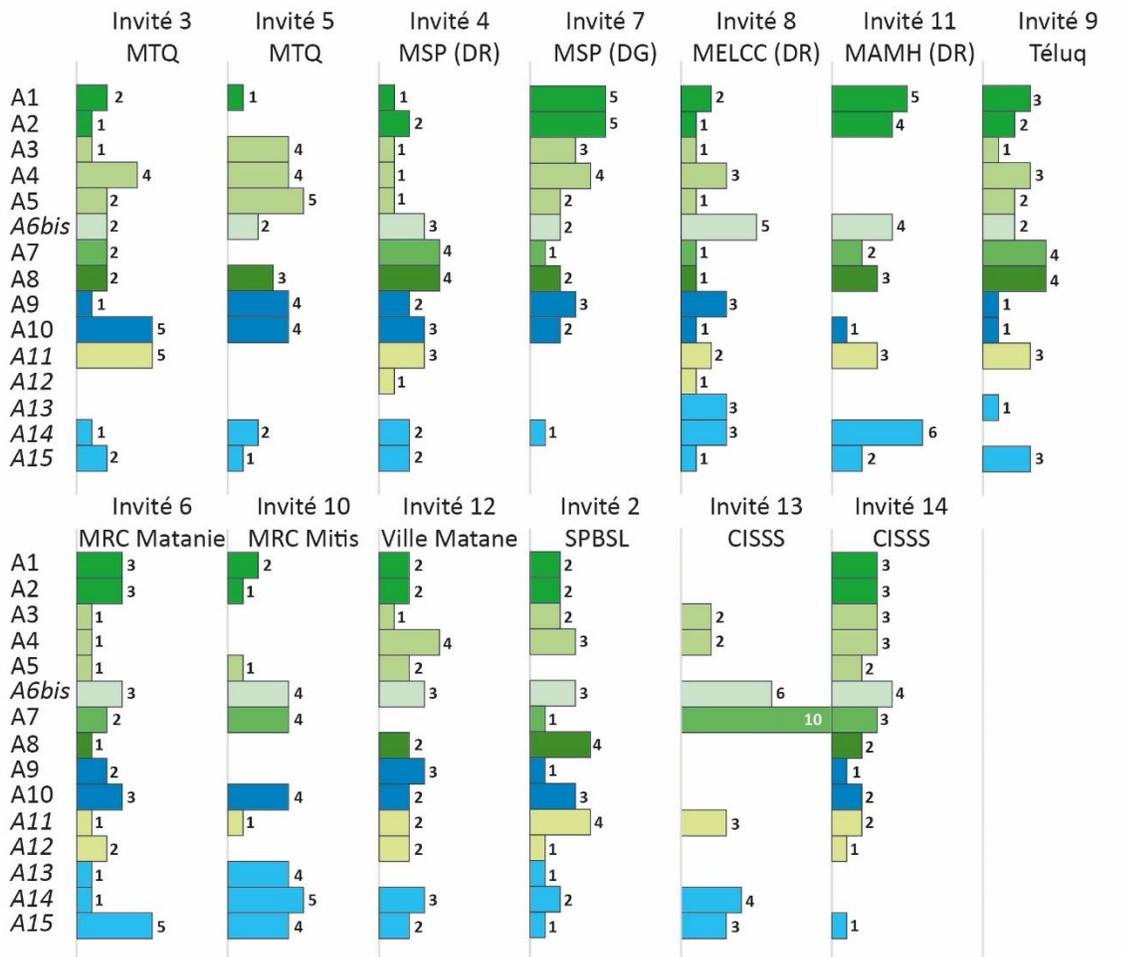


Figure 44 : Résultats individuels du vote de pondération pour les capacités d'adaptation – Résilience Côtière

L'examen des votes individuels présente des profils similaires à ceux des enjeux (Figure 44) :

- le vote « équilibré » se retrouve pour la majorité des invités.
- Le vote « polarisé » est adopté par les invités 7, 11 et 13.
- L'invité 5 se distingue par un entre-deux, à savoir un score nul pour cinq indicateurs, mais un score élevé (4+) pour cinq autres indicateurs.

Par comparaison entre les deux budgets, il apparaît que la stratégie choisie est erratique, à savoir qu'un invité peut attribuer des scores équilibrés sur une série d'indicateurs, et polarisés sur une autre (invités 2 et 4, par exemple). L'invité 13 se distingue par sa récurrence à attribuer un score important à un indicateur dans les deux composantes, en optant pour un vote polarisé.

#### **4.2.5 Relation entre l'évaluation de la pertinence, et de la faisabilité et les valeurs de pondération**

La composante des enjeux exposés (Figure 38) présente un lien observable entre les positionnements maximaux en pertinence et en faisabilité de l'indicateur E1 et son rang (1<sup>er</sup>) lors du vote de pondération subséquent. Cependant, ce constat n'est pas valable pour les indicateurs E8 et E4 classés 2<sup>nd</sup> et 3<sup>e</sup> respectivement.

À l'opposé, les indicateurs aux scores de pondération moindres présentent une pertinence plus faible que l'ensemble, sans pour autant que le classement corresponde directement. Ainsi, l'indicateur E5 présente une pertinence de 2 sur 5 pour le 10<sup>e</sup> rang, tandis que les enjeux patrimoniaux sont classés en dernier (12<sup>e</sup>) pour une pertinence de 4 sur 5.

Deux tendances générales peuvent être soulignées concernant les enjeux. Premièrement les indicateurs ayant vu leur positionnement évoluer au fil des rondes, bien que toujours vers une hausse en pertinence et/ou en faisabilité, ont les scores de pondération les plus faibles (en excluant E6).

Deuxièmement, les scores généralement élevés de pertinence aidant, c'est davantage ce critère qui semble avoir été pris en compte lors du vote de pondération.

Ces tendances ne se retrouvent pas dans la composante des moyens de gestion (Figure 40). Bien qu'incomplets, les changements renseignés démontrent que les indicateurs A1, A2, A3, A5, A7 n'influent peu à pas sur le classement de pondération.

**La relation entre pertinence, faisabilité et classement de pondération apparait, de fait, incertaine.** Les cinq premiers indicateurs, selon le score de pondération, présentent une pertinence maximale pour une faisabilité contrastée. A6bis n'est positionné qu'à 2 sur 5, mais classé premier par la pondération. À l'inverse, A4 est placé haut en pertinence et faisabilité, mais obtient la 12<sup>e</sup> place.

**Au final, on observe un certain écart entre les résultats issus de la réflexion exprimée lors du *world café* et l'opinion exprimée par le vote.** Cela peut traduire deux positionnements :

- un indicateur considéré pertinent mais relativement moins important par les invités.
- Une différence entre le positionnement commun et l'opinion individuelle.

En l'absence d'un cas de figure où un indicateur jugé peu pertinent à l'issue des tables de discussions mais au vote de pondération important, il semble y avoir une cohérence entre les deux étapes.

### **4.3 RESULTATS DE L'ATELIER DE LOCTUDY**

#### **4.3.1 Table des enjeux humains et économiques**

La majorité des indicateurs se situent en haute pertinence et/ou faisabilité, à l'exception notable du *Nombre de résidences secondaires (H6)* (Figure 45).

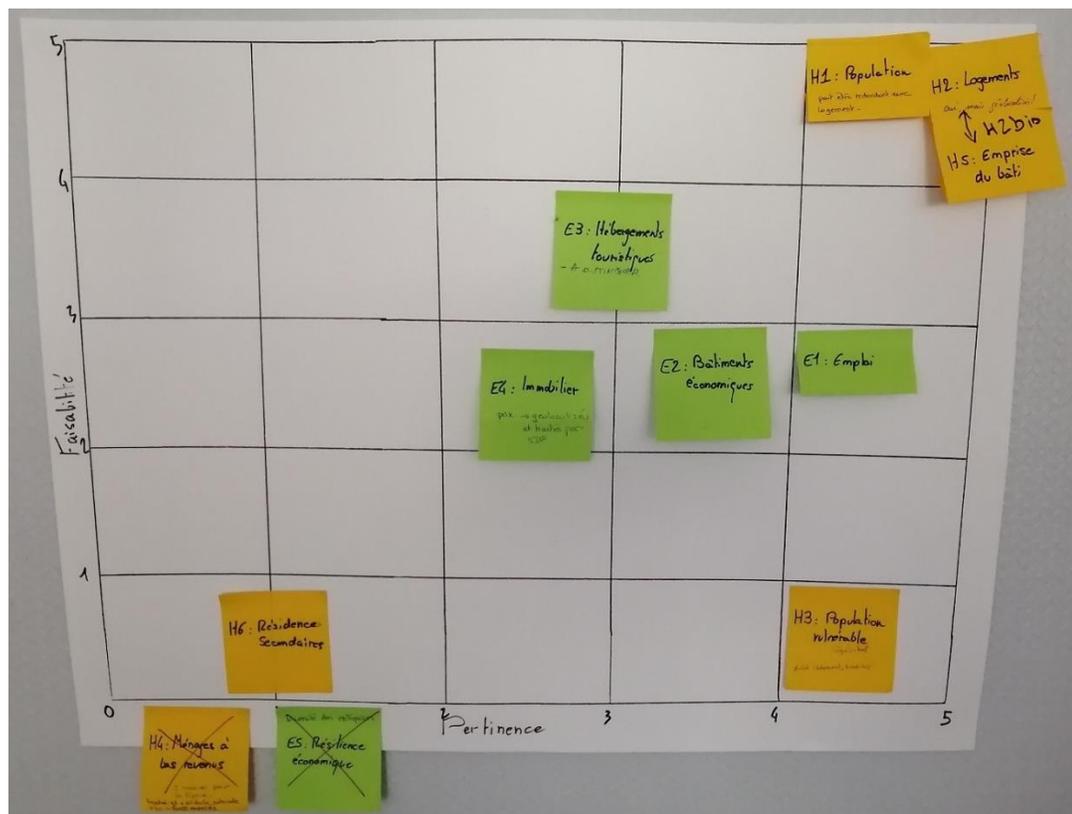


Figure 45 : Photo du tableau final des indicateurs humains et économiques – OSIRISC

Les trois premiers indicateurs d'enjeux humains n'ont été examinés qu'exclusivement durant la première ronde.

*Le nombre d'habitants (H1) est vu comme redondant avec Populations vulnérables (H3) et Nombre de ménages à bas revenus (H4). L'indicateur est cependant placé en pertinence et faisabilité maximales.*

*La localisation du bâti résidentiel (H2) est vue comme imprécise. Au lieu de mailles, la géolocalisation est jugée préférable. Ainsi, les invités préconisent une fusion de H2 avec H5 – Emprise du bâti résidentiel.*

*La population vulnérable (H3) ne convainc pas sur les données employées : il n'existe pas de consensus sur les bornes d'âge dans la littérature. Il est donc proposé de changer les données pour renseigner les groupes de populations vulnérables, telles les personnes*

handicapées isolées. La complexité d'obtenir des données justifie le placement en faible faisabilité.

*Le nombre de ménages à bas revenus (H4) a donné lieu à d'intenses discussions lors des deux rondes. L'indicateur est considéré comme pertinent pour le contexte américain ou global, mais pas pour la France. Une invitée a avancé que les populations modestes sont généralement en logements sociaux, et de fait protégées en cas de catastrophe par une obligation des bailleurs au relogement. La solidarité par le système français d'indemnisation des catastrophes naturelles « CatNat » réduit la pertinence de cet indicateur. Cette donnée n'est, en outre, pas intégrée dans la gestion locale. **L'indicateur a, par conséquent, été supprimé de manière consensuelle.***

*La proportion de résidences secondaires (H6) n'a pas fait consensus : l'information n'est pas vue comme pertinente et semble difficile à obtenir, avec le souci de pouvoir distinguer dans le temps les résidences principales des résidences secondaires. Le second groupe a abaissé la pertinence et la faisabilité (Figure 46).*

Code	Nom	Ronde 1	Ronde 2	Mise en commun	Rang de pondération
H1	Population	5 5	= 5 = 5	= 5 = 5	1er
H2bis	Logements exposés	5 5	= 5 = 5	= 5 = 5	2e
H3bis	Population vulnérable	5 1	= 5 = 1	= 5 = 1	3e
H6	Résidences secondaires	3 3	- 1.5 - 1	= 1 = 1	8e
E1	Emploi	5 5	= 5 - 3	= 5 = 3	4ex
E2	Bâtiments économiques	● ○	4 3	= 4 = 3	4ex
E3	Hébergements touristiques	● ○	3.5 4	= 3.5 = 4	7e
E4	Immobilier	5 4	- 4 - 2	- 3 + 3	6e

*Figure 46 : Évolution dans le positionnement des indicateurs d'enjeux humains et économiques – OSIRISC.*

*Le nombre d'emplois (E1)*, a été placé en pertinence et faisabilité maximales sans discussion notable lors de la première ronde. La faisabilité de l'indicateur est cependant contestée en seconde ronde, se traduisant par un changement de position. Une certaine redondance est observée avec *E2*. Lors de la mise en commun, l'idée de géolocaliser les emplois a été proposée.

*E2, E3 et E5* n'ont été discutés que lors du second groupe.

Les données nationales employées actuellement pour *l'emprise au sol du bâti à vocation économique (E2)* sont considérées comme imprécises. Les pôles économiques des communautés de communes sont potentiellement à même de fournir des données précises sur leur territoire. Enfin, une classification des différents usages est souhaitée plus qu'un comptage global.

*L'hébergement touristique (E3)* est jugé faisable et pertinent sous réserve d'établir une classification. Les campings sont déjà intégrés dans la gestion locale. Un lien avec l'économie est fait avec cet indicateur car, en cas de survenue d'une catastrophe, les touristes ne reviennent pas immédiatement.

*La diversité économique (E5)* est supprimée de manière consensuelle, le postulat qu'une mono-activité rend un territoire plus fragile que des activités diversifiées étant contesté.

***La valeur immobilière (E4)* est l'indicateur ayant donné lieu au plus fort débat du *world café*.** Selon les invités, il est nécessaire d'être représentatif pour ne pas donner une lecture erronée. À l'instar de H2bis, la géolocalisation est préférée à la maille 200x200 m. L'indicateur est vu comme proxy des représentations : si les prix augmentent, cela traduit une absence de prise en compte de l'impact des risques sur les mentalités. La pertinence de l'indicateur est cependant contestée en seconde ronde, la valeur d'un bien n'influant pas la prise de décision locale. Lors de la mise en commun, l'argument contraire d'un intérêt pour

la prise de décision est avancé. La faisabilité reste questionnée, car conditionnée à la présence de transactions immobilières en quantité suffisante. Un invité gestionnaire reste formellement opposé à l'indicateur, ne faisant donc pas consensus.

**Si des consensus émergent sur certains indicateurs, notamment sur leur suppression, d'autres ont fait l'objet d'intenses discussions sans émergence d'une position commune. Dans l'ensemble, tous les indicateurs ont fait l'objet de discussions.**

#### 4.3.2 Table des enjeux structurels, agricoles et naturels

Seuls les quatre indicateurs S4, S6 à S8 ont été positionnés lors de la première ronde (Figure 47). La majorité des indicateurs est, là encore, positionné comme ayant une forte pertinence et/ou faisabilité. Deux indicateurs dans leurs formes initiales ont été écartés (S2 et S9), pour une substitution (S2bis) et un ajout (S10).

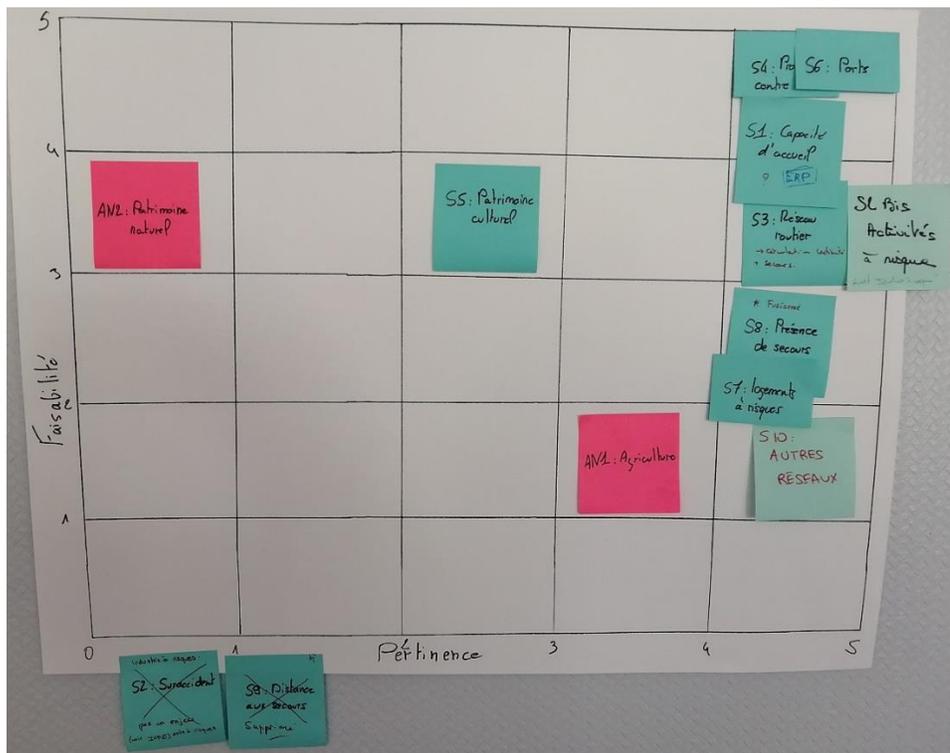


Figure 47 : Photo du tableau final des indicateurs d'enjeux structurels, agricole et naturel – OSIRISC.

*La capacité d'accueil des établissements recevant du public (S1)* a soulevé des interrogations dues à l'absence de fiche explicative. La mise en commun a permis de clarifier l'indicateur, alors classé en pertinence et faisabilité maximales.

*Les industries à risques de suraccident (S2)* est vu comme trop restrictif ; d'autres sites qu'industriels classés Seveso (norme européenne sur les sites industriels dangereux) sont susceptibles d'engendrer des suraccidents. Un nouvel intitulé *Activités à risques de suraccident (S2bis)* a été proposé.

*La densité du réseau routier (S3)* a rapidement amené la discussion sur les autres réseaux importants pour un territoire : adduction d'eau, électricité, télécommunications. Les routes sont davantage considérées dans l'optique de gestion de crise.

En complément de S3, un nouvel indicateur *Autres réseaux (S10)* est proposé. Initialement considéré lors du développement de l'indice, la nature sensible des données n'a pas permis à l'équipe de recherche d'y avoir accès. Les invités ont alors suggéré de s'appuyer sur les communautés de communes pour contacter les différents concessionnaires de ces réseaux.

*Les ouvrages de protections contre la mer (S4)* ont directement été placés en première ronde avec une pertinence et une faisabilité maximale sans donner lieu à des discussions.

*Le patrimoine architectural et culturel (S5)* et le *Patrimoine naturel (AN2)* ont été discutés de pair. **Les invités ne se sentent pas qualifiés pour déterminer ce qui relève ou non du patrimoine.** À titre d'exemple donné, la valeur accordée par les habitants à un élément patrimonial n'est pas forcément celle perçue par les gestionnaires. Durant la mise en commun, la faisabilité de S5 est vue comme supérieure à AN2 en raison des données existantes.

AN2 a été discuté sur sa pertinence en tant qu'enjeu à risques. La submersion peut favoriser l'arrivée de nouvelles espèces, même s'il est admis que l'aléa peut également entraîner la perte d'une réserve emblématique d'un territoire. La mise en commun a mis en

évidence une opposition entre une chercheuse considérant les espaces naturels comme un moyen de gestion, et un gestionnaire les considérant comme non pertinents pour son action. **Le consensus n'existe donc pas pour cet indicateur.**

*Les ports (S6)* est considéré comme un indicateur pertinent et faisable en première ronde, mais est jugé incomplet. La mise en place a minima d'une typologie des différentes fonctions portuaires (pêche, plaisance, militaire, etc.) est suggérée, voire un indice composite intégrant la valeur économique du port, les équipements présentant un sur-risque, etc.

*Les logements à risques (S7)* se définissent par une architecture de plain-pied sans ouverture sur le toit. Leur prise en compte est considérée comme des plus pertinentes et faisable par les invités. Les données proviennent de diagnostics de vulnérabilité conduits par la CC PBS. Ces enquêtes de terrain sont coûteuses et donc difficiles à reconduire pour actualiser les données. De plus, nombre d'intercommunalités n'ont pas réalisé ce type d'enquête, rendant l'indicateur difficile à appliquer. Pour ces raisons, la faisabilité de l'indicateur a été abaissée (Figure 48).

Les invités ont opté en première ronde pour la fusion des indicateurs *Présence de centres de secours (S8)* et *Accessibilité depuis les centres de secours (S9)* en raison de leur similarité considérée comme redondante. En seconde ronde cependant, S9 est vu comme peu pertinent comparé à S8 au regard de la diversité des moyens pouvant être déployés en cas de crise majeure (hélicoptères, zodiacs). **Durant la mise en commun, cette réflexion a abouti à la suppression de S9.**

*Les terres agricoles (ANI)* sont considérées en première ronde comme importantes malgré une faible valeur foncière comparativement au bâti résidentiel. La base de données employée s'appuyant sur l'octroi de subventions est vue comme incomplète. La dissociation des bâtiments d'élevage intégrés dans E2 est également critiquée. L'indicateur n'a pas été rediscuté par la suite.

**Dans l'ensemble, les observations dressées pour la première table se trouvent validées pour la seconde, avec la distinction notable de l'ajout d'un nouvel indicateur.**

Code	Nom	Ronde 1	Ronde 2	Mise en commun	Rang de pondération
S1	Établi. recevant du public	● ○	● ○	5 5	2e
S2bis	Activités à risques	● ○	5 4	= = 5 4	5e
S3	Réseau routier	● ○	5 4	= = 5 4	6e
S4	Protection contre la mer	5 5	= = 5 5	= = 5 5	3e
S5	Patrimoine culturel	● ○	3 2	= + 3 4	10th
S6	Ports	5 5	= = 5 5	= = 5 5	4e
S7	Logements à risques	5 5	= = 5 5	= = 5 3	1er
S8	Présence de secours	2,5 2,5	+ + 5 3	= = 5 3	8th
S10	Autre réseaux	● ○	5 2	= = 5 2	7th
AN1	Agriculture	● ○	4 2	= = 4 2	9ex
AN2	Patrimoine naturel	● ○	1 4	= = 1 4	9ex



Figure 48 : Évolution dans le positionnement des indicateurs d'enjeux structurels, agricole et naturel – OSIRISC.

### 4.3.3 Scores de pondération

De manière analogue à l’atelier dédié à Résilience côtière, le vote des invités sur les indicateurs d’enjeux OSIRISC a permis de discriminer les indicateurs en quatre grandes catégories (Figure 49) pour les deux budgets :

- aussi bien parmi les indicateurs d’enjeux humains et économiques que structurels, agricoles et naturels, une part importante a des scores sensiblement analogues à la moyenne (4 sur 8 et 5 sur 11, respectivement).
- Les indicateurs H1, H2bis, S1 et S7 présentent des scores sensiblement supérieurs à leurs moyennes respectives.
- E3, S5, S8, AN1 et AN2 ont des scores sensiblement inférieurs à leurs moyennes.
- Enfin, H6 et S5 présentent des scores très inférieurs à leurs moyennes respectives.

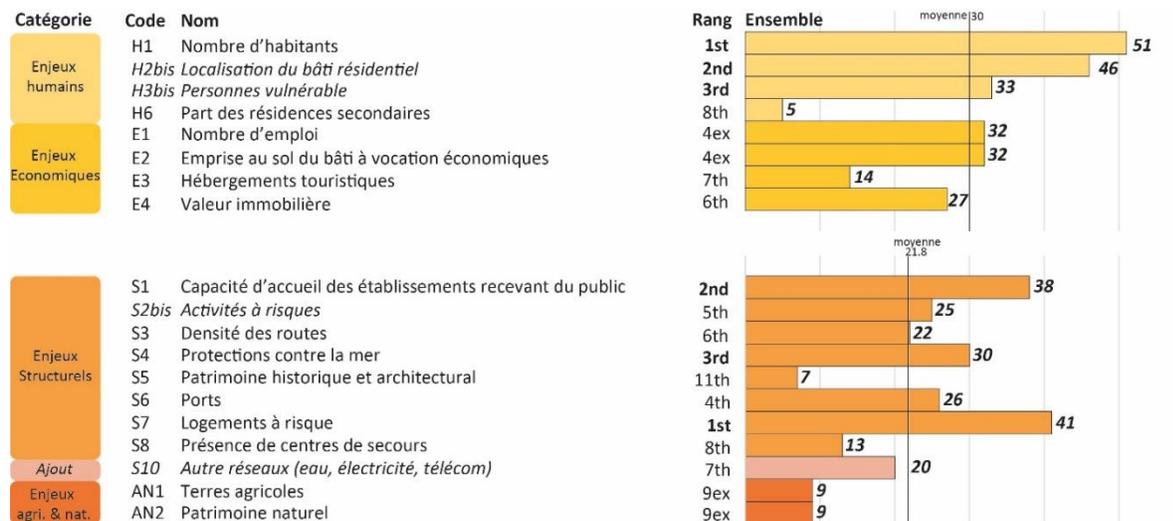


Figure 49 : Résultats agrégés du vote de pondération sur les indicateurs d'enjeux-OSIRISC.

Identifier des stratégies de vote distinctes apparaît encore moins évident en raison du plus faible nombre d’invités et d’indicateurs proposés (Figure 50). Les deux participants issus de la CC PBS présentent un vote similaire, mais seulement pour les enjeux structurels, agricoles et naturels. Seul l’invité 1 peut être qualifié comme adoptant une stratégie « polarisée » constante. Pour l’indicateur AN2, l’invité 8 se distingue en portant, à lui seul, la majorité du score global. **À l’instar du vote pour les indicateurs de Résilience Côtière,**

il ne semble pas y avoir de relation nette entre l'attribution de scores par les invités et leur structure d'appartenance.

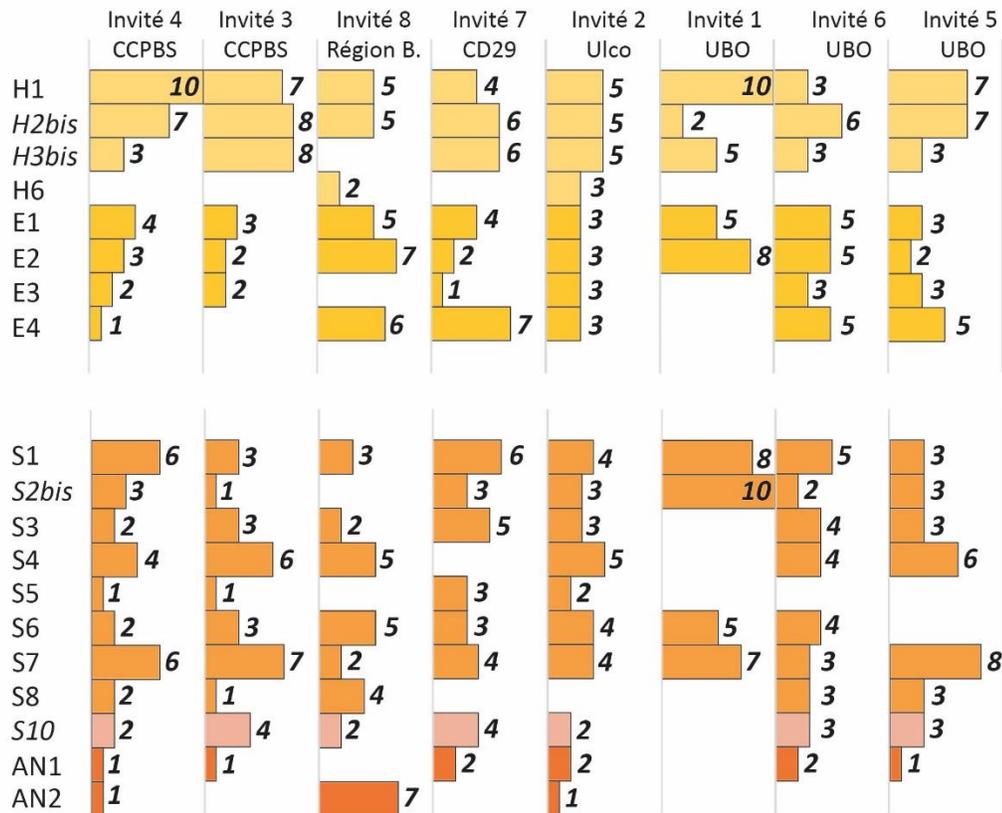


Figure 50 : Résultats individuels du vote de pondération pour les indicateurs d'enjeu – OSIRISC

#### 4.3.4 Relations entre l'évaluation de la pertinence, faisabilité et les valeurs de pondération

De manière similaire aux indicateurs d'enjeu exposés pour Résilience Côtière, il est tentant d'établir un lien entre la pertinence et le classement à la pondération (Figure 46). En raison du grand nombre d'indicateurs structurels, agricoles et naturels cotés à 5 en pertinence, identifier la moindre tendance s'avère délicat (Figure 48).

**Sans que, encore une fois, un lien net ne soit observable**, les indicateurs ayant connu un changement dans leur positionnement sont généralement dans la moitié inférieure du

classement de pondération. Peu d'indicateurs ont été positionnés lors de la première ronde sur la table deux, relativisant encore le résultat. Cependant, plusieurs changements de positionnements ont été faits durant le temps de mise en commun, ce qui n'est pas arrivé lors du premier *world café*.

#### **4.4 CONVERGENCES, DIVERGENCES ENTRE LES DEUX INDICES AU SORTIR DES *WORLD CAFES***

Mettre en parallèle les deux indices au travers de leurs indicateurs est un exercice indéniablement subjectif. Cependant, la tenue des *world cafés* a permis d'identifier des similitudes dans les discours des invités, ainsi que les valeurs de pondérations attribuées. L'analyse suivante s'appuie également sur les correspondances établies précédemment entre indicateurs dans le cadre du projet ARICO (Maden, 2022). Le rapprochement révisé présenté en Figure 51 est basé sur deux critères :

- la logique derrière la construction de l'indicateur, soit le sens fait aux données employées,
- dans un second temps, la nature des données en elles-mêmes.

Les valeurs sont exprimées en scores-Z (cf. partie 4.1.4.2). La lecture des résultats passe évidemment par les similitudes dans les scores-Z, mais également dans la hiérarchie relative (rangs) induite entre les indicateurs par le vote. L'apport qualitatif s'appuie sur les logiques et réflexions exprimées par les invités lors des *world café* (cf. parties 4.2. et 4.3). L'exercice n'a pu être conduit que pour les indicateurs d'enjeux en raison de la portée plus réduite de l'atelier français.

Les scores-Z observés ne sont considérés comme significativement distincts de la moyenne qu'au-delà de 0,5 écart-type, négatif ou positif. Les indicateurs compris dans cet intervalle sont vus comme pondérés de manière relativement similaire à l'hypothèse d'une pondération égale. Plus le score-Z est positif, plus la pondération attribuée est forte. À l'inverse, un score-Z négatif traduit une plus faible pondération.

### Comparatif des indicateurs d'enjeux post-world café

OSIRISC					Résilience Côtière			
Score-Z	Rang	Nom	Code		Code	Nom	Rang	Score-Z
1.48 1.13 Fusionné à H2 -1.13	2/19 4/19 -- 15/19	Nombre d'habitants Localisation logements résidentiels Emprise bâti résidentiel Hébergements touristiques	H1 H2bis H5 E3		E1	Nombre d'habitants exposés	1/13	1.97
Données changées 0.21	-- 8/19	Population vulnérable	H3 H3bis		E2 E13	Proportion de population vulnérable Inégalités sociales de santé	8/13 4/13	0.00 0.37
Supprimé	--	Ménages à bas revenus	H4		E3	Niveau d'instruction de la population	12/13	-1.40
-1.77	19/19	Résidences secondaires	H6		X	Pas d'équivalence (considéré puis abandonné dans E1)		
1.46	3/19	Établ. recevant du public	S1		E4	Bâtiments abritant des pers. sensibles	3/13	0.47
Renommé 0.29	-- 7/19	Industries à risque Activités à risques	S2 S2bis		E11	Risques pour l'environnement causés par les activités humaines	7/13	0.09
0.02 -0.16 1.38	11/19 12/19 2/18	Densité de routes Autre réseaux Densité de routes + Autres réseaux	S3 S10		E8 E10	Réseaux d'infrastructures Enjeux stratégiques	2/13 5/13	1.59 0.28
Supprimé	--	Accessibilité depuis les centres de secours	S9		E9	Niveau d'impact rupture du service routier	6/13	0.19
-0.79	14/19	Présence de secours	S8		E10	Enjeux stratégiques	5/13	0.28
0.74 Pas de pondération disponible	5/19 --	Protections contre la mer État ouvrages GEMAPI	S4 G4		A3 A4	Mesures de protection structurales Mesures de protection alternatives	12/15 3/15	-0.68 0.69
-1.34	18/19	Patrimoine historique & architectural	S5		E6	Enjeux patrimoniaux	13/13	-1.68
0.38	6/19	Ports	S6		X	Pas d'équivalence directe (indirectement pris en compte dans E5 & E7)		
1.73	1/19	Logements à risques	S7		X	Pas d'équivalence ResCO mais logique comparable IVIC (Susan et al. 2014)		
0.14 0.14 -1.16 -1.13 Supprimé	9ex/19 9ex/19 16ex/19 -- 15/19	Nombre d'emplois Bâtiments économiques Agriculture Diversité économique Hébergements touristiques	E1 E2 AN1 E5 E3		E7	Enjeux économiques	9ex/13	-0.47
-0.21	13/19	Valeur immobilière	E4		A12	Capacité à payer des contribuables	15/15	-2.04
-1.16	16ex/19	Patrimoine naturel	AN2		E12	Enjeux écosystémiques menacés	9ex/13	-0.47
Pas de pondération disponible	--	Activités en lien avec la mer	R15		E5	Usages sociaux et récréotouristiques	11/13	-0.94

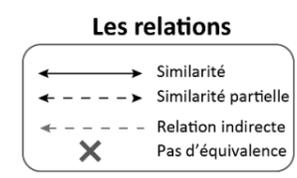
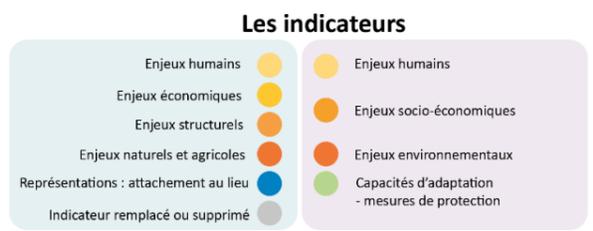


Figure 51 : Croisements des indicateurs d'enjeux OSIRISC et Résilience Côtière à l'issue des world cafés

## 4.4.1 Des convergences multiples

### 4.4.1.1 Enjeux humains

Les indicateurs d'enjeux humains offrent le plus d'exemples de convergences. Pour exprimer la démographie, les deux indices sont basés à la fois sur des variables du bâti et le nombre d'habitants, ce qui dénote des exemples dans la littérature employant soit les unes, soit les autres (Nguyen *et al.*, 2016). Les scores-Z pour les indicateurs OSIRISC H1 et H2bis, et ResCo E1 sont nettement positifs. L'importance accordée de part et d'autre est donc élevée, prioritaire même pour les invités québécois. D'un point de vue logique, la fusion des indicateurs OSIRISC H2 et H5 pour H2bis présente un rapprochement avec l'indicateur ResCo E1, bien que partiel. À aucun moment les invités français n'ont considéré un rapprochement entre OSIRISC H1 et H2bis.

Le renseignement des populations les plus vulnérables présente une similarité dans les logiques motivant la transformation des indicateurs initiaux. Lors des deux ateliers, l'emploi des seules variables d'âge a été jugé insuffisant, avec les bornes retenues questionnées. La volonté de tenir compte de groupes de population distincts est commune, mais l'approche diffère légèrement : le souhait est au remplacement de la variable d'âge pour les invités français (H3bis), alors qu'elle est vue comme complémentaire par les invités québécois (E2 et E13).

Les indicateurs exprimant la pauvreté, malgré des approches différentes, ont fait l'objet de réticences et critiques lors des deux ateliers. Une variable touchant à l'éducation a déjà été identifiée comme problématique dans la littérature (Oulahen *et al.*, 2015), ainsi que lors des entretiens semi-dirigés. Si le discours est différent pour l'indicateur français, il apparaît que l'identification des populations les plus pauvres à cette échelle est problématique. Certains gestionnaires la voient même comme de peu d'utilité, voire discriminatoire, en première lecture. Cela se traduit par la suppression de l'indicateur H4 pour OSIRISC. Malgré les discussions, l'indicateur E3 a été conservé pour ResCo, mais le score du vote de pondération est des plus faibles, bien en deçà de la moyenne.

Cet écart dans la réception de part et d'autre de l'Atlantique et l'usage répandu de ce type d'indicateurs dans la littérature interroge, et mériterait d'être exploré davantage.

Les variables de démographie, d'éducation et de santé sont les plus employées parmi les méthodes d'indices relevés dans la littérature. Le choix de ces variables est cependant très hétérogène (Beccari, 2016). **Les résultats obtenus lors des *world cafés* suivent la tendance plus générale sur l'importance accordée aux indicateurs exprimant les caractéristiques des populations exposées.** Dans le détail, le désaccord sur les indicateurs de pauvreté contraste avec la littérature, sans être un cas isolé concernant l'instruction comme proxy (Oulahen *et al.*, 2015).

#### 4.4.1.2 Enjeux économiques, structurels et socio-économiques

Les indicateurs relevant le risque de suraccident lié à des installations humaines sont très proches d'un indice à l'autre (OSIRISC S2bis et ResCo E11). Dans les deux cas, les invités n'ont que peu discuté ce sujet (le changement lors de l'atelier français étant surtout d'ordre sémantique). Les scores obtenus lors de la pondération sont similaires à la moyenne.

Au premier abord, les indicateurs s'intéressant aux réseaux diffèrent dans leur logique, données et scores. Initialement, l'indicateur OSIRISC S3 était théorisé pour couvrir l'ensemble des réseaux importants, en relevant les centres névralgiques de croisement desdits réseaux. Cependant, le manque d'accès aux données nécessaires a contraint au renseignement des routes seules. L'ajout de l'indicateur S10 peut donc être vu comme un souhait de voir la vision initiale réalisée, et donc proche de l'indicateur ResCo E8. Le score élevé de pondération attribué à cet indicateur peut être attribué à la différence de contexte entre les deux pays (nombreuses routes côtières au Québec). Cependant, en combinant les scores de S3 et S10, on obtient certes artificiellement un score analogue. **Il ne semble pas irraisonnable de penser qu'en dehors de tout contexte, les réseaux sont généralement considérés comme un enjeu extrêmement important pour un territoire.**

Bien que les bases de données utilisées et la structure des indicateurs varient, la prise en compte du patrimoine culturel suit un raisonnement semblable de part et d'autre de l'Atlantique (OSIRISC S5 et ResCo E6). Les scores de pondération obtenus sont bien en deçà de la moyenne dans les deux cas, traduisant une position commune. Si la prise en compte du patrimoine n'est pas contestée en tant que telle, cet enjeu n'est pas considéré comme prioritaire.

#### 4.4.2 Des divergences plus ou moins marquées

Une première distinction nette apparaît entre l'*Accessibilité depuis les centres de secours* (OSIRISC S9) et le *Niveau d'impact de la rupture du service routier* (ResCo E9). Les deux indicateurs expriment tous deux, bien que de manières différentes, l'efficacité à secourir les personnes par voie routière en cas de survenue du risque. Si cela est considéré comme moyennement important au regard du score de pondération pour les invités québécois, l'indicateur a été supprimé par les invités français.

*La présence de secours* (Osirisc S8) en zone d'exposition est un des nombreux types d'installations relevés par les *Enjeux stratégiques* (ResCo E10). Cela est un probable facteur explicatif de l'écart observé aux scores-Z entre ces deux indicateurs. Des invités français ont soulevé le peu de présence de casernes ou d'hôpitaux en zones de risque connu, ce qui est une autre piste d'explication pour le faible score de cet indicateur.

La protection contre la mer est abordée différemment entre les deux indices. Pour OSIRISC, les ouvrages sont considérés via deux indicateurs distincts à la fois comme un enjeu pouvant, en cas de rupture, provoquer un suraccident, et un moyen de gestion. Pour Résilience côtière, seul l'aspect gestion est relevé, avec la dissociation entre ouvrages « en dur » ou alternatifs dans un souci d'adéquation au contexte hydrosédimentaire. Les indicateurs en tant que tels n'ont pas été modifiés lors des ateliers. Cependant, une invitée québécoise a exprimé son opinion sur la fiabilité des ouvrages, rejoignant parfaitement la position française. Les scores obtenus ne permettent cependant aucun lien.

La différence dans les stratégies de construction des indicateurs de chaque indice rend complexe le parallèle avec les *Enjeux économiques* (ResCo E7). Ce type d'enjeux se décline plus ou moins directement en cinq indicateurs pour OSIRISC. D'un point de vue logique, la suppression de la *Diversité économique* (E5) est un rapprochement trop indirect pour être significatif. En considérant le *Nombre d'emplois* (E1) et les *Bâtiments économiques* (E2), il est tentant de dresser une convergence via les scores de pondération. Cependant, les activités agricoles et touristiques sont aussi prises en compte par l'indicateur québécois. Les scores obtenus par ces indicateurs sont bien en deçà de la moyenne.

Le parallèle entre l'indicateur OSIRISC *Patrimoine naturel* (AN2) et Resco *Enjeux écosystémiques menacés* (E12) est ambivalent. Les votes de pondération placent le premier comme très inférieur à la moyenne, le second comme analogue. D'un point de vue logique cependant, les invités des deux côtés de l'Atlantique ont contesté la notion même d'enjeu de nature. La nette différence dans la construction des indicateurs, sources de questionnements propres, prévient de considérer ici une réelle convergence.

#### 4.4.3 Des particularités propres à chaque indice

Par son nombre plus important d'indicateurs définis comme « simples », l'observatoire OSIRISC couvre des enjeux indirectement voire non pris en compte par l'indice du projet Résilience Côtière.

Le nombre de *Résidences secondaires* (H6) ne trouve ainsi pas d'équivalence. L'idée d'une prise en compte de l'enjeu a été considérée dans l'indicateur ResCo E1 durant l'étape initiale du projet, pour finalement être abandonnée en raison du manque de données.

Les *Infrastructures portuaires* (S6) ne sont que très indirectement prises en compte parmi la diversité des *Enjeux économiques* (Resco E7). Malgré l'importance pour le PBS, le score de pondération est proche de la moyenne. Au Québec, la question n'a pas été abordée malgré la présence d'une représentante de l'autorité portuaire. **L'enjeu portuaire semble plutôt secondaire pour les invités quand sont considérés les risques côtiers.** Le résultat aurait peut-être été différent si un.e représentant.e d'autorité portuaire était présent.e durant l'atelier de Loctudy.

*Les logements à risques* (S7) sont considérés comme l'indicateur le plus significatif lors du vote de pondération. La présence notamment d'un étage ou et/ou d'une ouverture sur le toit sont entre autres relevés, dans la perspective du risque de submersion. Cela fait directement écho aux pertes humaines partiellement attribuables à l'absence de ces aménagements lors de la tempête Xynthia. L'indice de vulnérabilité du projet Résilience Côtière ne prenant initialement en compte que l'érosion, un tel indicateur n'a pas été mis en place. Cependant, un indice réalisé pour un projet antérieur par le LDGIZC (Drejza *et al.*, 2014) couvrant la submersion a intégré un indicateur similaire. Plus particulièrement, le nombre de logements avec sous-sols habités a fait l'objet d'un indicateur dédié, cette pratique étant courante au Québec.

Intégrer la valeur immobilière *E4* a été fortement discutée lors du *world café*. Cet indicateur a été considéré pour renseigner la pauvreté dans le projet Résilience Côtière, pour ne pas être retenu. La valeur des biens immobiliers a cependant été suggérée comme proxy pour renseigner la capacité des contribuables à financer la mise en place et l'entretien d'ouvrages de protection.

Un seul indicateur d'enjeux du projet Résilience Côtière ne trouve pas d'équivalence réelle dans l'observatoire OSIRISC : les usages sociaux et récréotouristiques. Le seul indicateur employant des données similaires vise à renseigner l'importance de la proximité au littoral dans les représentations.

#### **4.5 UNE PONDERATION COHERENTE : COMPARATIFS POUR L'INDICE RESILIENCE COTIERE**

Disposer de deux séries de pondérations aux dires d'acteurs (en 2020 par questionnaire et en 2024 avec le *world café*) pour le même indice de vulnérabilité, mêmes issues de méthodes différentes, est une occurrence rare. Cela présente l'opportunité d'observer la variation des valeurs de pondération attribuées par des effectifs différents en contextes distincts.

La Figure 52 présente les pondérations en scores-Z dérivées des deux itérations. **Ces scores-Z transcrivent l'importance relative accordée aux différents indicateurs et non un positionnement par rapport à une « importance moyenne ».** Cette approche présente deux limites à l'interprétation :

- à titre de rappel, la moyenne pour l'itération initiale ne correspond pas à la valeur hypothétique prise par les indicateurs en cas de pondération égale (e.g. absence de pondération).
- Les changements souhaités lors du *world café* préviennent certaines comparaisons.

À l'exception notable de l'indicateur E3 Niveau d'instruction, **lors de la première pondération l'ensemble des indicateurs d'enjeux a été pondéré en 2020 comme plus que « moyennement importants ».** Tous les indicateurs de capacités d'adaptations sont considérés comme plus qu'« importants », le très faible écart-type complique ainsi l'interprétation des scores-Z.

Peu d'indicateurs connaissent un basculement de leurs Z-scores de positif à négatif, et inversement : quatre indicateurs d'enjeux (E2, E7, E11, E12) pour un seul de capacités d'adaptation (A10). L'écart dans les scores-Z pour les indicateurs d'enjeux est en outre faible, compris entre 0,11 et 0,63 écart-type. **Il semble donc y avoir une certaine cohérence dans la perception des indicateurs utiles pour exprimer la vulnérabilité aux risques côtiers au Québec.**

Dans le détail des indicateurs, des variations importantes sont observées. Pour les indicateurs d'enjeux, *Le nombre d'habitants exposés* est bien plus plébiscité lors du *world café*, tandis que *Le niveau d'instruction* est moins déprécié, contrairement aux *Enjeux patrimoniaux*.

Une différence sensible s'observe pour les indicateurs E9 et E10, bien moins prépondérant dans les résultats du *world café* que dans ceux du questionnaire. Un possible facteur d'explication réside sur l'origine géographique des répondants. La première pondération a été basée sur un plus grand nombre de personnes (40), distribuées sur les territoires en bordure de l'estuaire ou maritimes. De plus, une certaine surreprésentation du personnel du MTQ a été observée (comm. pers. G. Marie). Certains de ces territoires peuvent présenter une densité des infrastructures routières encore moins importante qu'en Matanie, augmentant la sensibilité à l'enclavement en cas d'impact.

La lecture des scores-Z pour les indicateurs d'adaptation nécessite de s'affranchir de A6, qui a connu un changement significatif durant le *world café* et sur lequel est basé le vote. La faible déviation standard et les scores attribués en première pondération expliquent l'ample écart avec la valeur d'intérêt.

## Comparatif des pondérations de l'indice Résilience Côtière

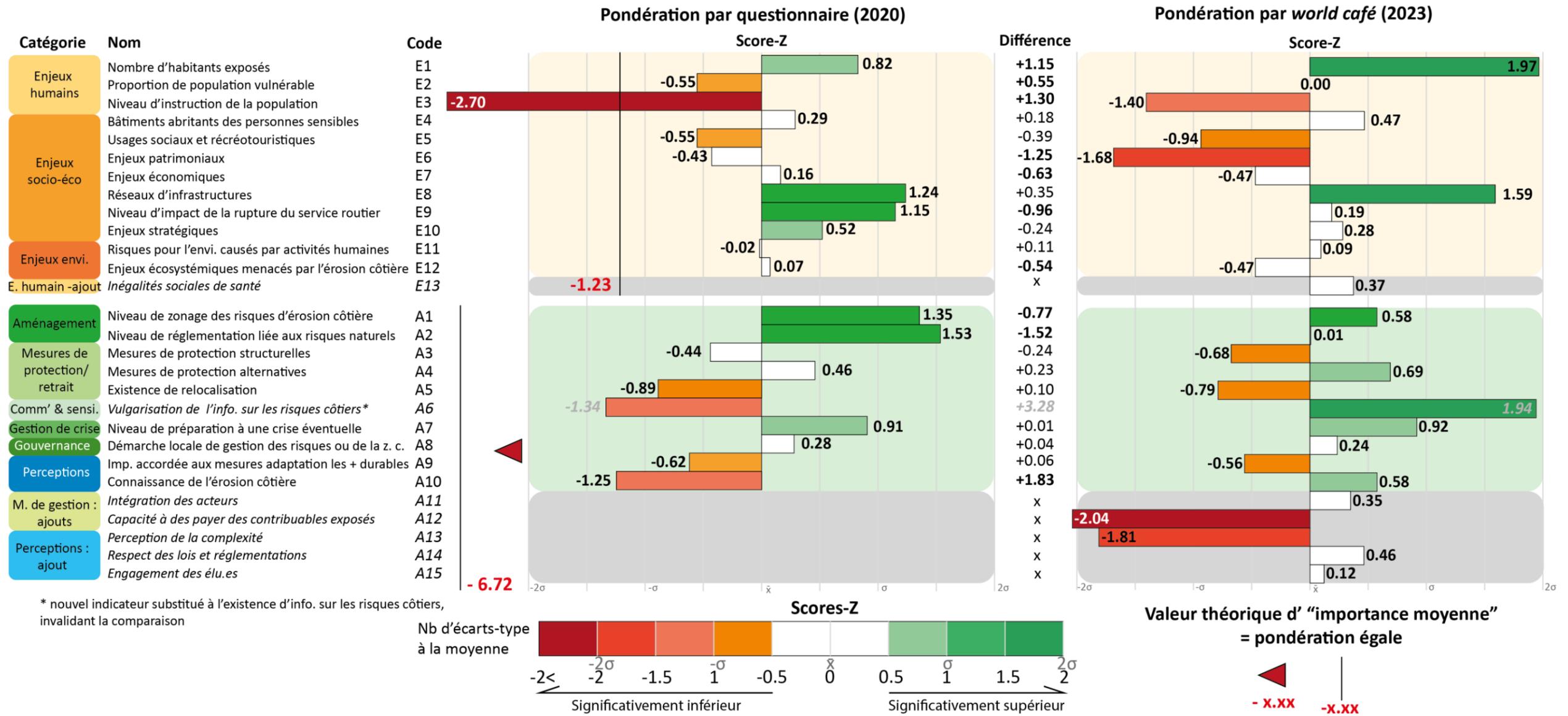


Figure 52 : Comparatif des pondérations de l'indice Résilience Côtière

Il ressort qu'à l'exception de A2 *Niveau de réglementation liée aux risques naturels* et A10 *Connaissance de l'érosion côtière*, les scores-Z sont singulièrement similaires. Pour expliquer la variation enregistrée pour A2, l'hypothèse peut être faite qu'entre deux itérations, la PPRLPi a été substituée par un régime transitoire pouvant amener des modifications dont l'efficacité doit encore être prouvée.

**Outre des fluctuations prévisibles au regard de la différence de contexte et dans le panel des répondants, les similarités semblent significatives.**

#### **4.6 COMPARAISON ET BILAN DES WORLD CAFES**

La tenue des ateliers *world cafés* s'est inscrite dans la logique initiale du projet Résilience Côtière, tout en répondant à la nécessité soulignée en revue de littérature et entretiens d'impliquer les acteurs des territoires. Malgré un panel d'invités plus restreint lors de l'atelier conduit en France, **les objectifs de la méthode ont été atteints** :

##### **Le choix des indicateurs :**

- les indicateurs du projet Résilience Côtière ont, dans l'ensemble, été perçus comme pertinents, avec des propositions de nouvelles données et indicateurs pour renforcer l'existant. Cela a été particulièrement vrai pour les indicateurs de capacités d'adaptation. Les invités ont en outre appuyé l'importance cruciale d'intégrer l'aléa submersion à l'indice.
- La logique a été inverse pour les indicateurs d'enjeux de l'observatoire OSIRISC, avec la suppression de plusieurs d'entre eux et des débats sans atteinte de consensus.

##### **La pondération :**

- les invités des deux ateliers ont plus voté selon leur opinion que leur structure d'appartenance, sans qu'aucun comportement extrême ne soit observé. Les résultats obtenus mettent en évidence quelques indicateurs se démarquant

clairement de l'ensemble, et considérés comme très importants ou, au contraire, secondaires.

**Par leur forte implication, les invités des deux ateliers ont fourni une importante masse de données pour guider les améliorations effectives sur les deux indices.**

Un point d'intérêt à employer la même méthode pour les deux indices est l'analyse croisée, permettant d'interroger la convergence entre indices. Cela peut ensuite être mise en perspective avec les tendances observées dans la littérature générale

**Le premier constat est l'absence de part et d'autre d'un lien clair observé entre le positionnement final des indicateurs sur les tableaux interactifs et le vote de pondération.** La piste d'explication la plus évidente est un contraste entre la position commune exprimée au sortir des tables, perçue comme acceptable, et l'opinion particulière exprimée par le vote. Il semble donc plus adéquat de parler de compromis que d'adhésion par consensus. Dans l'optique d'indices comme objets-frontières (Franco-Torres *et al.*, 2020 ; Star, 2010) entre professionnels aux missions diverses, cela est parfaitement admissible.

En considérant à la fois les changements souhaités dans la logique des indicateurs et les scores obtenus lors de la pondération, un portrait contrasté ressort entre les résultats des deux *world cafés* (Figure 53).

Malgré les indéniables différences de contexte conditionnant les indices et leurs divergences méthodologiques, **les indicateurs d'enjeux humains présentent une remarquable convergence.** Considérée comme de première importance, cette observation s'inscrit dans la tendance générale observée en littérature (Beccari, 2016 ; Bukvic *et al.*, 2020). Cependant, le fait que les indicateurs relatifs à la pauvreté soient problématiques de part et d'autre présente un contraste avec les textes précités.

Le constat pour les indicateurs relatifs aux enjeux socio-économiques et structurels est bien plus nuancé, en lien direct avec le plus grand nombre d'entrées pour chaque indice. Les convergences aussi bien que les divergences observées sont surtout d'ordre numérique

(valeurs de pondération attribuées). Cependant, les particularités propres à chaque indice sont également importantes. Le contraste entre les deux indices tient peut-être à la large thématique recouverte : Bukvic *et al.* (2020) observent dans la littérature un choix des variables économiques liées avant tout au contexte propre de l'étude, tandis que les infrastructures sont plus génériquement considérées. Il demeure que pour des indicateurs similaires, les scores Z traduisant leur importance relative pour chaque indice ne concordent que peu.

Catégorie	Convergences		Divergences		Particularités
	Indicateurs	Type	Indicateurs	Type	Indicateurs
<b>Enjeux humains</b>	H1 H2bis H3bis H4 E1 E13 E3	Logique + numérique Logique + numérique Logique (partielle)			H6 ✕
	3		0		1
<b>Enjeux éco et structurels / socio-économiques</b>	S2bis S3 S10 S5 E1 E2 E11 E8 E6 E7	Numérique Logique (indirecte) Numérique Numérique	S1 S9 S8 S4 E4 E9 E10 A3 Numérique Logique Numérique Logique* + numérique	S6 ✕ S7 ✕ E4 ↔ A12 R15 ↔ E5 E3 ↔ E1 E3 ↔ E7	
	4		4		5
<b>Enjeux nat. et agricoles / environnementaux</b>			AN2 E12	Logique* + numérique	AN1 ↔ E7
	0		1		1
<b>Total</b>	7		5		7

Indicateur  
 OSIRISC ● ResCo  
 ✕ Suppression ✕ Pas d'équivalence  
 ↔ Relation indirecte

\* : ambivalent

Figure 53: Synthèse des résultats croisés des deux world cafés.

Les indicateurs propres aux enjeux naturels sont non seulement minoritaires, mais également divergents ou particuliers aux deux indices. Lors des deux *world cafés*, les invités ont exprimé leur difficulté à saisir ce qui relève d'un enjeu naturel et/ou leur accord avec la

notion. De fait, la prise en compte des écosystèmes par les indices de vulnérabilité prenant les populations pour valeur d'intérêt est plutôt rare en dehors des types de traits de côtes (Beccari, 2016 ; Bukvic *et al.*, 2020).

**Au final, des convergences réelles entre les deux indices sont observées au sortir des *world cafés*, mais ne sont pas majoritaires au regard des divergences et de leurs particularités propres. Les deux méthodes ressortent cependant plus proches de l'exercice.** Cela s'appuie, outre les convergences, sur le souhait de voir intégrer l'aléa submersion pour Résilience Côtière et sur celui de la réduction du nombre d'indicateurs pour l'observatoire OSIRISC.

Un élément de réponse pour expliquer le degré important de similarité entre les deux indices au regard de la littérature, mais aussi de leurs particularités marquées, peut se trouver dans **la nature des données employées**. La mise à contribution des gestionnaires partenaires donne accès à des données plus précises que celles produites par les instituts nationaux, voire autrement indisponibles. L'apport de donnée est souvent une motivation lorsque les gestionnaires sont sollicités dans le cadre du développement d'un indice (cf. partie 3.1). L'argument en faveur du développement d'indices locaux (Barnett *et al.*, 2008 ; Hinkel, 2011) et la diversité des données spécifiques que cela induit peuvent, en retour, expliquer la très grande variabilité dans l'usage des indicateurs pour les capacités d'adaptation quand cette composante est considérée (Beccari, 2016; Nguyen *et al.*, 2016; Preston *et al.*, 2011).

L'existence d'un indice de vulnérabilité reprenant la méthodologie de ResCo, mais adapté au contexte camerounais (Mfoumeyeng Enoto, 2022 ; Ebode *et al.*, 2025) offre une mise en perspective intéressante sur les valeurs de pondération aux dires d'acteurs obtenues au Québec. Si les deux itérations au Québec sont proches, venant nuancer le constat de Bottomley *et al.* (2000), l'indice développé pour Manoka démontre de grandes différences dans sa pondération, en lien avec un contexte historique et culturel fortement divergeant.

Les retours obtenus sur les indicateurs, riches et parfois très détaillés, se heurtent cependant aux contraintes de temps et surtout des données disponibles pour améliorer les

indices. Durant le processus d'opérationnalisation, la volonté centrale est de rester au plus proche des souhaits des potentiels utilisateurs finaux pour atteindre une représentation collective des vulnérabilités étudiées.

## CHAPITRE 5

### CONTRIBUTIONS À L'AMÉLIORATION DES INDICES

#### 5.1 RECOMMANDATIONS POUR LES INDICATEURS D'ENJEUX DE L'OBSERVATOIRE OSIRISC

Cette section détaille des suggestions de modification possible des indicateurs d'enjeux de l'observatoire OSIRISC soumis à transformations lors du *world café* réalisé à Loctudy, en France, en mai 2023. Les propos recueillis auprès des invités ont ensuite fait l'objet de discussions avec des chercheurs impliqués dans OSIRISC.

L'observatoire OSIRISC est une structure récente (2019). L'indice de vulnérabilité et sa plateforme de diffusion OSI sont donc encore en maturation. Une limite pointée par des membres de l'équipe de recherche est l'absence d'un zonage d'exposition similaire à l'indice ResCo. Cela est cependant en passe d'être réalisé, ouvrant des possibilités méthodologiques. Les recommandations ci-après tentent ainsi de tenir compte des évolutions futures de l'observatoire, limitant possiblement leur portée.

La stratégie d'information des indicateurs d'enjeux est focalisée sur les données issues de bases librement accessibles en ligne. Le souhait est de proposer **des indicateurs simples**, aisément renseignés et transparents du point de vue des données utilisées. La seule exception concerne l'indicateur *S7 - logements à risques* : une enquête de terrain conduite par les communautés de communes s'avère nécessaire pour l'informer. À l'instar du projet ResCo, OSIRISC mise sur la collaboration avec les gestionnaires, souvent en possession de données locales. Les deux indices sont largement basés sur ces données pour renseigner les indicateurs relatifs à la gestion, mais OSIRISC les exploite moins pour les indicateurs d'enjeux.

Lors des discussions pendant et après le *world café* de Loctudy, un certain intérêt est porté à la démarche d'indicateur complexe, ainsi qu'une plus grande utilisation des données locales pour les indicateurs d'enjeux. Des suggestions en ce sens sont intégrées quand cela concorde avec les opinions exprimées.

Pour des précisions sur les protocoles de renseignement de chaque indicateur et les données employées, l'on peut se référer aux fiches explicatives disponibles sur le site Risques Côtiers (Lami & Philippe, 2020) ainsi que sur la plateforme OSI.

### 5.1.1 Indicateurs d'enjeux humains

#### *Indicateur H1 : nombre d'habitants.*

L'indicateur n'a pas été contesté en tant que tel durant le *world café*, mais une possible redondance avec d'autres indicateurs du même thème (H3 et H4) est soulignée. Nguyen *et al.* (2016), au travers de leur revue de littérature, semblent montrer que les indices utilisent soit une approche par habitant (comptage, par unité de recensement, densité de population) soit par logements. L'usage simultané des deux, et non combiné comme dans l'indice ResCo, n'a pas soulevé de question auprès des invités. **Cette position pourrait être cependant reconsidérée si l'unité spatiale s'affine, en lien avec l'indicateur H2(bis), avec une potentielle fusion ou obsolescence du simple nombre d'habitants.**

#### *Indicateur H2/H2bis : Nombre de logements /Logements exposés.*

**En considérant la disponibilité prochaine de zones d'exposition, la combinaison souhaitée de H2 avec l'emprise du bâti (E5) en un indicateur modifié semble parfaitement réalisable.** Si cette donnée est des plus pertinentes à diffuser aux gestionnaires, l'accès du grand public poserait un problème de confidentialité : le maillage semble alors préférable.

Croiser le nombre d'habitants par maille avec le nombre de logements géoréférencés permettrait une estimation du taux d'occupation/niveau de vacances. Cette donnée est potentiellement intéressante à considérer comme proxy pour l'indicateur Résidences secondaires (H6) si le choix est fait de le conserver.

#### *Indicateur H3 /H3bis : Populations vulnérables*

Cet indicateur n'a pas convaincu les invités. Les variables d'âge sont pourtant parmi les plus utilisées d'une méthodologie à l'autre (Beccari, 2016). L'absence de consensus dans la littérature sur les bornes à utiliser, elles-mêmes variables selon l'agrégation des données de recensement (Drejza *et al.*, 2021), semble jouer en défaveur de l'indicateur. La réflexion commune aux deux ateliers est l'absence de prise en compte de groupes de population vulnérable indépendamment de l'âge : les personnes isolées, handicapées, souffrant de maladies chroniques, sans-abri... Leur prise en compte se heurte cependant à la disponibilité des données, considérées comme sensibles. La résolution la plus fine disponible se situe au niveau des EPCI, telles les données pathologiques proposées en libre accès par l'Agence Régionale de Santé (ARS) Bretagne. **De fait, le changement de données souhaité par les invités semble difficilement réalisable.** La considération pour les groupes de population plus vulnérable est en outre déjà présente, bien qu'implicite, dans l'indicateur S1 – Établissements recevant du public.

#### ***Indicateur H4 : Ménages à bas revenus***

L'indicateur a été supprimé de manière consensuelle lors du *world café* à l'issue d'importantes discussions. Cette posture interroge, alors même que les liens entre pauvreté et vulnérabilité sont largement documentés (Wood *et al.*, 2021). Malgré la solidarité nationale présente en France via les logements sociaux et le système CatNat, il demeure des propriétaires modestes sur le trait de côte français, avec un bien foncier de faible valeur menant à une faible indemnisation. Les biens meubles restent couverts par une assurance privée optionnelle, à laquelle certains foyers ne souscrivent pas. Les données touchant ces assurances privées sont disponibles par maille, offrant une alternative intéressante à une donnée de pauvreté plus directe. Cependant, le désintérêt des gestionnaires pour l'indicateur initial est à prendre en compte. Des discussions semblent donc nécessaires sur le maintien ou non, en se basant sur l'intérêt pour les différents publics cibles de l'observatoire.

#### ***Indicateur H6 : Résidences secondaires***

Cet indicateur n'a, pour l'heure, fait l'objet d'aucun renseignement. La faible faisabilité pointée lors du *world café* se voit ainsi confirmée. Au regard de l'absence de consensus et de la très faible pertinence attribuée, il semble préférable d'abandonner cet indicateur, même si la problématique est perçue comme majeure sur le territoire breton (Poupard, 2017). Si une nouvelle approche est potentiellement réalisable via les données employées pour H1 et H2bis, le déficit d'acceptabilité paraît difficile à dépasser.

### **5.1.2 Indicateurs d'enjeux économiques**

#### ***Indicateurs E1 : Nombre d'emplois et E2 Bâtiments économiques***

Face à la redondance pointée lors de l'atelier, il a été alors suggéré de combiner les indicateurs pour obtenir une géolocalisation des emplois. Cependant, les données employées jusqu'alors ne permettent pas de réaliser cette proposition. Par exemple, les salariés d'une grande entreprise sont renseignés au lieu du siège social, ne permettant pas de déterminer les effectifs présents aux adresses postales des antennes locales. Une possibilité réside cependant auprès des communautés de communes partenaires ayant des registres d'entreprises plus précis que les données nationales. En bref, si une modification semble difficile avec les seules données ouvertes, l'emploi de données locales est peut-être possible. Il convient alors de déterminer si la diffusion de ces données sous forme d'indicateur disponible à tous ne présente pas un caractère sensible. Concernant E2, une classification selon les différents types d'entreprises est souhaitée. Le recours à un pointage suivant l'exemple de nombre d'indicateurs ResCo est une option, jusque-là peu employée par OSIRISC pour les enjeux. Peut-être paradoxalement, un tel procédé viendrait renseigner l'indicateur contesté E5 – Résilience économique.

#### ***Indicateur E3 : Hébergement touristique***

À l'instar de E2, le souhait a été émis lors du *world café* de distinguer les différents types d'hébergements touristiques via une classification. L'indicateur dans sa forme actuelle n'est, de fait, pas considéré comme des plus pertinents. Outre les hôtels et campings déjà

renseignés dans l'indice, intégrer les locations chez les particuliers (type AirBnB) semble réalisable : les hôtes de ces plateformes ont l'obligation de se déclarer en mairie. Le détail de la taxe de séjour perçue au niveau municipal est une autre piste à considérer. Un éventuel mécanisme de pointage pour classer les différents hébergements comprend une irréductible part de subjectivité. Ainsi, cette modification devrait être considérée en partenariat avec les gestionnaires locaux.

#### ***Indicateur E4 : Valeur immobilière***

Cet indicateur a fait l'objet du plus fort débat sur sa pertinence lors du *world café*, avec une absence ferme de consensus. Au-delà d'identifier les populations les plus modestes à l'échelle locale, identifier les plus hauts revenus, même indirectement, paraît difficilement acceptable. Ces deux paramètres ne semblent pas pris en compte dans la gestion locale des risques, alors qu'ils présentent selon les chercheurs un potentiel intérêt en lien avec des perspectives de relocalisation. À l'échelon territorial supérieur, la valeur immobilière des biens exposés à la submersion est déjà calculée par le Cerema. Pourtant, la représentation par maillage est vue comme non-représentative et pouvant créer une lecture erronée : une géolocalisation serait préférable, mais encore plus sensible politiquement. Concernant la faisabilité, des doutes sont soulevés, ce qui est confirmé dans les faits : l'indicateur reste pour l'heure non renseigné. Si l'intérêt scientifique semble légitime, le degré de crispation entourant l'indicateur et la sensibilité de l'information pour le grand public tendent vers un abandon sous sa forme actuelle.

#### ***Indicateur E5 : Résilience (diversité) économique***

L'indicateur est contesté dans sa logique lors du *world café*. Il est supprimé sans contestation. L'opinion d'un faible intérêt de l'indicateur semble partagée par des chercheurs de l'équipe OSIRISC. Dans l'optique d'une classification pour E2, il ne reste aucune raison de maintenir cet indicateur.

### 5.1.3 Indicateurs d'enjeux structurels

#### *Indicateur S1 : Capacité d'accueil des établissements recevant du public*

**Globalement accepté dans sa forme actuelle, cet indicateur ne semble pas demander de modification.** Les données sont déjà calibrées selon une typologie des différents établissements considérés.

#### *Indicateur S2 : Industries à risques/Activités à risques*

Lors du *world café*, il a été suggéré de changer le nom de l'indicateur au motif que d'autres activités qu'industrielles présentent un risque de suraccident. De fait, les bases de données des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) recouvrent nombre d'installations, auxquelles s'additionnent les stations d'épurations et déchetteries obtenues par d'autres sources. Le calibrage de l'indice passe par une classification des différents types d'installations. **Outre l'intitulé, il ne semble pas y avoir besoin de modification pour cet indicateur.**

#### *Indicateurs S3 : Densité du réseau routier et S10 : Autres réseaux*

L'indicateur E3 a été interrogé sur sa limitation au seul réseau routier. Le souhait émis sous la forme de l'indicateur S10 est de voir intégrés les autres réseaux importants du territoire : électricité, télécommunications, aqueducs. C'est ce qui avait été considéré lors de la construction de l'indicateur E3 ; cependant, l'impossibilité d'avoir accès aux données jugées sensibles a prévenu sa concrétisation. **Une possibilité est d'explorer d'autres sources de données.** Par l'entremise des collectivités, il peut être possible d'accéder aux données des opérateurs sur les territoires partenaires. La question d'une diffusion de ces données se pose encore, même transformée par maille. S'il s'avère possible d'obtenir des données pour les autres réseaux, alors l'approche initiale par centre névralgique (tels les échangeurs routiers, les antennes relais, les stations de pompage, etc....) devient envisageable.

Dans sa forme actuelle, la simple densité du réseau routier présente un intérêt limité. À l'exception notable de certaines communes, peu de routes importantes sont susceptibles d'être endommagées ou coupées du fait de l'érosion et/ou de la submersion (Biglietti, 2022). Quelques cas problématiques connus sont plus liés à la déflation éolienne à proximité de dunes, mais elles ne sont pas comptabilisées dans l'indice. Le réseau routier est en général suffisamment dense pour permettre des déviations de faibles distances.

#### ***Indicateur S4 : Ouvrages de protection contre la mer***

L'indicateur est accepté dans sa forme actuelle. Demeurant un simple recensement du linéaire, une complexification pourrait être envisagée à l'instar du projet ResCo. L'inventaire des EPCI dans le cadre de la compétence Gestion des Milieux Aquatiques et prévention des Inondations (GEMAPI) fournit l'état des ouvrages au niveau local, et donc informe leur fragilité potentielle. Cette donnée donne lieu à un indicateur de gestion. Ces deux aspects des ouvrages de protection, à la fois facteur de réduction ou d'aggravation du risque en cas de rupture, sont tous deux valides. **Ainsi, il semblerait pertinent de garder l'indicateur en l'état.**

Cependant, un autre indicateur de gestion Compétence GEMAPI mesure déjà le degré d'avancement dans la saisie de la compétence au niveau communal. **Ainsi, une fusion des indicateurs S4 et celui de gestion recensant les ouvrages GEMAPI** ne viendraient pas nuire à la dualité entourant les ouvrages de protection, tout en offrant une lecture affinée. L'emploi de données locales serait en outre un gain par rapport à la base de données nationale du Cerema basée sur la photo-interprétation. Intégrer les ouvrages fluviaux sur les sites estuariens et les polders semble également pertinent sur le territoire breton.

#### ***Indicateur S5 : patrimoine culturel et architectural***

Les invités du *world café* ont fait preuve de prudence lors de la discussion sur cet indicateur : ils ne se sont pas sentis compétents pour déterminer ce qui relève du patrimoine. Un point doit être souligné : la valeur patrimoniale accordée par les habitants est indiquée comme intéressante à renseigner, bien que plus difficilement réalisable. **L'indicateur**

**pourrait être modifié en ce sens**, en s'inspirant de son pendant employé par l'indice de vulnérabilité ResCo. Dans l'éventualité de la passation d'un questionnaire dans les communes pour renseigner les indicateurs de représentations, une série de questions sur le patrimoine pourrait être adjointe. En outre, des travaux portant sur le sujet, réalisés pour d'autres projets sur le territoire communal, ou encore de possibles inventaires tenus par les communes pourraient être employés.

### ***Indicateur S6 : infrastructures portuaires***

Considéré comme pertinent et faisable par les invités, l'indicateur n'a été que peu discuté malgré l'importance économique et symbolique de la pêche pour le PBS (Popescu, 2012). **Cependant, il a également été jugé incomplet.** Plusieurs pistes pour travailler spécifiquement sur la question portuaire sont déjà en réflexion au sein du laboratoire LETG. Si l'approche par un indicateur complexe est retenue, deux options existent déjà dans la littérature :

- un indicateur basé sur l'évaluation de la vulnérabilité des infrastructures aux différents aléas par des membres d'autorités portuaires (Chhetri *et al.*, 2015).
- De facto un sous-indice intégrant de nombreuses variables comme la capacité d'accueil du port, le taux d'occupation moyen, les matériaux de construction employés (Kontogianni *et al.*, 2019), le chiffre d'affaires, le nombre d'employés, le tonnage des navires, le nombre de conteneurs débarqués... (McIntosh & Becker, 2019).

### ***Indicateur S7 : logements à risques***

L'indicateur apparaît des plus pertinents, et faisable par les invités. Son renseignement est cependant tributaire de la conduite de diagnostics de vulnérabilité par les communautés de communes dans le cadre du PAPI. En raison de la haute précision des données nécessaire, aucune donnée nationale ne peut venir se substituer au travail de terrain. Dans le cadre du partenariat Litto'risques avec le CD29, il est potentiellement possible de savoir si d'autres EPCI ont à disposition des données exploitables. Si proposer l'indicateur à une résolution

spatiale plus fine est possible, il ne semble pas avisé de passer en deçà d'une maille 50 x 50 m : pour des raisons de confidentialité, une habitation ne doit pas être identifiable. **Il semble donc difficile de retoucher cet indicateur.** Si la logique est extrêmement pertinente (comme illustré par la tempête Xynthia (Vinet *et al.*, 2012)), **l'indicateur garde une portée limitée par sa difficulté à être renseigné.**

*Indicateurs S8 : présence de secours et S9 : distance aux secours*

Une redondance perçue entre les deux indicateurs a abouti à la **suppression de l'indicateur S9**, tandis que **S8 a été conservé en l'état** au sortir du *world café*. Le renseignement binaire, par absence ou présence, semble ici adapté au regard du peu d'enjeux de ce type situés à proximité du littoral.

#### **5.1.4 Indicateurs d'enjeux agricoles et naturels**

*Indicateur AN1 : terres agricoles*

L'indicateur est perçu comme important mais les données employées pour le renseigner incomplètes. Dans la lignée des infrastructures portuaires, une catégorisation recoupant des données de différentes sources peut être considérée, mais demanderait d'importantes ressources en temps. **S'il semble souhaitable de modifier l'indicateur, la faisabilité est cependant questionable** en l'absence d'un registre complet et précis sur l'utilisation des terres agricoles. Se rapprocher des Chambres d'Agriculture pourrait apporter de nouvelles perspectives sur les données à employer.

Indicateurs d'enjeux   
**Catégorie** **Code** **Nom** **OSIRISC**

Catégorie	Code	Nom	OSIRISC	World café	Recommandation	Alternative	Faisabilité		
Enjeux humains	H1	Nombre d'habitants		<i>Localisation du bâti résidentiel</i> <b>Changement de données</b> <b>Suppression</b> <b>Fusion avec H2</b> <b>Contestation</b>	<b>Inchangé</b>	<b>Changement majeur</b> <b>Suppression</b>	<b>Moyenne*</b> <b>Faible</b> <b>Faible</b>		
	H2	Nombre de logements			<b>Ok = Changement majeur</b> <b>conserver en l'état</b> <b>Changement majeur</b>				
	H3	Personnes vulnérable					<b>Suppression</b>	<b>Changement majeur</b> <b>Suppression</b>	
	H4	Ménages à bas revenus					<b>Suppression</b>	<b>Changement majeur</b>	<b>Moyenne*</b>
	H5	Localisation du bâti					<b>conserver en l'état</b>	<b>Changement majeur</b> <b>Fusion avec E1</b>	
	H6	Part des résidences secondaires					<b>conserver en l'état</b>	<b>Changement majeur</b> <b>Fusion avec E1</b>	
Enjeux Eco.	E1	Nombre d'emploi		<b>Forte contestation</b> <b>Suppression</b>	<b>conserver en l'état</b>	<b>Changement mineur</b> <b>Suppression</b> <b>Suppression</b>	<b>Faible</b> <b>Forte</b>		
	E2	Emprise au sol du bâti à vocation économiques			<b>conserver en l'état</b>				
	E3	Hébergements touristiques			<b>Changement majeur</b>				
	E4	Valeur immobilière			<b>Suppression</b>				
	E5	Résilience (diversité) économique			<b>Suppression</b>				
Enjeux Structurels	S1	Capacité d'accueil des établissements recevant du public		<i>Renommé Activité à risques</i>	<b>conserver en l'état</b>	<b>conserver en l'état</b> <b>conserver en l'état</b> <b>conserver en l'état</b> <b>conserver en l'état</b> <b>Suppression</b>	<b>Faible</b> <b>Moyenne</b> <b>Faible</b> <b>Faible</b>		
	S2	Industries à risques			<b>conserver en l'état</b>				
	S3	Densité des routes			<b>Changement majeur</b>				
	S4	Protections contre la mer			<b>Changement majeur</b>				
	S5	Patrimoine historique et architectural			<b>Changement majeur</b>				
	S6	Ports			<b>Changement majeur</b>				
	S7	Logements à risque			<b>conserver en l'état</b>				
	S8	Présence de centres de secours			<b>conserver en l'état</b>				
	S9	Distance aux secours			<b>Suppression</b>				
	Ajout	S10	Autre réseaux (eau, électricité, télécom)				<b>Ajout</b>	<b>Suppression</b>	
Enjeux agri. & nat.	AN1	Terres agricoles		<b>Contestation</b>	<b>Changement majeur</b>	<b>conserver en l'état</b> <b>Changement majeur</b>	<b>Faible</b> <b>Faible</b>		
	AN2	Patrimoine naturel			<b>Suppression</b>				

\* : sous réserve de l'obtention de marges d'exposition

Figure 54 : Schéma récapitulatif des recommandations d'améliorations pour l'indice OSIRISC

### *Indicateur AN2 : patrimoine naturel*

**Une possible amélioration de l'indicateur, ne faisant pas consensus dans sa forme actuelle, serait un changement d'approche dans la logique et les données employées.** Les différents zonages de protection ne semblent pas des plus pertinents, mais la présence d'espèces menacées (faune ou flore) peut être intéressante. Tout comme le projet ResCo, intégrer des travaux sur les services écosystémiques pourrait redonner de l'intérêt pour l'indicateur, malgré une part inhérente de subjectivité. La faisabilité est cependant grandement réduite en raison de la complexité inhérente au sujet ; le rapport temps – bénéfice n'est probablement pas avantageux par rapport à d'autres indicateurs.

#### **5.1.5 Synthèse et pondération**

En s'appuyant sur les propos recueillis lors du *world café*, des échanges avec l'équipe de recherche et d'exemples connus, le Figure 54 dresse la synthèse des recommandations pour les indicateurs d'enjeux de l'indice OSIRISC. Lorsque applicable, une position alternative est offerte au choix préférentiel ; il s'agit ici de préconisations et non d'une opinion tranchée, à seul but de contribuer aux discussions sur l'évolution de l'indice. Quand un changement est ainsi suggéré, un ordre d'idée sur la complexité de leur mise en œuvre est indiqué en colonne faisabilité.

En raison d'une utilisation flexible des différents indicateurs pour réaliser des indices thématiques, il semble difficile de proposer une pondération pour les enjeux. La limitation de l'atelier aux seuls indicateurs d'enjeux ainsi que la composition du panel d'invités limitent grandement la pertinence des valeurs obtenues (cf. partie 4.1.2.). Ainsi, Tableau 7 propose à titre indicatif des valeurs pour le calcul de l'indice de composante, avec un redressement des données suivant deux hypothèses issues des recommandations :

- La combinaison des indicateurs S3 et S10 dans l'optique de répondre à l'intention initiale
- L'abandon des indicateurs E4, E5, S9 et AN2.

La redistribution des jetons suit une hypothèse d'égal comportement, **c'est-à-dire que les jetons attribués aux indicateurs écartés sont redistribués au prorata du vote effectué sur les autres indicateurs.**

*Tableau 7 : Valeurs indicatives de pondération pour l'indice de composante enjeux OSIRISC*

Code	Nom	Score brut	Score redressé	Pond. séparée	Pond. unique
H1	Nombre d'habitants	51	57,63	0,240	0,096
H2bis	Logements exposés	46	53,74	0,224	0,090
H3	Populations vulnérables	33	37,38	0,156	0,062
E1	Nombre d'emplois	32	37,52	0,156	0,063
E2	Bâtiments économiques	32	37,41	0,156	0,062
E3	Hébergements touristiques	14	16,32	0,068	0,027
	<i>Sous-total</i>	208	240	1	0,4
S1	Capacité d'accueil des ERP	38	39,26	0,164	0,098
S2bis	Activités à risques	25	25,21	0,105	0,063
S3 + S10	Densité du réseau routier + autres réseaux	42 (22+20)	43,53	0,181	0,109
S4	Ouvrages de prot. contre la mer	30	31,83	0,133	0,080
S5	Patrimoine culturel et architectural	7	7,10	0,030	0,018
S6	Infrastructures portuaires	26	27,73	0,116	0,069
S7	Logements à risques	41	41,95	0,175	0,105
S8	Présence de secours	13	14,29	0,060	0,036
AN1	Terres agricoles	9	9,10	0,038	0,023
	<i>Sous-total</i>	231	240	1	0,6
	<b>Grand total</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>1</b>

La disponibilité des valeurs brutes par invité permet néanmoins d'ajuster les scores de pondération, si cette approche est retenue. Une nécessaire étape de vérification comparative entre un indice thématique pondéré et non pondéré n'a pu être menée durant le mémoire.

Enfin, certaines suggestions ou souhaits d'indicateurs exprimés durant la construction d'OSIRISC n'ont pas fait l'objet de recommandations. C'est notamment le cas d'un éventuel indicateur dédié aux activités ostréicoles, pointé dans le rapport de Bouland (2018). La préoccupation première est de rester au plus proche des positions recueillies lors du *world café*, malgré ses limites.

## **5.2 ACTUALISATION DE L'INDICE DE VULNERABILITE DU PROJET RESILIENCE COTIERE**

Contrairement à OSIRISC, Résilience Côtière est un projet de recherche achevé. L'indice de vulnérabilité à l'érosion a fait l'objet d'une diffusion auprès des partenaires extérieures au LDGIZC sous forme de cartes et couches considérées comme définitives. Cette partie présente une actualisation intermédiaire de l'indice opérationnalisant dans la limite du possible les retours obtenus auprès des potentiels utilisateurs finaux lors du *world café* de Matane. Ces modifications ont été appliquées sur le terrain d'étude (secteur de Baie-des-Sables à Petit-Matane).

Les sections 5.2.1 et 5.2.2 présentent les modifications réalisées à certains des indicateurs ResCo, notamment en lien avec la prise en compte désormais de la submersion, et les ajouts proposés dans le cadre de la maîtrise. De plus amples détails sur la logique, les justifications scientifiques, les sources de données et limites initiales des 23 indicateurs sont disponibles dans le rapport final de l'indice (Drejza *et al.*, 2021).

La nécessaire conduite d'un questionnaire pour renseigner des indicateurs de capacités d'adaptation révisés n'a pas été possible dans le cadre de ce mémoire. La section 5.2.3 offre cependant une proposition de protocole d'enquête dans l'éventualité d'une continuité de l'indice.

Enfin, la section 5.2.4 détaille les modifications apportées aux grandes étapes méthodologiques de construction d'un indice.

### **5.2.1 Indicateurs d'enjeux exposés**

#### 5.2.1.1 Indicateur E1 : Nombre d'habitants exposés

#### **Justification de la modification**

Le protocole initial reste inchangé, à un détail près. Le nombre d'employés est considéré dans les différents types de bâtiments éligibles, à l'exception jusqu'alors des services d'hôtellerie ne relevant que le nombre de personnes accueillies. Par cohérence, les employés de ce secteur sont maintenant comptabilisés.

Le registre des entreprises du Québec, ou à défaut des sources tierces telles que la presse ou des forums en ligne a permis de renseigner le nombre d'employés des différents services et commerces.

L'impact potentiel de la submersion présente un risque supplémentaire pour les vies des gens lorsqu'un sous-sol est utilisé comme pièces de vie. Quelques centimètres d'eau en surface peuvent entraîner l'inondation complète du niveau, mettant en péril des personnes surprises dans leur sommeil (Drejza et al., 2018). Au contraire, les dégâts occasionnés sur les bâtiments sont considérés comme moindres par un épisode de submersion qu'une érosion de la parcelle. Un calcul de score différencié est appliqué pour tenir compte de ces réalités.

#### **Sources de données complémentaires**

La base de données dérivée du rôle d'évaluation foncière et ajustée par le LDGIZC (Touchette *et al.*, 2022) a été mise à jour pour les secteurs étudiés à partir des données de rôle et matrice mises à disposition par la MRC la Matanie via le portail SIG GOnet-azimut.

À l'instar de Drejza *et al.*, (2018), les images héliportées prises par le LDGIZC ont été employées pour interprétation visuelle de la présence de sous-sols habités (fenêtres

ouvrables, et/ou rideaux), préférentiellement les séries de 2017 et 2021 (SIGEC). Les observations ont été complétées par la fonction Streetview de Google Maps. Déterminer les pièces de vie de cette manière est cependant soumis à de fortes incertitudes. En cas de doute raisonnable, les bâtiments ne sont pas comptabilisés afin de conserver une estimation prudente.

### Construction de l'indicateur

Les mêmes étapes qu'antérieurement sont appliquées. Pour tenir compte de la surexposition que représentent les sous-sols habités en cas de submersion marine, un barème identique à l'érosion est retenu lorsqu'au moins une habitation concernée est relevée.

Dans le cas où aucune habitation exposée par la submersion marine ne présente de sous-sol habité, un barème moins important est utilisé (Tableau 8).

*Tableau 8 : Détails du score : « Nombre d'habitants exposés » basé sur un maximum théorique pour la submersion en l'absence de sous-sol habité.*

Classes choisies	Score
0 bâtiment / <b>0 habitant*</b>	0
<b>Moins de 10 personnes</b> (soit habituellement 1 à 4 bâtiments)	1
<b>11 à 20 personnes</b> (environ 4 à 8 bâtiments)	2
<b>21 à 40 personnes</b> (environ 9 à 17 bâtiments)	3
<b>Plus de 40 personnes</b> (soit habituellement 18 bâtiments et plus)	4

\*population arrondie à l'unité près

#### 5.2.1.2 Indicateur E3 : Défavorisation matérielle

### Justification de la modification

L'indicateur initialement développé pour le projet Résilience Côtière relève le niveau d'instruction de la population à partir des données du recensement. La variable est vue

comme un proxy plus englobant que d'autres données généralement employées dans la littérature pour rendre compte des inégalités économiques. Le niveau d'instruction permet également de considérer indirectement le niveau d'illettrisme et donc l'accès à l'information et la préparation face au risque (Drejza *et al.* 2021). Le développement d'un indice par Barette *et al.* (2018b) au Québec a retenu cette variable plutôt que d'autres après conduite d'une ACP avec le souci d'éviter la redondance.

Cependant, la valeur explicative est apparue statistiquement faible dans cette étude, tandis qu'un problème de compréhension et d'acceptabilité est apparu dans la littérature (Oulahen *et al.*, 2015) et lors des entretiens semi-dirigés. De fortes discussions lors du *world café* ont fait douter sur la conservation même de l'indicateur, sanctionné d'une pondération faible.

Les liens entre pauvreté et vulnérabilité (Wood *et al.*, 2021) soulignent l'importance de prendre en considération les inégalités de revenu. L'Institut National de la Santé Publique du Québec (INSPQ) produit, depuis 1991, un indice de défavorisation matérielle et sociale pour renseigner les inégalités sociales de santé. Construit à l'échelle des aires de diffusion du recensement canadien, l'indice est présenté comme statistiquement robuste et employé par différents organismes en lien avec la santé. Malgré sa limite reconnue de sous-estimer les véritables inégalités de santé, l'indice est la meilleure option disponible à ce jour (Gamache *et al.*, 2019). Sa construction est basée sur la combinaison de deux composantes dérivées d'une ACP, chacune comprenant trois variables :

*Indice de défavorisation matérielle*

- La proportion de personnes de 15 ans et plus sans certificat ou diplôme d'études secondaires
- La proportion de personnes occupées (ayant un emploi) chez les 15 ans et plus
- Le revenu moyen des personnes de 15 ans et plus

*Indice de défavorisation sociale*

- La proportion de personnes de 15 ans et plus vivant seules dans leur domicile

- La proportion de personnes de 15 ans et plus séparées, divorcées ou veuves
- La proportion de familles monoparentales

Lors de contacts avec le Centre Intégré de santé et des services sociaux du Bas-Saint-Laurent (CISSS-BSL), l'utilisation de l'indice de défavorisation matérielle par quintiles à l'échelle nationale a été recommandée en substitut à la seule variable de diplomation. Le postulat est que la combinaison de trois variables rend la logique sous-jacente plus claire, et le résultat plus robuste pour les potentiels utilisateurs finaux de l'indice Résilience Côtière. Le niveau de diplomation compris dans les variables de l'indice permet, en outre, d'assurer une continuité avec la version initiale. Utiliser une méthode préexistante a l'avantage de créer des correspondances entre différents outils développés sur le même territoire avec des prismes de lecture différents.

### Construction de l'indicateur

À partir de la couche shapefile reprenant l'indice national de défavorisation matérielle en quintiles, disponible sur le site de Données Québec, la valeur est déterminée visuellement pour chaque secteur selon (Tableau 9) :

- l'emprise couvrant la majorité des bâtiments du secteur potentiellement impactés par l'érosion ou la submersion.
- À défaut, l'emprise majoritaire dans les secteurs sans bâtiments potentiellement exposés

Tableau 9 : Détails du score : « Défavorisation matérielle »

<i>Score de l'indice de défavorisation matérielle</i>	<i>Score</i>
1	0,5
2	1
3	2
4	3
5	4

**À noter :** si le paramètre E1= 0 (c.-à-d. pas d'habitant dans le secteur), le score de 0 est appliqué pour le paramètre E3.

### **Limite**

La structure des indices de défavorisation est inductive, contrairement à l'approche déductive-hiérarchique des autres indicateurs. Plus particulièrement, le recours à une ACP renforce un effet dit « boîte noire » de l'indice (Balica *et al.*, 2012 ; Opach *et al.*, 2020) ; l'influence de chaque variable au sein des composantes peut être complexe à interpréter. Le nombre réduit de ces variables vient cependant mitiger cette critique.

#### 5.2.1.3 Indicateur E4 : Défavorisation Sociale

***À noter : pour des raisons de cohérence, ce nouvel indicateur a été renommé E4. Par conséquent, les indicateurs d'enjeux exposés ci-après voient leur numérotation décalée par rapport à l'indice original.***

### **Justification de l'ajout**

Lors du *world-café*, l'indicateur E2 - *Proportion de population vulnérable* est apparu aux participants comme insuffisant pour représenter l'ensemble des groupes de populations vulnérables au sein des territoires. L'ajout d'un indicateur complémentaire exprimant les inégalités sociales de santé a été proposé, avec comme variable potentielle le nombre d'interventions d'infirmières à domicile. Cette donnée a été envisagée comme proxy satisfaisant pour relever la présence de personnes souffrant de maladies chroniques, à mobilité réduite ou isolées. Cependant, lors de contacts ultérieurs avec le CISSS BSL, ce type de données n'est pas disponible pour un usage autre qu'interne. Pour rendre compte des inégalités sociales de santé, l'emploi de l'indice de défavorisation sociale a été suggéré comme l'option la plus probante.

### **Construction de l'indicateur**

À partir de la couche shapefile reprenant l'indice national de défavorisation sociale en quintiles, disponible sur le site de Données Québec, la valeur est déterminée visuellement pour chaque secteur selon (Tableau 10) :

- l'emprise couvrant la majorité des bâtiments du secteur potentiellement impactés par l'érosion ou la submersion.
- À défaut, l'emprise majoritaire dans les secteurs sans bâtiments potentiellement exposés

Tableau 10 : Détails du score : « Défavorisation sociale »

Score de l'indice de défavorisation sociale	Score
1	0.5
2	1
3	2
4	3
5	4

À noter : si le paramètre E1= 0 (c.-à-d. pas d'habitant dans le secteur), le score de 0 est appliqué pour le paramètre E4.

**Limite :**

L'emploi de l'indice de défavorisation sociale présente la même limite que l'indice de défavorisation matérielle par sa structure. Également, la logique souhaitée pour l'indicateur tel que proposé lors du *world café* n'est pas totalement satisfaite : des groupes de populations considérées comme plus vulnérables, telles les personnes handicapées, souffrant de maladies chroniques ou sans-abris ne sont pas directement considérées.

5.2.1.4 Indicateur E6 : Usages sociaux et récréotouristiques

**Justification de la modification**

Les usages touchés potentiellement par la submersion ne sont pas les mêmes que pour l'érosion et la liste des enjeux considérés a dû être adaptée (Tableau 11).

Tableau 11: Enjeux considérés en indicateur E6 pour chaque aléa

Type d'enjeux considéré	Érosion	Submersion
Bibliothèques	x	x
Centre sportif	x	x
Centre culturel	x	x
Centre communautaire, Maison de jeunes, Centre d'entraide et de ressources communautaires (incluant ressources d'hébergement, de meubles et d'alimentation)	x	x
Parc naturel	x	
Musée, Exposition d'objets ou d'animaux (planétarium, zoo, etc.)	x	x
Halte routière, point d'information touristique...	x	x*
Descente de bateau, accès à la plage (aménagé officiellement et public).	x	

\*points d'information touristique seulement, ou encore infrastructures d'une halte routière tel des toilettes publiques.

### Limite additionnelle

Le choix de ne pas tenir compte des parcs, haltes et autres espaces verts peut être critiquable. Si aucun équipement n'est endommagé, la submersion peut mener à une salinisation des sols causant une perte de valeur paysagère par la mort des végétaux. La submersion permanente liée à la remontée du niveau de la mer n'est également qu'imparfaitement prise en compte.

#### 5.2.1.5 Indicateur E7 : Enjeux patrimoniaux

### Justification de la modification

À l'instar des éléments comptabilisés dans l'indicateur E6, certains enjeux potentiellement exposés à la submersion temporaire présentent peu à pas de risque d'endommagement par rapport à l'érosion (Tableau 12).

*Tableau 12 : Pointage des types d'enjeux patrimoniaux*

Type d'élément retenu pour l'exposition à l'érosion	Nb de points	Prise en compte pour la submersion
Patrimoine immobilier ou site patrimonial ou site archéologique cité lors des séances de cartographie interactive ou des entrevues (site patrimonial reconnu) *°	1	Oui*
Site patrimonial cité par la municipalité°	1	Oui*
Plaque commémorative inventoriée dans le Répertoire du patrimoine culturel du Québec (le bien commémoré n'étant pas inventorié)	1	Non
Monument mémoriel ou portion de cimetière	1	Portion de cimetière seulement
Patrimoine immatériel inventorié dans le Répertoire du patrimoine culturel du Québec et pouvant être rattaché à une portion de côte d'une municipalité.	1	Non
Élément du patrimoine naturel non vivant (géosite, géomorphosite...) inventorié par une étude universitaire, un organisme, une municipalité ou une MRC	1	Non
Site patrimonial déclaré par le gouvernement du Québec	2	Oui*
Patrimoine immobilier cité ou inventorié par une municipalité*	3	Oui
Site à potentiel archéologique connu	3	Non
Patrimoine immobilier inventorié dans le répertoire du ministère, mais non classé*	4	Oui
Patrimoine immobilier cité par une MRC ou une structure supramunicipale (inventaire des lieux de culte du Québec par exemple)*	4	Oui

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*	4	Oui
Site archéologique inventorié dans l'ISAQ du MCC	4	Non, sauf si excavé
Patrimoine immobilier classé selon la Loi sur le patrimoine culturel*	5	Oui
Lieu historique national du Canada	5	Oui*
Site patrimonial inclus sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO	5	Oui*

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

Oui\* : sous réserve que le patrimoine ne soit pas un espace naturel ou un monument insensible à la submersion telle une stèle. Auquel cas, le nombre de points attribué est de 0.

### **Limite additionnelle**

Cet indicateur rencontre la même limite que E6 dans son adaptation pour tenir compte de la submersion marine.

#### 5.2.1.6 Indicateur E9 : réseaux d'infrastructures

### **Justification de la modification**

L'impact sur les réseaux diffère grandement qu'il s'agisse d'érosion ou de submersion. Le premier se traduit par une destruction totale ou partielle d'un tronçon du réseau, perturbant son fonctionnement. La submersion provoque généralement une perturbation temporaire, réversible. Certains réseaux tels les câbles d'énergie ou de communication suspendus ne sont pas affectés. Les câbles enfouis ne sont pas considérés dans cet indicateur par manque de données disponibles, mais ne sont a priori pas exposés par une submersion d'origine subaérienne. Les égouts et aqueducs ne sont pas considérés comme sensibles à la submersion

(Drejza *et al.* 2018), même si une intrusion saline peut accélérer la corrosion des canalisations. Ainsi, seuls les réseaux routiers sont considérés pour la submersion.

### Construction de l'indicateur de submersion

La logique de l'indicateur est conservée, soit le calcul de la longueur totale affecté et la conservation du score plus élevé (Drejza *et al.*, 2021). Par souci d'harmonisation, la table de scores a été remaniée pour tenir compte du type de réseau routier le plus important présent et du linéaire cumulé de l'ensemble des routes présentes par segment (Tableau 13).

Tableau 13 : Score selon le réseau routier le plus affecté et le linéaire total touché sur un secteur

Linéaire total affecté	Chemin asphalté, cul-de-sac	Route municipale, voie ferrée	Route nationale, autoroute
Moins de 50 m	1	1	2
50 à 100 m	1	1	3
100 à 250 m	2	2	3
250 à 500 m	2	3	4
Plus de 500 m	3	4	4

À noter : en l'absence de route impactée, le score est de 0

### Limite additionnelle

En raison de la donnée de base Lidar employée présentant une altitude corrigée au niveau des cours d'eau au lieu des ponts, ces derniers n'ont pas été considérés comme potentiellement impactés. Le degré de précision au relèvement des pylônes électriques est inégal selon les secteurs et sites.

Considérer le réseau hiérarchiquement le plus important pour le calcul du score, même d'une longueur impactée minoritaire, peut mener à une surreprésentation critiquable. Les limites dans le calcul des emprises de submersion et l'absence de prise en compte de

potentielles projections de débris à même d'impacter les réseaux rendent l'estimation conservatrice.

#### 5.2.1.7 Indicateur E10 : Niveau d'impact de la rupture du service routier

**Cet indicateur est modifié de manière mineure pour son adaptation à la submersion** : le modificateur de score tenant compte de la difficulté de réparation selon l'environnement n'est pas appliqué. **L'indicateur présente cependant des limites importantes dans son actualisation.**

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. Seul le réseau routier inventorié et les rues municipales asphaltées situées dans les noyaux villageois sont considérés comme pouvant permettre un détour. Ce calcul est réalisé à la fois pour les pompiers et pour l'hôpital, mais seul le score le plus élevé est retenu pour notre étude (Tableau 14).

*Tableau 14 : Scores de base selon l'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	0,5	1	2	3	4	4
25 à 100	1	1	2	3	4	4
100 à 500	1	2	2	3	4	4
500 à 1000	1	3	3	3	4	4
Plus de 1000	1	4	4	4	4	4

*Tableau adapté de Drejza et al. (2014)*

#### **Limites additionnelles**

Les scores d'impacts par seuils ont été fixés en interne par les membres de l'équipe de recherche. Les valeurs choisies ont été contestées aussi bien lors du *world café* que par les étudiants de second cycle mis à contribution pour l'application du nouvel indice en Matanie. Plus particulièrement, attribuer le score maximum de manière uniforme dès qu'une maison est enclavée pose question : une perte d'information importante est à déplorer tant sur la gravité (une maison, dix maisons ?) que le détour induit pour les personnes n'étant pas directement impactées. **La mise en place d'un nouveau barème et/ou subdiviser l'information entre détour et enclavement via un modificateur de score sont à considérer sérieusement**, en partenariat avec des gestionnaires chargés de la sécurité civile dans les MRC, voire du MTQ.

Pour ces raisons, la présente version de l'indicateur garde une certaine latitude sur considérer ou non des bâtiments comme enclavés : lorsque l'accès n'est que très partiellement atteint par les zones d'exposition, l'isolement n'est pas comptabilisé.

#### 5.2.1.8 Indicateur E13 : Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion/submersion côtière

### **Justification de la modification pour la submersion**

Le postulat retenu est que les écosystèmes côtiers déjà soumis à une submersion temporaire ne sont, a priori, pas considérés comme particulièrement impacté par une submersion accrue lors d'un évènement météo-marin extrême. Ainsi, dans les cas des écosystèmes littoraux, **la submersion côtière n'est pas considérée comme une menace pour l'échéance de 2020.**

Cependant, dans le contexte de l'élévation du niveau marin relatif en de nombreux endroits au Québec, certains écosystèmes pourraient connaître un changement significatif sur le recouvrement par la marée. Certains espaces intertidaux devraient ainsi potentiellement devenir submergés en quasi-permanence. La zone littorale se définissant par son aspect mouvant et dynamique, les écosystèmes présents ont une certaine capacité à migrer avec les changements hydrogéomorphologiques, pour peu que des espaces d'accueil subsistent. Dans

le cas contraire, que cela soit lié à un obstacle naturel tel une falaise ou un ouvrage anthropique, cette migration devient impossible. On parle alors de *coastal squeeze* ou coincement côtier (Pontee, 2013). Ainsi, le protocole établi pour les enjeux écosystémiques menacés par l'érosion est repris et adapté pour la submersion liée à la remontée du niveau marin. **Pour le pas de temps actuel, cet indicateur prend systématiquement la valeur 0.** Pour l'horizon 2070, les mêmes règles que pour l'érosion sont appliquées.

### **Limite additionnelle**

Différents *geoprocess* ont été testé pour obtenir des données plus précises, mais face à des difficultés d'ordre technique, l'interprétation visuelle est finalement restée le choix par défaut.

## **5.2.2 Indicateurs de capacités d'adaptation**

### 5.2.2.1 Indicateur A1 : Niveau de zonage du risque d'érosion côtière / submersion marine

### **Justification de la modification**

Les sources de données pour renseigner les niveaux de zonage restent inchangées, quel que soit l'aléa. Au regard du peu de documents existants tenant compte de la submersion marine dans les zonages, le barème a été adapté en conséquence. Cela est très certainement appelé à évoluer dans les prochaines années en lien avec l'application d'une nouvelle méthodologie pour le zonage de la submersion testé actuellement dans la MRC de Rimouski-Neigette par le LDGIZC, qui devrait être intégrée prochainement au schéma d'aménagement.

### **Construction de l'indicateur**

Une typologie du niveau de zonage des risques de submersion marine présents dans le schéma d'aménagement et de développement a été réalisée (Tableau 15), la cartographie la plus adaptée s'étant vu assigner, comme pour la méthodologie développée pour l'érosion, le score de 4.

Tableau 15 : Scores des niveaux de zonage des risques de submersion marine

Type de zonage des risques côtiers	Exemple de zonage	Score
Aucun zonage particulier	À défaut le Régime transitoire s'applique avec une marge de 10 ou 15 m de protection à partir de la LL.	0
Cartographie des zones sous contrainte de submersion selon une méthodologie peu précise, voire inadaptée (cote de crue du Saint-Laurent)	Méthodologie spécifique développée par une MRC sans critères scientifiques précis	1
Cartographie des zones sous contrainte d'inondation fluviale au niveau d'une embouchure de rivière, mais sans considérer les zones de contrainte de submersion marine		2
Cartographie des zones sous contrainte de submersion selon une méthodologie adaptée : prise en compte de la modélisation, du runup, de l'épaisseur de la tranche d'eau...	Cartographie en cours pour la MRC Rimouski-Neigette	4

#### 5.2.2.2 Indicateur A2 : Niveau de réglementation liée aux risques naturels

##### **Justification de la modification**

Malgré l'intitulé de l'indicateur tenant théoriquement déjà compte des deux aléas, certaines modifications dans le décompte du score sont effectuées à l'instar de A1 avec une nouvelle typologie des réglementations liée aux risques (Tableau 16).

Tableau 16 : Scores des niveaux de réglementation liés aux risques côtiers

Type de réglementation	Exemple de réglementation	Score
Aucun règlement spécifique, la PPRLPI ou le nouveau régime transitoire ne sont pas évoqués	na	- 0,5
Seul le régime transitoire (ex-PPRLPI) s'applique	Régime transitoire issu de la Loi instaurant un nouveau régime d'aménagement dans les zones inondables des lacs et des cours d'eau	0
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 au Régime transitoire, seulement certains types d'ouvrages de protection sont proposés et avec d'éventuels permis...	2
Contrôle de l'utilisation du sol dans les zones sous contraintes adapté (cohérent avec les nouvelles propositions du MSP et du MAMH)	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 OPC légalement érigés	4

### 5.2.2.3 Indicateur A3 : Mesures de protection structurelles

#### **Justification de la modification**

La logique de construction de l'indicateur reste inchangée. Pour son adaptation à la submersion marine, un second tableau dédié est proposé sur la même base scientifique. Selon

la typologie des ouvrages réalisée par Sauvé (2022) sont identifiés seulement deux types présentant une action directe face à l’aléa : les digues et les aboiteaux.

De manière générale, les ouvrages de protection structuraux face à l’érosion (enrochements, murs...) sont considérés comme une mal-adaptation vis-à-vis de la submersion. Le déficit sédimentaire en pied d’ouvrage inadapté, fréquent sur notre site-témoin, provoque un abaissement altimétrique en haut d’estran meuble, aggravant en retour la hauteur des vagues et un déferlement plus tardif (Bernatchez *et al.*, 2008). Les murs/digues verticaux bâtis en réponse à la submersion mais sans profilage limitant la réflexion de l’énergie des vagues sont donc aussi considérés comme une mal-adaptation.   la marge, le franchissement de ces ouvrages par dépassement ou paquets de mers aggravent la période de submersion sous forme d’un obstacle au retrait d’eau.

Suivant la tendance actuelle de relèvement du niveau marin relatif sur la plupart des côtes du Québec, les ouvrages conçus spécifiquement pour répondre à l’aléa submersion peuvent, en outre, êtres insuffisants dans leur dimensionnement d’origine. Sans travaux de rehaussement pour tenir compte des réalités hydrogéomorphologiques actuelles et projetées, ces protections sont lacunaires voire peuvent être considérées comme inadaptées.

### **Construction de l’indicateur pour l’érosion submersion**

La même méthodologie que pour l’érosion est appliquée (voir Drejza *et al.*, 2021). Sur la base de la typologie réalisée pour les ouvrages en lien avec l’érosion côtière, une version révisée est proposée après discussion avec des membres du laboratoire LDGIZC (Tableau 17).

*Tableau 17 : Scores des types de solutions structurelles face à la submersion marine*

Type de mesure	Score
Mesures de protection structurelle(s) mal adaptées dans le secteur de côte (longueur : plus de 100 mètres) <b>Intègre les mesures face � l’érosion : enrochements, murs...</b>	-0,5

Mesure(s) de protection structurelle(s) mal adaptées dans le secteur de côte (longueur : moins de 100 mètres)	-0,25
Pas de mesure de protection structurelle dans le secteur de côte ou mesures de protection contre l'érosion n'impactant que peu la submersion (épis...)	0
Mesure(s) de protection structurelle(s) adaptée(s) et entretenue(s) dans le secteur de côte : Aboiteaux, murs profilés avec surélévation insuffisante	3
Mesure(s) de protection structurelle(s) adaptée(s) et entretenue(s) dans le secteur de côte : Aboiteaux rehaussés, murs profilés avec surélévation suffisante	4

Note : pour les structures adaptées, mais majoritairement pas entretenues (partiellement endommagées ou pire) alors on soustrait 1.

#### 5.2.2.4 Indicateur A4 : Mesures de protection alternatives

### **Justification de la modification**

Pareillement à l'indicateur A3, une adaptation du tableau pour la submersion marine à partir de la même base scientifique (Drejza *et al.*, 2021) est proposée (Tableau 18). Dans l'état actuel de nos connaissances, aucune mesure de protection « souple » ou « alternative » n'a été mise en place au Québec pour répondre spécifiquement à cet aléa.

Par leur nature n'impactant peu à pas les dynamiques hydrosédimentaires, le choix a été fait de ne pas considérer les mesures de protection alternatives face à l'érosion côtière en place comme une mal-adaptation pour la submersion marine. De manière circonstancielle, des recharges sédimentaires de type recharge dunaires ou méga-recharges (Sauvé, 2022) peuvent présenter par leur élévation une mesure de protection face à la submersion marine, comme cela a été observé sur le site de La Grave aux îles de la Madeleine suite au passage de l'ouragan Fiona en 2022. Des restaurations écologiques, notamment d'herbiers en petits

fonds, peuvent augmenter la dissipation d'énergie des vagues par les écosystèmes, et, en retour, limiter les hauteurs atteintes par les vagues sur la côte.

Par leur nature indirecte, ces mesures sont considérées comme moins efficaces, motivant une attribution de score maximal plus faible que pour l'érosion côtière.

*Tableau 18 : Scores des types de solutions non structurelles adaptées au site face à la submersion marine (recharges de plage haute, restauration écologique...)*

Type de mesure	S core
Pas de mesure alternative dans le secteur de côte	0
Mesure(s) alternative(s) adaptée(s) dans le secteur de côte adjacent	1
Une mesure alternative adaptée dans le secteur de côte	2
Plusieurs mesures alternatives adaptées dans le secteur de côte (plusieurs types de mesure ou un type de mesure appliqué plusieurs fois)	3

### **Limites additionnelles**

En raison de l'absence d'étude de cas concrète pour évaluer l'action de mesures de protection alternatives face à la submersion marine, l'attribution de scores tombe dans l'arbitraire. Cela est d'autant plus vrai que les mesures en place ne sont pas conçues spécifiquement pour répondre à cet aléa.

#### 5.2.2.5 Indicateur A5 : Existence de relocalisations

### **Justification de la modification**

La logique de l'indicateur reste inchangée, aussi bien pour l'érosion côtière que pour la submersion marine (voir Drejza *et al.*, 2021). Cependant, pour tenir compte des retours lors du *world café*, l'attribution des scores s'est vue modifiée.

Le postulat dégagé des commentaires des invités est un faible impact des expériences de relocalisation antérieures sur un territoire donné, et cela même à court terme. Ainsi, l'entrée « Expérience de relocalisation de bâtiment ou d'infrastructure dans la municipalité antérieure au XXI<sup>e</sup> siècle » présente dans l'indicateur initial a été supprimée. Les expériences de relocalisation entre 2000 et 2010, puis après 2011 ont vu leurs scores relatifs réévalués à la baisse (Tableau 19).

Tableau 19 : Scores des expériences de relocalisation

Type de relocalisation	Score
Aucune relocalisation de bâtiment ou d'infrastructure connue dans la municipalité	0
Expérience(s) de relocalisation récente (2000 à 2010) de bâtiment ou d'infrastructure suite à un sinistre dans la municipalité	1
Expérience(s) de relocalisation récente (depuis 2011 ou mentionné par les citoyens) de bâtiment ou d'infrastructure suite à un sinistre dans la municipalité	2
Plan de gestion de relocalisation préventive de bâtiment ou d'infrastructure suite à un sinistre dans la municipalité (exemples : Sainte-Luce, Sainte-Flavie)	4

### Considérations additionnelles

Deux autres options ont été explorées :

- la fusion de l'indicateur avec A8 - *Démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière*. Si considéré comme faisable, la complexité déjà importante de A8 est

vue comme un frein à son intelligibilité en cas de fusion. De plus, cette option ne semble pas aller dans les sens des propos exprimés dans le *world café*.

- L'autre option discutée entre experts est de modifier l'indicateur pour englober l'ensemble des expériences d'adaptation, en détachant certains éléments comptabilisés dans A8. Cependant, distinguer strictement ce qui relève des démarches de gestion et de l'adaptation n'est pas apparu faisable ; beaucoup des items relevés en A8 peuvent très bien relever des deux catégories, surtout en l'absence de données précises sur les missions du personnel des MRCs/municipalités.

#### 5.2.2.6 Indicateur A6 : Accès à l'information concernant les risques côtiers

Cet indicateur est conservé tel quel pour le recalcul de l'indice en Matanie. Cependant, les résultats du *world café* ont recommandé une substitution future pour un nouvel indicateur : *degré de vulgarisation de l'information scientifique concernant les risques côtiers*. Le nouveau protocole proposé est présenté en partie 5.2.4

#### 5.2.2.7 Indicateur A9 : Importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables

Cet indicateur est conservé tel quel pour le recalcul de l'indice en Matanie. La méthode de construction est dérivée de deux questionnaires visant des questions de recherche différentes touchant la Basse-Côte-Nord (Pelletier Boily, 2022) et les autres MRC concernées par le projet Résilience Côtière (Drejza *et al.*, 2021). Bien qu'admis à l'origine comme scientifiquement discutable et non reproductible, l'indicateur est vu comme une solution à défaut plus intéressante que de ne pas prendre en compte les perceptions dans l'indice. Une alternative est détaillée en partie 5.2.4., ainsi que pour A10.

#### 5.2.2.8 Indicateur A10 : Connaissance de l'érosion côtière

Cet indicateur est conservé tel quel pour le recalcul de l'indice de vulnérabilité à l'érosion côtière en Matanie. Par la nature de la donnée issue de questionnaires, **cet indicateur ne peut être renseigné pour la submersion marine dans le cadre du présent mémoire.**

### 5.2.3 Révisions des étapes de construction de l'indice

La mise à disposition de la base de données géoréférencée construite pour la version initiale de l'indice a permis d'appliquer les protocoles d'indicateurs révisés. Le recalcul de l'indice d'érosion et la création de l'indice de submersion ont été l'occasion de réexaminer les grandes étapes méthodologiques (cf. partie 2.3) en s'appuyant sur les retours d'expérience de membres du projet ResCo.

Cette étape a été particulièrement exigeante en temps, notamment en raison du volume d'informations nécessaire pour renseigner les différents indicateurs, ainsi que la méthode de discrétisation choisie. Plusieurs itérations ont été nécessaires, en lien avec des anomalies dans la base de données initiale, ainsi que lors de l'adaptation des protocoles pour la submersion.

#### 5.2.3.1 Calcul de la surface d'exposition potentielle à la submersion actuelle et future (2070)

La demande la plus unanime formulée durant le *world café* fut la prise en compte de l'aléa submersion côtière jusqu'alors non considéré par l'indice. La modélisation d'une submersion liée à une tempête et/ou la hausse du niveau marin relatif peut se découper en deux grandes approches. La première est l'utilisation de modèles hydrodynamiques, fondée sur des équations empiriques ou bien l'intégration d'un grand nombre de données sur les processus physiques locaux connus (van Dongeren *et al.*, 2018). La seconde approche plus simple utilise les SIG : un niveau d'eau estimé est projeté sur une surface d'élévation de haute résolution, tel un modèle numérique de terrain issu de la télédétection par laser (*Light*

*Detection and Ranging* - LiDAR). Cette méthode est qualifiée de « modèle de baignoire » (*bathtub* en anglais) (Williams & Lück-Vogel, 2020). C'est l'approche simple retenue pour l'amélioration de l'indice.

La limite est l'absence d'intégration du déferlement des vagues (*wash-up, runnup*) complexifié par les dynamiques estuariennes. La déperdition d'énergie par frottement lors de la propagation de l'eau dans les terres n'est pas non plus prise en compte. Cela mène généralement à une surreprésentation des zones inondées par l'approche *bathtub* intégrant des espaces sans connectivité à la surface principale de submersion (Seenath *et al.*, 2016). Selon les auteurs, la modélisation *bathtub* reste cohérente et intéressante pour de grands espaces. Pour contrer le biais de connectivité, l'ensemble des polygones autres que l'emprise principale sur les couches obtenues a été supprimé.

Le calcul des niveaux d'eau de référence pour les horizons de temps actuel et 2070 utilise la méthodologie développée par Drejza *et al.* (2014). Le niveau de pleine mer supérieure de grande marée (PMSGM) du marégraphe local sert de référence, auquel s'adjoint le dépassement moyen de ce niveau constaté sur le terrain lors d'évènements extrêmes. Pour la Matanie, il s'agit de la tempête du 6 décembre 2010 (Quintin *et al.*, 2013). L'équation originale est la suivante :

*Équation 3 : Niveau de submersion*

Niveau de submersion =

Niveau des pleines mers supérieures de grande marée + cote de submersion mesurée sur le terrain

*Toutes les altitudes sont en niveau géodésique*

Pour calculer le niveau d'eau actuel, l'équation reste inchangée. Le niveau de référence altimétrique employé est le CGVD28. Il correspond à celui employé par le modèle numérique LiDAR de résolution 1m en tuiles raster mis à disposition par le MRNF (année 2015 pour La Matanie). Le niveau de submersion a été mis à jour selon la nouvelle valeur du PMSGM de la [station marégraphe de Matane](#) du MPO (Tableau 20).

Pour obtenir un niveau de submersion 2070, un troisième terme est rajouté à l'équation :

*Équation 4 : Niveau de submersion projeté en 2070*

Niveau de submersion =

Niveau des pleines mers supérieures de grande marée + cote de submersion mesurée sur le terrain + augmentation du niveau moyen relatif au scénario RCP 8.5

*Toutes les altitudes sont en niveau géodésique (CGVD28)*

Les données de modélisation locales sont extraites du portail [donneesclimatiques.ca](https://donneesclimatiques.ca) offrant une projection de l'augmentation du niveau moyen relatif par maille de 0,1 degré de latitude/longitude. Cette modélisation intègre les fluctuations d'élévation du sol liées au rebond isostatique selon les travaux du *Canadian Geodetic Survey* (James *et al.*, 2021). Le scénario d'émissions des trajectoires représentatives de concentration (RCP) 8.5 du GIEC est considéré comme le plus pessimiste. Ce scénario est cependant déjà dépassé, les volumes d'émissions de gaz à effets de serre croissant plus vite qu'anticipé depuis la parution du cinquième rapport d'évaluation. Contrairement à la recommandation du site d'utiliser les valeurs au 95<sup>e</sup> percentile du modèle, une hypothèse plus prudente employée dans la littérature au 50<sup>e</sup> percentile est retenue (*Tableau 20*). Le scénario renforcé tenant compte d'une fonte accélérée des inlandsis n'est pas utilisé faute de consensus scientifique.

*Tableau 20 : Niveaux de submersion marine, en mètres calculés pour la MRC de La Matanie.*

Projection	PMSGM Matane	Surcote (2010)	RSL 2070 au RCP 8.5 50 <sup>e</sup> percentile*	Niveau de submersion
Originale (Drejza <i>et al.</i> , 2014)	2,10	2,12	x	4,22
Actualisée	2,229	2,12	x	<b>4,35*</b>
Horizon 2070	2,229	2,12	0,222	<b>4,58*</b>

\* : arrondi

Les 14 valeurs des mailles de [donneesclimatiques.ca](https://donneesclimatiques.ca) couvrant le littoral de la MRC ont été ajustées pour le pas de temps 2020-2070, puis agrégées en moyenne. La valeur obtenue

pour 2070 présente une possible légère surévaluation : le niveau de PMSGM utilisé date de 2023, non de 2020. Cependant, vu les limites précitées d'une projection *bathtub* et du scénario choisi, les enveloppes de submersion proposées sont à considérer comme **plutôt conservatrices dans leur représentation de l'exposition potentielle à l'aléa.**

#### 5.2.3.2 Une emprise spatiale étendue

La mise à jour de l'indice de vulnérabilité Résilience Côtière a fait l'objet d'une activité pédagogique. Durant un atelier pratique, deux étudiantes et un étudiant candidats au Diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS) en analyse et prévention des risques naturels de l'UQAR ont été mis à contribution. Le travail de session a consisté au renseignement des indicateurs selon leur protocole modifié pour l'érosion seule pour les deux pas de temps, sur des secteurs jusque-là non couverts par l'indice initial (

Figure 55). Leurs travaux ont été validés par la suite.

### Secteurs d'application de l'indice

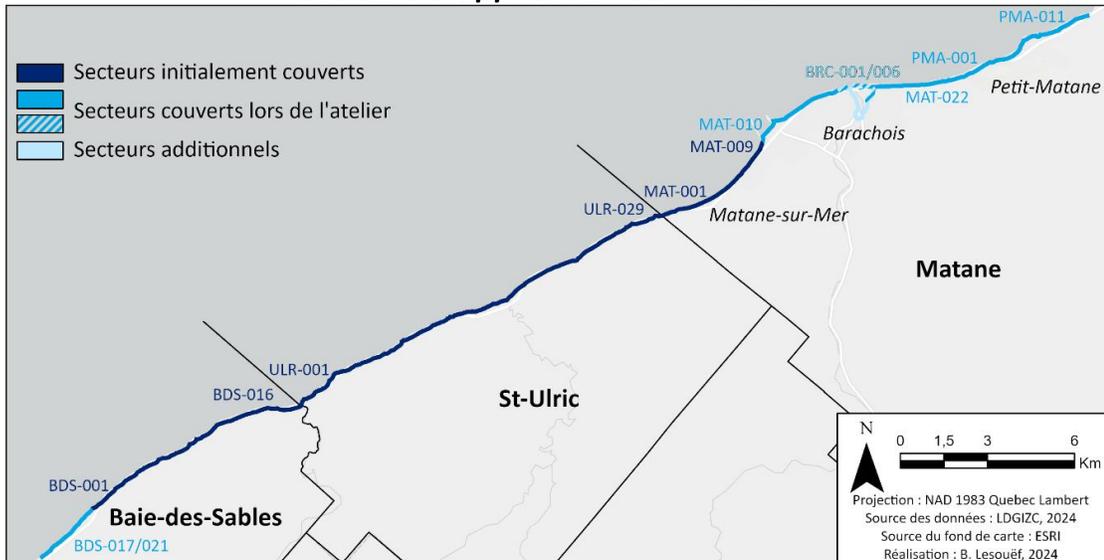


Figure 55 : Couverture spatiale de l'indice Résilience Côtière mise à jour pour la Matanie

Indépendamment de cette activité, le barchois de Matane a été ajouté à l'emprise spatiale originale de l'indice. Au regard des dégâts observés lors de la tempête du 6 décembre 2010 (Quintin *et al.*, 2013) en lien avec la submersion marine, la zone est apparue comme un point chaud de vulnérabilité adéquat pour appliquer le sous-indice dédié à cet aléa. La couverture par aléa est détaillée en Tableau 21.

Tableau 21 : Secteurs de l'indice Résilience Côtière mis à jour par municipalité et aléa

Municipalité (et localité)	Secteurs	indices renseignés
<b>Baie-des-Sables</b>	BDS-001 à BDS-016	Érosion et submersion
	BDS-017 à BDS-021	Érosion
<b>Saint-Ulric</b>	ULR-001 à ULR-029	Érosion et submersion
<b>Matane</b>		
<i>Matane-sur-Mer</i>	MAT-001 à MAT-009	Érosion et submersion
<i>Matane (Centre)</i>	MAT-010 à MAT-022	Érosion
<i>Barchois</i>	BRC-001, BRC-005 et BRC-006	Érosion et submersion
	BRC-002 à BRC-004	Submersion
<i>Petit-Matane</i>	PMA-001 à PMA-011	Érosion

### 5.2.3.3 Un problème logique : révision des scores et des formules d'agrégation

L'indice initial de vulnérabilité du projet Résilience Côtière utilise une discrétisation pour chaque indicateur (ou paramètre) allant de 1 à 5. Pour les indicateurs d'enjeux exposés, un score élevé correspond à une plus grande vulnérabilité. Pour les capacités d'adaptation, cette relation est inversée : un score faible traduit de moindres capacités, soit une plus grande vulnérabilité. Rapidement, deux limites ont été relevées sur cette classification.

Pour les indicateurs d'enjeux exposés, la classe 1 confond l'absence d'enjeux exposés (pas) et une faible présence (peu) (Tableau 22). Cette distinction est pourtant importante : en l'absence d'enjeu exposé, l'aléa ne s'exprime alors qu'en tant que phénomène naturel. Or dans le cadre conceptuel de l'indice, **s'il n'y a pas de risque, il n'y a pas de vulnérabilité.**

Tableau 22 : Classification des indicateurs selon le sens donné à la classe 1 de la discrétisation initiale.

Classe 1 = pas d'élément	Pas ou peu d'éléments	Peu d'éléments
E1, E4, E5, E6, E7, E8, E11, E12, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8	E2, E3	E9, E10, E13, A1, A9, A10

**À noter :** les indicateurs sont catégorisés selon leur nouvelle numérotation.

L'emploi d'une matrice non linéaire pour agréger les sous-indices d'enjeux exposés et de capacités d'adaptation présente donc un risque de surévaluer la vulnérabilité en présentant des secteurs sans exposition comme à « Très faible » (classe 1) ou « Faible vulnérabilité » (classe 2) (Figure 56).

**Le choix a donc été fait de changer l'échelle de score pour les indicateurs de 1 à 5 pour 0 à 4.** La classe 0 est réservée aux indicateurs d'enjeux ne présentant pas d'élément servant à les renseigner. Lorsque peu d'éléments sont présents, un score intermédiaire de 0,5 est alors attribué. La discrétisation finale de l'indice conserve cependant les valeurs 1 à 5.

L'introduction de la classe 0 invalide le choix initial d'agrégation multiplicative pour les sous-indices (équations 5 et 6).

*Équation 5: Sous-Indice initial des enjeux exposés*

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

*Équation 6 : Sous-Indice initial des capacités d'adaptation*

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

- E1/A1, E2/A2, E3/A3... étant les différents indicateurs utilisés pour estimer le niveau d'enjeux / d'adaptation scorés de 1 à 5
- $\alpha, \beta, \delta \dots$  étant les pondérations initiales recueillies auprès des acteurs

Selon Le Berre *et al.* (2022), Gornitz *et al.*, (1997) ont démontré par comparaison de six méthodes d'agrégation du Coastal Vulnerability Index (CVI) que la racine carrée du produit divisée par le nombre de variables était le meilleur compromis entre la sensibilité et la clarté de la formulation. Les équations initiales se rapprochent de cette logique.

Dans la littérature, l'agrégation par somme linéaire est largement prédominante, en raison de sa simplicité (Tate, 2012). Cependant, sa principale limite réside dans la compensation que plusieurs valeurs basses peuvent entraîner sur une valeur haute, lissée en un résultat moyen. Runfola *et al.*, (2017) assimilent ce phénomène à une erreur de type II, où l'hypothèse nulle (ici, le secteur est vulnérable) se voit rejetée alors qu'elle est vraie. À l'inverse, ne pas permettre cette compensation entre valeurs peut mener à l'équivalent d'une erreur de type I, soit accepter l'hypothèse alors qu'elle est fautive. Le choix d'une méthode d'agrégation influe sur le résultat de l'indice, plusieurs auteurs s'intéressant à l'impact sur la robustesse et la sensibilité à fins de validation (Moreira *et al.*, 2021 ; Tate, 2012). Dans le cadre d'un exemple d'indice de vulnérabilité aux inondations sur un site test au Brésil, l'agrégation multiplicative est apparue comme plus sensible et sous-représentant la vulnérabilité comparée aux autres approches additives (Moreira *et al.*, 2021).

D'un point de vue plus théorique, employer une agrégation additive revient à considérer la vulnérabilité comme une accumulation de différents facteurs, dont les indicateurs sont les proxys. L'usage d'une agrégation multiplicative implique au contraire que ces facteurs sont en interrelation (entretien avec Chercheur 3).

**D'un point de vue pratique, le calcul des sous-indices modifiés a été transformé en agrégation additive** (équations 7 et 8).

*Équation 7 : Sous-Indice modifié des enjeux exposés*

$$\text{Sous-indice d'enjeux exposés} = \sum \alpha' E1 + \beta' E2 + \delta' E3 + \dots + \omega' E13$$

*Équation 8 : Sous-Indice modifié des capacités d'adaptation*

$$\text{Sous-indice du niveau d'adaptation} = \sum \alpha'' A1 + \beta'' A2 + \delta'' A3 + \dots + \omega'' A10$$

- E1/A1, E2/A2, E3/A3... étant les différents indicateurs utilisés pour estimer le niveau d'enjeux / d'adaptation scorés de 0\* à 4
- $\alpha' / \alpha''$ ,  $\beta' / \beta''$ ,  $\delta' / \delta''$  ... étant les pondérations dérivées du vote à l'issue du *world café*

Les scores initiaux des indicateurs de capacités d'adaptation présentent des classes inférieures à 1 (0,8 et 0,6) pour tenir compte de la mal-adaptation. Lors de l'agrégation multiplicative, le score global par secteur se voit ainsi diminué. Le passage à l'agrégation additive nécessite une réévaluation de ces scores : 0,8 devient -0,25 et 0,6 passe à -0,5. Par souci de simplicité, la distinction peu/pas n'a pas été faite pour la classe 0 des indicateurs d'adaptation en raison du moindre impact généré.

La nouvelle matrice d'agrégation des deux sous-indices (Figure 56) introduit la classe 0 pour les enjeux, se traduisant alors en une vulnérabilité nulle, indépendamment du niveau d'adaptation. En cela, cette nouvelle itération s'inspire de la matrice linéaire employée par l'observatoire OSIRISC.

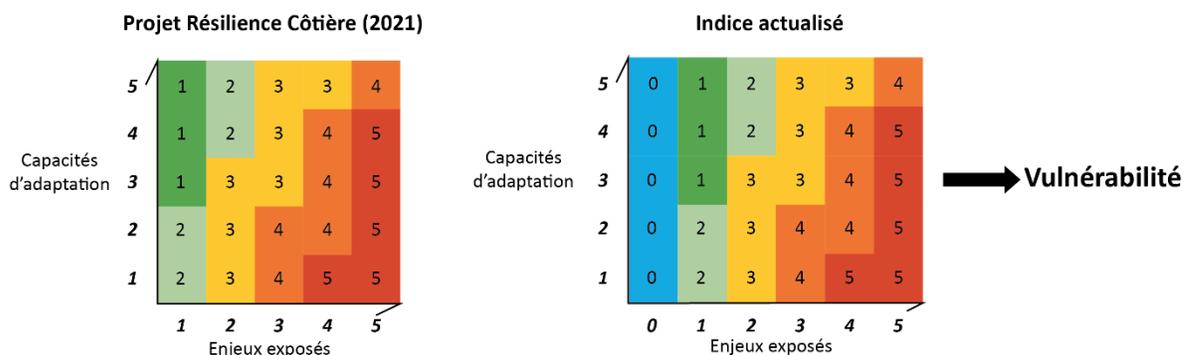


Figure 56 : Nouvelle matrice d'agrégation pour l'indice de vulnérabilité actualisé

#### 5.2.3.4 Nouvelles valeurs de pondération

La nouvelle pondération pour l'indice est directement dérivée des scores relatifs obtenus lors du vote par allocation de budget en fin du *world café*. Au regard du décalage entre les indicateurs proposés et effectivement retenus pour les capacités d'adaptation, un redressement des données a été effectué. À défaut de pouvoir reproduire l'exercice, **l'hypothèse retenue est que les invités auraient réparti les jetons alloués aux indicateurs A11-A15 selon les proratas observés sur les indicateurs A1-A10**. Cette hypothèse est évidemment critiquable, mais considérée comme solution par défaut.

Une seconde opération de transformation des données s'est avérée nécessaire pour tenir compte de l'absence de données ou de la non-applicabilité de l'indicateur A10. Sa forme actuelle ne permet pas de l'intégrer au calcul du sous-indice de submersion. Les données entre les différents secteurs aux deux pas de temps et pour les deux aléas doivent être normalisées sur le même univers statistique pour permettre la comparaison (Tableau 23 et Tableau 24).

Tableau 23: Nouvelles valeurs de pondération pour les enjeux exposés

Indicateur	Initiale	Initiale relative	Nouvelle (à 13)
E1- Nombre d'habitants exposés	2,65	0,101	0,131
E2- Proportion de personnes vulnérables	1,88	0,072	0,077

E3- Défavorisation matérielle	0,68*	0,026*	0,038*
E4- Défavorisation sociale			0,087**
E5- Bâtiments abritant des personnes sensibles	2,35	0,089	0,090
E6- Usages sociaux et récréotouristiques	1,88	0,072	0,051
E7- Enjeux patrimoniaux	1,95	0,074	0,031
E8- Enjeux économiques	2,28	0,087	0,064
E9- Réseaux d'infrastructures	2,88	0,110	0,121
E10- Niveau d'impact de la rupture du service routier	2,83	0,108	0,082
E11- Enjeux stratégiques	2,48	0,094	0,085
E12- Risques pour l'environnement causés par les activités humaines	2,18	0,083	0,079
E13-Enjeux écosystémiques menacés par l'érosion/la submersion côtière	2,23	0,085	0,064
<i>Total</i>	x	1	1
<i>Moyenne</i>	2,13	0,083	0,077
<i>Déviati on standard</i>	0,541	0,021	0,027

À noter : les pondérations pour E3 sont effectuées pour l'indicateur initial « Niveau d'instruction » \* ; la pondération pour E4 pour l'indicateur proposé « inégalités sociales de santé » \*\*.

Tableau 24 : Nouvelles valeurs de pondération pour les capacités d'adaptation

Indicateur	Initiale	Initiale relative	Nouvelle (à 10)	Nouvelle (à 9)
A1 - Niveau de zonage des risques d'érosion côtière	2,4	0,107	0,110	0,123
A2 - Niveau de réglementation liée aux risques naturels	2,42	0,108	0,091	0,102
A3 - Mesures de protection structurelles	2,2	0,098	0,065	0,073
A4 - Mesures de protection alternatives	2,3	0,102	0,108	0,121
A5 - Existence de relocalisations	2,15	0,096	0,063	0,070
A6 - Accès à l'information sur les risques côtiers	2,1	0,093	0,159*	0,179*
A7 - Niveau de préparation à une crise éventuelle	2,35	0,104	0,127	0,143
A8 - Démarche locale de gestion des risques ou de la zone côtière	2,28	0,101	0,096	0,108
A9 - Importance accordée aux mesures d'adaptations les plus durables	2,18	0,097	0,070	0,079
A10 - Connaissance de l'érosion côtière	2,11	0,094	0,111	0

<i>Total</i>	<i>x</i>	<i>l</i>	<i>l</i>	<i>l</i>
<i>Moyenne</i>	2,25	0,100	0,100	0,111
<i>Déviati on standard</i>	0,111	0,005	0,028	0,033

À noter : la nouvelle pondération pour A6 correspond à la proposition d'indicateur « degré de vulgarisation de l'information locale disponible sur les risques côtiers » \*.

En comparant les nouvelles valeurs de pondération par rapport aux valeurs initiales, la variance apparaît comme plus importante pour les enjeux, et bien plus importante pour les capacités d'adaptation. Pour ces dernières, la très faible déviation standard laisse présager une différence minime pour les résultats de l'indice comparativement à l'absence de pondération. Cependant, les populations statistiques étant les mêmes, un F-test pour évaluer la significativité des différences de variance n'a pas été conduit.

De fait, l'influence significative d'une pondération sur le résultat de l'indice comparativement à l'hypothèse égale est mise en doute dans la littérature (Nelson *et al.*, 2010 ; Oulahen *et al.*, 2015 ; Schaefer *et al.*, 2020). Une comparaison est proposée en partie 5.3.4.3. afin de vérifier si ce constat s'applique à la nouvelle pondération obtenue.

#### 5.2.3.5 Normalisation et discrétisation

À l'instar du calcul de la version initiale de l'indicateur, les valeurs des sous-indices d'enjeux et d'adaptation pour chaque secteur ont été normalisées. L'objectif est d'avoir une échelle comparable entre les deux sous-indices, malgré la différence dans le nombre d'indicateurs. Dans la continuité de la méthode, une normalisation min-max a été retenue, **basée sur les extrêmes théoriques**. Il semble cependant qu'une équation différente a été employée pour l'indice initial, les données héritées ne correspondant pas à un intervalle [0 ;1]. Considérant la faible influence du choix de normalisation sur la robustesse de l'indice (Moreira *et al.*, 2021; Tate, 2012), cette inconnue est considérée comme négligeable.

*Équation 9 : Normalisation min-max*

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} * 100$$

$\min(x)$  et  $\max(x)$  correspondent aux valeurs théoriques que peut atteindre chaque sous-indice avec pondération:

- pour les capacités d'adaptation (à 10 indicateurs),  $\min(x) = -0.145$  et  $\max(x) = 4$ ,
- pour les enjeux exposés,  $\min(x) = 0$  et  $\max(x) = 4$ , simplifiant en l'équation 10:

*Équation 10 : Normalisation min-max pour le sous-indice d'enjeux exposés*

$$x' = x / \max(x) * 100$$

Afin de faciliter la lisibilité des résultats pour la discrétisation, les valeurs sont exprimées sur 100.

Tout comme l'indice d'origine, la distribution des valeurs pondérées et normalisées par secteur est dissymétrique, et ce pour les deux sous-indices. Dans la continuité de la méthode initiale, l'utilisation des seuils observés apparents (ou naturels) a été privilégiée. Le principe est de former des classes cohérentes minimisant la variance intraclasse entre individus et maximiser la variance interclasse. Une méthode plus statistique par algorithme dite de Jenks reprend cette logique. Moreira *et al.* (2021) pointent dans leur étude la grande sensibilité de l'indice à la discrétisation choisie, tout en observant des résultats plus constants avec la méthode de Jenks. Cette affirmation est testée en partie 5.3.4.

Le choix des seuils observés limite la comparaison entre jeux de données, en raison du biais de subjectivité et de l'extrême sensibilité à la distribution, déjà reconnus dans le rapport initial (Drejza *et al.*, 2021). Suivant la recommandation de Brewer & Pickle (2002), **les valeurs 0 sont isolées en une nouvelle classe avant discrétisation, s'ajoutant aux cinq classes initiales conservées en l'état.**

Enfin, lorsqu'il s'agit de comparer des séries temporelles, employer la même discrétisation est essentiel (Béguin & Pumain, 2023). Ainsi, pour les enjeux exposés les valeurs de 2020 et 2070 ont été regroupées. Dans la même logique de comparaison, les valeurs d'érosion et de submersion ont été traitées conjointement pour les deux sous-indices.

Afin de donner une plus grande robustesse aux classes proposées, l'indice a été actualisé pour l'ensemble des huit sites initiaux à partir de la base de données du projet Résilience Côtière. Les valeurs pour chaque sous-indice ont ensuite été classées en courbes ordinales croissantes (Annexes XI et XII). Outre les ruptures observées, les valeurs charnières du premier indice et les courbes d'origines ont servi à consolider le choix des seuils choisis présentés en Tableau 25 et Tableau 26.

*Tableau 25: Discrétisation des valeurs du sous-indice des enjeux exposés*

Valeurs normalisées du sous-indice d'enjeux	Classe
0	0
]0;15]	1
]15-24]	2
]24-38]	3
]38-49]	4
>49	5

*Tableau 26 : Discrétisation des valeurs des sous-indices du niveau d'adaptation*

Valeurs normalisées du sous-indice de capacités	Classe
<41	1
]41-53]	2
]53-61]	3
]61-70]	4
>70	5

#### **5.2.4 Proposition d'un protocole d'enquête pour de nouveaux indicateurs**

Dans la continuité du projet initial Résilience Côtière, la passation d'un questionnaire pour renseigner certains indicateurs s'avère nécessaire. Cette tâche ne peut hélas être

accomplie dans le cadre de ce mémoire par contrainte de temps. Cette section présente à défaut une ébauche par indicateur pour de futures études.

#### 5.2.4.1 Un changement d'approche théorique : la notion de concernement

Les perceptions et les représentations sont deux concepts distincts, bien que confondus par déclinaisons de « *perceptions* » au gré des disciplines dans la littérature anglophone. Les perceptions sont davantage reliées à un processus individuel alimenté par les sens, tandis que les représentations englobent des processus sociocognitifs collectifs de construction sociale sur le temps long. C'est ce qui permet à l'individu de donner un sens à son environnement et ses pratiques (Mocaer *et al.*, 2021). Perceptions et/ou représentations du risque sont considérées encore marginalement dans les études de vulnérabilité. Ce constat est renforcé lors des études quantitatives prenant la forme d'indice. Par leur nature plurielle et complexe, les représentations sont très difficilement quantifiables. L'observatoire OSIRISC possède pourtant un nombre important d'indicateurs cherchant à cerner les représentations. Malgré cela, l'influence de ces indicateurs comme facteur aggravant ou diminuant la vulnérabilité systémique n'a pu être déterminée de manière linéaire (Le Berre *et al.*, 2022 ; Meur-Ferec *et al.*, 2020). **Si la contextualisation apportée est nécessaire, opérationnaliser les différents aspects des représentations dans un indice n'est pas réellement accompli.** Les différentes nuances dans les approches sur les perceptions sont confrontées à un biais similaire.

Dans ce mémoire, une autre notion est explorée pour tenter de contourner ce problème : le concernement. Brunet (2008) le définit « [...] comme toute sensibilité orientée vers une part du monde qui s'exprime par un comportement plus ou moins actif. » (p. 320). Pour Bousquet *et al.* (2021), cela se traduit en « [...] toute attention portée à une situation qui serait ou pourrait devenir problématique (comme la survenance d'un risque en zone côtière) [...] » (p. 143) sans pour autant se traduire systématiquement en engagement. À partir d'un état de l'art, les auteurs distinguent quatre modalités de concernement :

- **le non-concernement actif** : mise à distance d'une situation problématique identifiée, en faisant par exemple primer les aménités sur le risque, qualifié par

certaines auteurs de « mistigri » de temps et lieu (Coanus *et al.*, 2007; Hellequin *et al.*, 2013), rejet de la responsabilité sur les acteurs publics et/ou scientifiques.

- **Le non-concernement passif** : absence de connaissance du risque
- **Le concernement passif** : conscience et/ou expérience du risque, inquiétude, vigilance passive par l'observation des phénomènes, l'identification des dommages subis ou potentiels, etc.
- **Le concernement actif** : un état d'alerte, la recherche de preuves (information scientifique croisée aux observations) et la mise en lien par discussions avec autrui, la participation à des réunions...

L'engagement peut alors aussi bien résulter d'un concernement actif qu'un non-concernement actif lorsqu'il s'agit de prendre position pour telle ou telle mesure d'adaptation (ou non). L'image d'un non-concernement actif expliquant un engagement de collectifs de résidents contre la relocalisation et pour des ouvrages de protections sécurisant leurs propriétés est réductrice et erronée. Cependant, il semble logique de considérer le non-concernement actif comme un frein à l'adoption de comportements de prévention. Ces derniers sont partie intégrante de la capacité à faire face ou « *coping capacity* » au niveau individuel et collectif (Burkett, 2013). Dans l'indice original Résilience Côtière, la capacité à faire face est considérée comme un thème faisant partie intégrante des capacités d'adaptation (Drejza *et al.*, 2021).

Ainsi, ce mémoire propose de considérer les modalités de concernement selon une relation linéaire avec la capacité à faire face, et par extension les capacités d'adaptation (Figure 57).

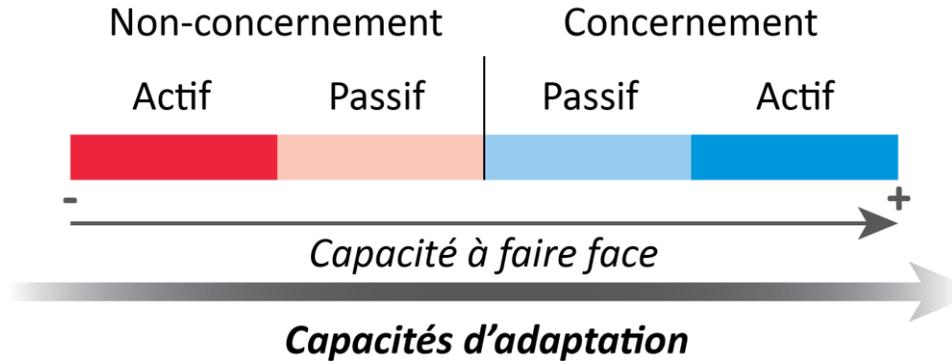


Figure 57 : Relation linéaire proposée entre les notions de concernement et les capacités d'adaptation

La notion d'attachement au lieu est un aspect des représentations considéré par un indicateur dans l'observatoire OSIRISC (Philippe *et al.*, 2021). Des liens évidents existent avec le concernement (Bousquet *et al.*, 2021). Cependant, aucune relation linéaire ne peut être mise en évidence entre l'attachement au lieu et le concernement (Bousquet *et al.*, 2021 ; Mocaer *et al.*, 2021). Il en est de même entre l'acceptabilité et la représentation de la relocalisation en considérant le phénomène *Not in my backyard (NIMBY)* en lien avec l'attachement au lieu (Bazart *et al.*, 2023). Plus généralement, les représentations des risques côtiers et l'attachement au lieu présentent la même ambivalence (Krien & Guillou, 2018). Créer un jeu de questions pour caractériser l'attachement au lieu d'un échantillon de population est faisable. **Opérationnaliser ces données en un indicateur renseignant d'une plus ou moins grande capacité à faire face et donc une adaptation n'est en l'état pas réalisable.**

#### 5.2.4.2 Quelques considérations pour une nouvelle passation de questionnaire

À l'exception de la Basse-Côte-Nord renseignée au niveau des communautés/municipalités (Pelletier Boily, 2022), les enquêtes dont les indicateurs A9 et A10 ont été dérivés n'ont permis un calcul qu'au niveau des MRC. Idéalement, une nouvelle stratégie d'échantillonnage serait plus intéressante au niveau municipal. Il n'est cependant pas à exclure qu'en raison du taux de réponse, spécialement dans les municipalités peu peuplées, les données soient de nouveau agrégées par MRC.

La population résidant à proximité du trait de côte constitue le public cible. Cela comprend toute personne habitant tout ou partie de l'année dans une résidence en bord de fleuve ou mer. Également, il semble intéressant d'inclure le second rang d'habitations, se situant généralement en arrière d'une route passante. Les personnes habitant dans des logements plus en retrait dans les terres semblent moins pertinentes à interroger dans le cadre de l'étude. Se référer à la profondeur des secteurs de 150 m peut être une autre option envisagée, notamment pour les plus petites municipalités.

La représentativité de l'échantillon demeure souvent un idéal. Il est difficile de garantir à la fois un nombre de répondants suffisant au regard de la population d'une municipalité, mais aussi au regard de la structure sociodémographique. La contrainte de localisation rend quasi-certaine une non-représentativité si l'enquête est menée par échantillonnage de convenance, soit en se contentant des personnes les plus aisément accessibles et volontaires. Une alternative est l'échantillonnage par quotas, soit des objectifs chiffrés de répondants selon les grands groupes sociodémographiques présents sur le territoire (Lawrence Neuman, 2014). Dans les faits, cette méthode semble difficilement applicable.

Le profil des répondants est influencé entre autres par le mode de diffusion. Par exemple, une passation du questionnaire en porte à porte peut privilégier une surreprésentation des personnes retraitées selon l'heure de passage. À l'inverse, une diffusion en ligne peut voir une sous-représentation de ce même groupe de population. Un mode de diffusion hybride conjuguant une diffusion en porte à porte et en ligne semble intéressant pour compenser partiellement ce biais (De Jesús *et al.*, 2022 ; Philippenko *et al.*, 2021).

#### 5.2.4.3 Indicateur A6bis : Degré de vulgarisation de l'information locale disponible en lien avec les risques côtiers

**Logique :** *plus la population d'une municipalité est sensibilisée par une information compréhensible sur les risques côtiers locaux via une grande variété de médias, plus sa capacité à faire face est susceptible d'être importante.*

#### **Justification**

Cet indicateur vient remplacer celui intitulé « Accès à l'information concernant les risques côtiers ». Ce changement répond à la réflexion portée par les invités durant le *world café*. La très forte pondération de A6bis alors obtenue peut potentiellement être expliquée par la persistance du modèle de « déficit d'information » (Bertoldo *et al.*, 2021 ; Preston *et al.*, 2011). Ce modèle présente la relation science-société comme descendante (*top-down*) où l'expertise scientifique doit venir alimenter les politiques publiques considérées comme en attente de cette dernière, voire éduquer décideurs et grand public. La suggestion de cet indicateur et la forte adhésion des participants du *world café* peuvent être vues comme une prolongation de ce cadre de pensée. Au contraire, cela peut traduire la volonté d'offrir une information suffisamment compréhensible pour permettre un regard critique et une réflexion par le plus grand nombre.

Plus que la disponibilité, cet indicateur ambitionne d'observer si l'information transmise est rendue accessible auprès de la population des territoires exposés. Cette notion recouvre donc la vulgarisation, soit d'adapter la connaissance scientifique et/ou technique pour qu'elle soit comprise par un public non spécialiste. Cette adaptation peut cependant se décliner en un grand nombre de médias, jouant un rôle dans la construction des perceptions (Philippenko *et al.*, 2021). Les habitudes de consommation, médias inclus, sont examinées dans la littérature au prisme de nombreux paramètres d'ordres psychométriques (valeurs, modes de vie) et démographiques (âge, genre, revenus, éducation) (Sandy *et al.*, 2013). Par exemple, les adolescents sont plus susceptibles de consulter les nouvelles en ligne que les tranches d'âge plus âgées (Lowenstein-Barkai & Lev-on, 2022). Il semble donc intéressant de garder la quantification des divers supports plutôt que de s'engager dans une hiérarchisation purement subjective de leur impact.

### **Construction de l'indice**

**Question 1 :** Vous souvenez-vous avoir vu ou entendu parler des risques côtiers (érosion côtière et submersion marine (ou inondation par la mer)) pouvant toucher votre MRC ?

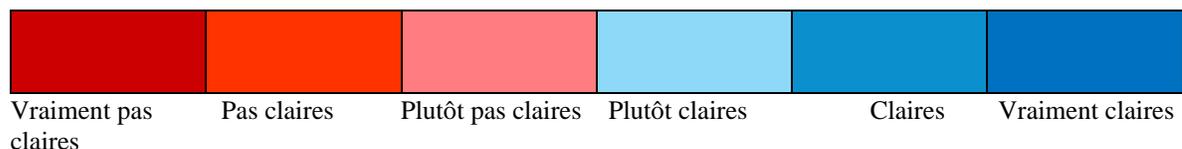
Oui   Non   Ne souhaite pas se prononcer

*Si non/ne souhaite pas se prononcer, passer à la prochaine série de questions*

**Question 2 :** parmi la liste ci-après, quelles sont les sources par lesquelles l'information sur les risques côtiers locaux vous est parvenue ? (Plusieurs choix possibles par type)

- | <i>Sociales</i>  | <i>Écrites</i>   | <i>Visuelles</i>                                  | <i>Audio</i>                                |
|--|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> réseaux sociaux                           | <input type="checkbox"/> articles de presse (papier ou en ligne) | <input type="checkbox"/> fig. de synthèse/ cartes | <input type="checkbox"/> émissions de radio |
| <input type="checkbox"/> évènements (animations, rencontres, etc.) | <input type="checkbox"/> lettres d'info. par courriel            | <input type="checkbox"/> panneaux d'informations  | <input type="checkbox"/> podcasts/balados   |
| <input type="checkbox"/> par des proches (enfants ou adultes)      | <input type="checkbox"/> brochures/ pamphlets                    | <input type="checkbox"/> émissions de télé        |   |
| <input type="checkbox"/> Autres (préciser) :                       |  | <input type="checkbox"/> vidéos en ligne          |   |

**Question 3 :** Comment décririez-vous la clarté (la facilité à comprendre) des informations qui vous sont parvenues sur les risques côtiers locaux ?



- Ne souhaite pas se prononcer

Calcul

**Étape 1 :** calcul d'un score à partir de l'échelle de Likert de la question 3 (Tableau 27)

*Tableau 27 : Table d'attribution de score selon la question 3.*

Réponse	Score
Vraiment pas claires	-1
Pas claires	-0,5
Plutôt pas claires	-0,25
Plutôt claires	1

Clares	2
Très claires	3

**Étape 2 :** application d'un bonus selon le nombre d'items cochés lors de la question 2 (Tableau 28)

Le bonus ne s'applique que si, et seulement si, les réponses à la question 3 sont « claires ou très claires »

*Tableau 28 : Modificateur de score selon la question 2.*

Nombre de médias cochés	Modificateur de score
1	+0
2-3	+1
4 et plus	+2

**Note :** le score total ne peut excéder 4

**Étape 3 :** pondération du score selon le taux de réponse parmi l'échantillon, puis moyenne de l'ensemble des scores individuels pour les répondants d'une même municipalité.

Considérer seulement les répondants à la question 3 donnerait une vision erronée de la diffusion de l'information au sein de l'échantillon. Pour donner un ordre d'idée, à l'échelle de la municipalité, un modificateur de score est appliqué selon le ratio de répondants à partir de la question 1 (Tableau 29).

*Tableau 29 : Modificateur de score selon la question 1.*

Taux de répondants « oui » à la question 1	Modificateur de score
[? ; ?[	-1
[? ; ?[	-0,5
[? ; ?[	-0,25

[? ; ?]	0
---------	---

- Il est difficile d'évaluer des taux théoriques. Ces derniers seraient idéalement définis après la collecte des données.

L'application (ou non) de modificateurs peut résulter de scores allant de -2 à 5. **Cependant, par souci d'harmonisation entre indicateurs, un score final ne peut être inférieur à -0,5 ou excéder 4.** Permettre des valeurs plus importantes via les modificateurs permet cependant d'apporter de la nuance à la question centrale guidant la construction de l'indicateur.

### Limites

Les perceptions sur la fiabilité de l'information comprise n'est pas relevée dans cet indicateur. Des nuances importantes dans la quantité, la qualité et le mode de diffusion de l'information peuvent exister selon l'aléa. Afin d'éviter une charge mentale trop importante aux enquêtés, le choix a été fait de ne pas dissocier les réponses entre érosion des berges et submersion marine.

#### 5.2.4.4 Indicateur A9bis : Acceptabilité des mesures d'adaptation locales

**Logique :** *plus l'efficacité perçue et l'acceptabilité des mesures d'adaptation sont élevées, plus l'application de ces mesures sur le territoire de la municipalité est facilitée, renforçant les capacités d'adaptation.*

### Justification

Cet indicateur se substitue à l'intitulé précédent « Importance accordée aux mesures d'adaptation les plus durables ». Il semble logique de considérer qu'une représentation positive d'une mesure de gestion accroît son acceptabilité (Bazart *et al.*, 2023). Cependant, les auteurs mettent en évidence une relation imparfaitement linéaire. Plutôt que la représentation commune, ce nouvel indicateur vise à interroger l'acceptabilité via les perceptions individuelles, soit la connaissance des différentes mesures et leur efficacité perçue.

À l'instar du questionnaire diffusé pour la maîtrise de Pelletier Boily (2022), il est souhaitable d'insérer des photographies présentant les différentes mesures pour faciliter la réponse des personnes enquêtées.

### Construction de l'indice

**Question 4 :** êtes-vous familier avec les mesures d'adaptation suivantes permettant de diminuer les impacts de l'érosion ou de la submersion côtière ? Si oui, cochez.

- A : Enrochement
- B : Mur de protection
- C : Brise-lame
- D : Épis maritimes
- E : Recharge de plage
- F : Ouvrage de piégeage des sédiments
- G : (Re)végétalisation/génie végétal
- H : Interdiction de construction dans les zones à risques.
- 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 rez-de-chaussée plutôt qu'au sous-sol, etc.)
- H : Démantèlement ou relocalisation des bâtiments aménagés en bordure de mer
- Aucune des mesures proposées
- Autre (préciser) :

**Question 5 :** pour vous, quelle est l'efficacité de ces mesures face à l'érosion des berges et/ou la submersion marine dans le contexte des changements climatiques ?

Mesure d'adaptation	1(pas du tout efficace)	6(très efficace)
---------------------	-------------------------	------------------

A : Enrochement	1	2	3	4	5	6
B : Mur de protection	1	2	3	4	5	6
C : Brise-lame	1	2	3	4	5	6
D : Épis maritimes	1	2	3	4	5	6
E : Recharge de plage	1	2	3	4	5	6
...	...					
H : Démantèlement ou relocalisation des bâtiments	1	2	3	4	5	6

**Question 6.1 :** Est-ce que des actions ou des mesures ont été entreprises le long de votre terrain pour diminuer les impacts de l'érosion et/ou la submersion côtières ?

- Oui
- Non
- Ne sait pas

**Question 6.2 :** Si oui, la ou lesquelles ?

- A : Enrochement
- B : Mur de protection
- C : Brise-lame
- D : Épis maritimes
- E : Recharge de plage
- F : Ouvrage de piégeage des sédiments
- G : (Re)végétalisation/génie végétal
- Autre (préciser) :

**Question 7 :** seriez-vous prêt à accepter l'application d'une ou plusieurs de ces mesures sur votre terrain ?

Mesure d'adaptation	1(définitivement non)			6(définitivement oui)		
A : Enrochement	1	2	3	4	5	6
B : Mur de protection	1	2	3	4	5	6
C : Brise-lame	1	2	3	4	5	6
D : Épis maritimes	1	2	3	4	5	6
E : Recharge de plage	1	2	3	4	5	6
...	...					
H : Démantèlement ou relocalisation des bâtiments	1	2	3	4	5	6

### Calcul

**Étape 1** : calcul d'un score individuel selon les réponses aux questions 5 et 7

Il est difficile d'estimer une relation entre une efficacité perçue et l'acceptation d'une mesure sur son propre terrain : l'effet *not in my backyard* – *NIMBY* a déjà été identifié sur ce sujet (Bazart *et al.* 2023). De plus, dépendamment de la nature du trait de côte, certaines mesures ne peuvent pas s'appliquer. Pour ces raisons, l'efficacité perçue et l'acceptabilité sont considérées à défaut de manière égale. Le principe est donc d'additionner, à la fois pour chaque mesure d'adaptation durable (Tableau 30) ou non-durable (Tableau 31), le score alloué en questions 5 et 7. Par exemple, madame X peut attribuer 5 aux recharges de plage en question 5, mais seulement 1 en question 7, pour un total de 6, discrétisé en un score de 0,5. Les scores ainsi obtenus pour toutes les mesures sont alors additionnés, par individu, le spectre d'opinion plus en faveur des mesures d'adaptations durables (score positif) ou non (score négatif).

Tableau 30 : Premier calcul du score individuel selon la somme des réponses aux questions 5 et 7 pour chaque mesure d'adaptation durable

Mesure de mal-adaptation (A – D)	Score individuel
[2 ; 4]	0,25
]4 ; 6]	0,5

]6 ; 8]	1
]8 ; 10]	2
]10 ; 12]	3

Tableau 31: Second calcul du score individuel selon la somme des réponses aux questions 5 et 7 pour chaque mesure d'adaptation non-durables

Mesure d'adaptation non-durable (E - H)	Score individuel
]2 ; 4]	-0,25
]4 ; 6]	-0,5
]6 ; 8]	-1
]8 ; 10]	-2
]10 ; 12]	-3

Note : un test permettrait de voir la pertinence d'avoir des valeurs symétriques entre les mesures d'adaptation durables et non-durables.

Dans le cas d'une mesure déjà appliquée sur le terrain où habite le participant, la question 7 d'acceptabilité perd de son sens. Ainsi, lorsqu'une mesure est cochée en question 6.2, seule l'efficacité est considérée. Le score attribué par le répondant lors de la question 5 est alors doublé.

**Étape 2 :** application d'un modificateur selon la connaissance globale des différentes mesures en question 4 (Tableau 32). Une autre option envisageable est de simplement faire l'impasse sur les questions 5 à 7 si le participant répond à « aucune des mesures » et ne pas comptabiliser ce dernier en étape 3.

Tableau 32 : Modificateur de score selon la question 4

Nombre de mesures connues	Modificateur de score
Aucune des mesures	-1
1-2	0
3-4	+0,5
5+	+1

Tout comme A6bis, **le score final individuel issu de la somme de l'étape 1 après application des modificateurs ne peut être inférieur à -0,5, ni excéder 4.**

**Étape 3 :** Calcul de la moyenne de l'ensemble des scores individuels pour les répondants d'une même municipalité. Le résultat obtenu est alors arrondi.

### **Limites**

En agrégeant les résultats de manière égale, l'indicateur échoue effectivement à considérer l'acceptabilité comme plus importante que l'efficacité perçue. Il est pourtant tentant d'établir un lien de causalité entre l'efficacité réelle ou perçue d'une mesure et son acceptabilité. Pour les politiques environnementales, ce lien est établi, et inversement : l'acceptabilité renforce l'efficacité (Bicket et Vanner, 2016). La complexité du protocole proposé est un frein évident à une application pratique. Enfin, calculer au niveau individuel induit une durée de traitement importante mais nécessaire pour rendre compte des nuances d'opinions des participants.

#### 5.2.4.5 Indicateur A10bis : Concernement face à l'érosion côtière / submersion marine

**Logique :** *plus les habitants d'une municipalité se sentent concernés, plus leur capacité à faire face augmente.*

### **Justification**

Tout comme A9, l'indicateur initial A10 « connaissance de l'érosion côtière » est dérivé du questionnaire conduit lors du projet Résilience Côtière, sans que la question ne soit conçue à cet effet. Le rapport initial souligne déjà le difficile lien entre connaissance et adaptation, et se positionne en faveur de la notion de concernement. La mise à jour de cet indicateur est dans le prolongement de cette réflexion plus que celle exprimée lors du *world café* en faveur de l'indicateur initial. Cette posture en rupture avec l'intention de suivre au plus proche les retours des invités est critiquable. Cependant, le lien entre connaissance et capacité à faire face est non linéaire, rendant la construction d'un indicateur difficilement

pertinent. Il apparaît nécessaire de valider ce nouvel indicateur auprès des potentiels utilisateurs finaux.

Il n'existe pas d'équivalent lexical français à la notion couverte par l'anglais *to feel concerned* (Bousquet *et al.*, 2021). Deux sens se distinguent : se sentir inquiet *worried*, et se sentir concerné dans le sens touché, investi *involved* (Cambridge dictionary). Pour couvrir ces deux aspects du concept, il semble important de les décliner en deux questions distinctes.

### Construction de l'indice

**Question 8** : à titre personnel, vous sentez-vous concerné par les risques ?

- D'érosion des berges  Oui  Non  Ne se prononce pas
- De submersion liée au fleuve/la mer  Oui  Non  Ne se prononce pas

**Question 9** : à titre personnel, vous sentez-vous inquiet par rapport aux risques ?

- D'érosion des berges  Oui  Non  Ne se prononce pas
- De submersion liée au fleuve/la mer  Oui  Non  Ne se prononce pas

**Question 10** : pouvez-vous classer les affirmations suivantes en allant du plus grand (5) au plus faible (1) degré de correspondance avec votre opinion, pour chacun des deux risques ?

Code	Affirmation	Érosion	Submersion
A	Je ne suis pas vraiment informé d'un risque existant dans ma municipalité		
B	J'ai déjà cherché à comprendre précisément quel impact peut avoir le risque présent ou futur dans ma municipalité		
C	D'autres municipalités proches sont plus à risques qu'ici		
D	Ma municipalité n'est pas à risques actuellement, elle le sera peut-être dans 30 ans		

E	J'ai conscience qu'il y a un risque dans ma municipalité, ou que cela pourrait arriver dans le futur		
---	--	--	--

### Calcul

**Étape 1 :** selon les réponses aux trois questions, chaque répondant se voit attribuer un degré de concernement selon une typologie avec un score correspondant (Tableau 33). Le score pourra être différent entre l'érosion et la submersion.

*Tableau 33 : Attribution d'un score individuel par profil type de réponses*

Catégories	Réponses-type	Score
Non-concernement actif	Q8: non - Q9: non - Q10: affirmations C et D prioritées	-0.5
Non-concernement passif	Q8: non - Q9: non - Q10: affirmation A, B ou E prioritées	0
Concernement passif	Q8: oui - Q9: non -	2
Concernement actif	Q8: oui - Q9: oui-	4

A noter que pour le concernement passif, l'affirmation E devrait logiquement être priorisée pour la Q10 et pour le concernement actif, cela serait théoriquement l'affirmation B, mais d'autres cas de figure pourraient exister.

**Étape 2 :** Moyenne de l'ensemble des scores individuels pour les répondants d'une même municipalité. Le résultat obtenu est alors arrondi pour chaque aléa.

### **Limites**

Introduire deux affirmations distinctes (C et D) pour cerner le non-concernement actif amène une disparité avec les autres modalités, pouvant entraîner un biais de réponse. Il est possible de rajouter des affirmations pour atteindre la parité, mais cela est à considérer au regard de la durée et la complexité déjà importante du questionnaire.

#### 5.2.4.6 Indicateur A11 : Confiance envers les acteurs mobilisables pour l'adaptation

**Logique :** *Plus les habitants d'une municipalité ont confiance envers les différents acteurs, plus la mise en place concertée de mesures d'adaptations est facilitée*

#### **Justification**

La confiance envers les différentes institutions est relevée extensivement dans le projet OSIRISC par trois indicateurs (Philippe *et al.*, 2021). Plus généralement, cette notion est considérée comme importante pour l'acceptabilité des mesures d'adaptations telles la relocalisation (Bazart *et al.*, 2023) ou les politiques environnementales (Bicket & Vanner, 2016). La question de la confiance est même critique dans les relations entre science et société (Vogel *et al.*, 2007). Le terme de confiance n'apparaît pas lors des discussions du *world café*. Cependant, l'indicateur proposé « intégration des acteurs » voire l'indicateur « engagement des élus » présentent un lien ténu avec la notion. Si les deux propositions se réfèrent d'abord à la complexité d'engager les acteurs et le travail en silos, le dialogue et la collaboration nécessitent une relation de confiance. Cependant, la proposition d'indicateur faite ici s'intéresse à la confiance de la population potentiellement exposée. **La déviation par rapport aux retours du *world café* rend l'ajout de cet indicateur particulièrement ouvert à débat.**

#### **Construction de l'indice**

**Question 11 :** Quel degré de confiance attribueriez-vous aux acteurs suivants pour la mise en place de mesures d'adaptation efficaces dans votre municipalité ? 1 : pas du tout confiance ; 6 : totalement confiance.

**Question 12 :** Pour vous, quel(s) acteur(s) se trouvant impliqué(s) devrai(en)t porter la responsabilité dans la mise en place de mesures d'adaptation dans votre municipalité ? (Jusqu'à 3 réponses possibles).

**Question 13 :** Pour vous, quel(s) acteur(s) acteurs devrai(en)t contribuer financièrement pour la mise en place de mesures d'adaptation dans votre municipalité ? (Jusqu'à 3 réponses possibles).

Acteur	Q11 : Confiance	Q12 : Responsabilité	Q13 : Financement
Le gouvernement fédéral	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le gouvernement provincial	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La MRC	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La municipalité	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les institutions scientifiques	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	
Les firmes de génie-conseil	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	
Les OBNL tels que comités ZIP, organismes de bassin versant, etc.	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	
Les comités de résidents	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les résidents concernés	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous	1 2 3 4 5 6		
Les représentants de secteurs économiques affectés (tourisme, pêche, etc.)	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Un consortium de plusieurs acteurs précités	1 2 3 4 5 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	----------------	--------------------------	--------------------------

Le choix « vous » n'est pas considéré comme un choix réaliste aux questions 12 et 13 : la responsabilité et le financement d'une mesure d'adaptation à l'échelle municipale par un seul individu ne semble pas réaliste.

### Calcul

**Étape 1 :** application de modificateurs aux réponses de la question 11 selon les réponses de la question 12 et 13.

**Pour chaque acteur coché en question 12, si et seulement si la confiance est évaluée entre 5 et 6 ajouter +2**

**Pour chaque acteur coché en question 13, si et seulement si la confiance est évaluée entre 5 et 6 ajouter +1**

La responsabilité et le financement sont ici considérés comme des marqueurs indirects de confiance (ou absence de).

**Étape 2 :** Pour chaque enquêté, calcul de la moyenne des réponses à la question 11 pour l'ensemble des acteurs, puis application des modificateurs avant discrétisation (Tableau 34)

*Tableau 34 : Attribution de scores individuels sur base de l'échelle de confiance*

Échelle de confiance moyenne (modifiée selon Q12 et Q13)	Score
1-2	-0,5
2-3	-0,25
3-4	0
4-5	2
5-6+	4

Plus qu'une confiance élevée en un ou quelques acteurs, c'est la confiance générale envers l'ensemble des acteurs à même d'œuvrer sur le territoire qui est considérée, dans une optique de gestion intégrée.

**Étape 3 :** moyenne de l'ensemble des scores individuels pour les répondants d'une même municipalité. Le résultat agrégé obtenu est alors arrondi.

### **Limites**

L'indicateur ne peut distinguer correctement des explications liées au contexte local, tel un projet litigieux créant une défiance envers certains acteurs. Une autre piste de calcul possible est la construction de profils-type de la même manière que l'indicateur A10.

La méthode de calcul efface les réponses se prononçant fortement en faveur d'un nombre restreint d'acteurs. L'objectif reste d'obtenir un aperçu global du climat de confiance, puisqu'il n'est pas possible ni souhaitable de hiérarchiser les acteurs entre eux.

Une réflexion a été menée pour intégrer une question sur l'acceptabilité d'une taxe spécifique pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation sur le territoire, à l'instar de Bazart *et al.* (2023) et Philippenko *et al.* (2021). Cependant, dans le cadre de la construction de l'indicateur déjà complexe, l'idée a été finalement abandonnée.

#### 5.2.4.7 Indicateur A12 : Acceptabilité des réglementations en lien avec les risques côtiers

**Logique :** *plus les habitants d'une municipalité sont informés, comprennent et acceptent la réglementation en vigueur, plus cette dernière a des chances d'être respectée et donc efficace*

### **Justification**

Cet indicateur prolonge la suggestion du *world café* de l'ajout d'un indicateur de perceptions A14 – *respect des lois et réglementation*. Les données disponibles pour renseigner cet indicateur étant difficiles d'accès lorsqu'elles existent, une autre approche est ici explorée via la notion d'acceptabilité. Dans leur étude, Bazart *et al.* (2023) établissent un

lien logique entre l'acceptabilité d'une politique et les perceptions individuelles qu'en ont les individus. Lemée *et al.* (2019) appuient également l'argument que pour certaines personnes potentiellement affectées par les risques côtiers, les politiques de réduction sont une plus grande source de préoccupation que les risques en eux-mêmes.

Une tentative de distinction est cependant mise en œuvre par une série de questions. Il est possible que la méconnaissance des réglementations parfois opaques et au contenu difficilement accessible puisse jouer sur l'acceptabilité. Cela reprend l'idée exprimée lors du *world café*, que la complexité est alors potentiellement décourageante pour les particuliers concernés. Cependant, la méconnaissance ne peut être considéré comme seul facteur d'explication, au risque de tomber dans le modèle de « déficit d'information » considérant l'individu comme naïf (Bertoldo *et al.*, 2021).

### Construction de l'indice

**Question 14 :** Vous pensez-vous assez informé sur la réglementation en vigueur dans votre municipalité concernant les règles de constructions en zone à risque et la construction d'ouvrages de protection contre les risques côtiers ?

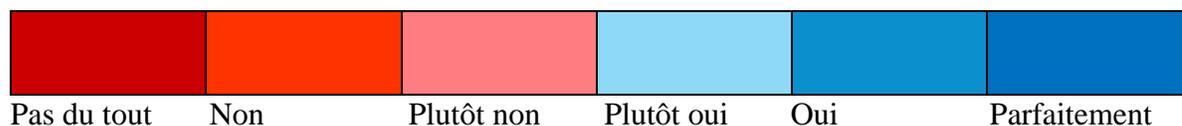
- Oui       Non       Ne se prononce pas

*Si non/ne souhaite pas se prononcer, passer à la question 17*

**Question 15 :** Si oui, trouvez-vous cette information compréhensible ?

- Oui       Non       Ne se prononce pas

**Question 16 :** Pour vous, est-ce que la réglementation en vigueur est acceptable ?



- Ne se prononce pas

Calcul

**Étape 1** : attribution de scores individuels selon la réponse à la question 16 (Tableau 35)

Tableau 35 : Attribution d'un score individuel selon la réponse sur l'acceptabilité

Réponse	Score
Pas du tout	-1
Non	-0,5
Plutôt non	-0,25
Plutôt oui	1
Oui	2
Parfaitement	3
Ne se prononce pas / question non-posée	0

**Étape 2** : modificateurs de scores selon la question 14 et 15 (Tableau 36 et Tableau 37) :

Tableau 36: Modificateur de score selon le niveau d'information du répondant

Réponse question 14	Modificateur
Oui	+1
Non	-1

Si le participant a seulement répondu « non » à la question 14, seule cette valeur compte pour le calcul de l'indicateur. Tout comme A6bis et A9bis, **le score final individuel après application des modificateurs ne peut être inférieur à -0,5, ni excéder 4.**

Tableau 37 : Modificateur de score selon le niveau de compréhension du répondant

Réponse question 15	Modificateur
Oui	+1
Non/NSP	+0

**Note** : le score individuel final pour l'indicateur ne peut être inférieur à -0,5 ou excéder 4.

**Étape 3** : Moyenne de l'ensemble des scores individuels pour les répondants d'une même municipalité.

### **Limites**

Un biais de réponse est possible, spécialement en cas de passation du questionnaire en face à face. Il peut être en effet délicat pour un répondant de se prononcer contre une réglementation en place, a fortiori si sa posture ne reflète pas la norme sociale dans le voisinage (Bazart *et al.*, 2023).

## **5.3 UNE NOUVELLE CARTOGRAPHIE POUR L'INDICE DE VULNERABILITE DU PROJET RESILIENCE COTIERE**

### **5.3.1 Vulnérabilité à l'érosion**

La lecture des nouvelles cartes ici proposée détaille d'abord les tendances générales, puis s'attarde sur les *hotspots* ressortant comme les plus importants selon l'indice.

#### 5.3.1.1 Observations générales

**Pour l'ensemble du littoral étudié on observe une nette prévalence de la classe 3 « vulnérabilité moyenne », et cela pour les deux pas de temps (Figure 58). L'exposition est de fait importante**, la quasi-totalité du trait de côte étant composée de sédiments meubles en terrasses de plage ou, de façon plus minoritaire, en falaises partiellement argileuses (Arsenault, 2016). L'érosion est donc importante, quoique moindre au droit des falaises meubles, avec trois zones particulièrement impactées selon la projection pour 2070 :

- l'ouest de La Grande Anse (Matane-sur-Mer).
- La partie proximale de la flèche de Matane.
- Petit-Matane, au niveau du Chemin de la Grève.

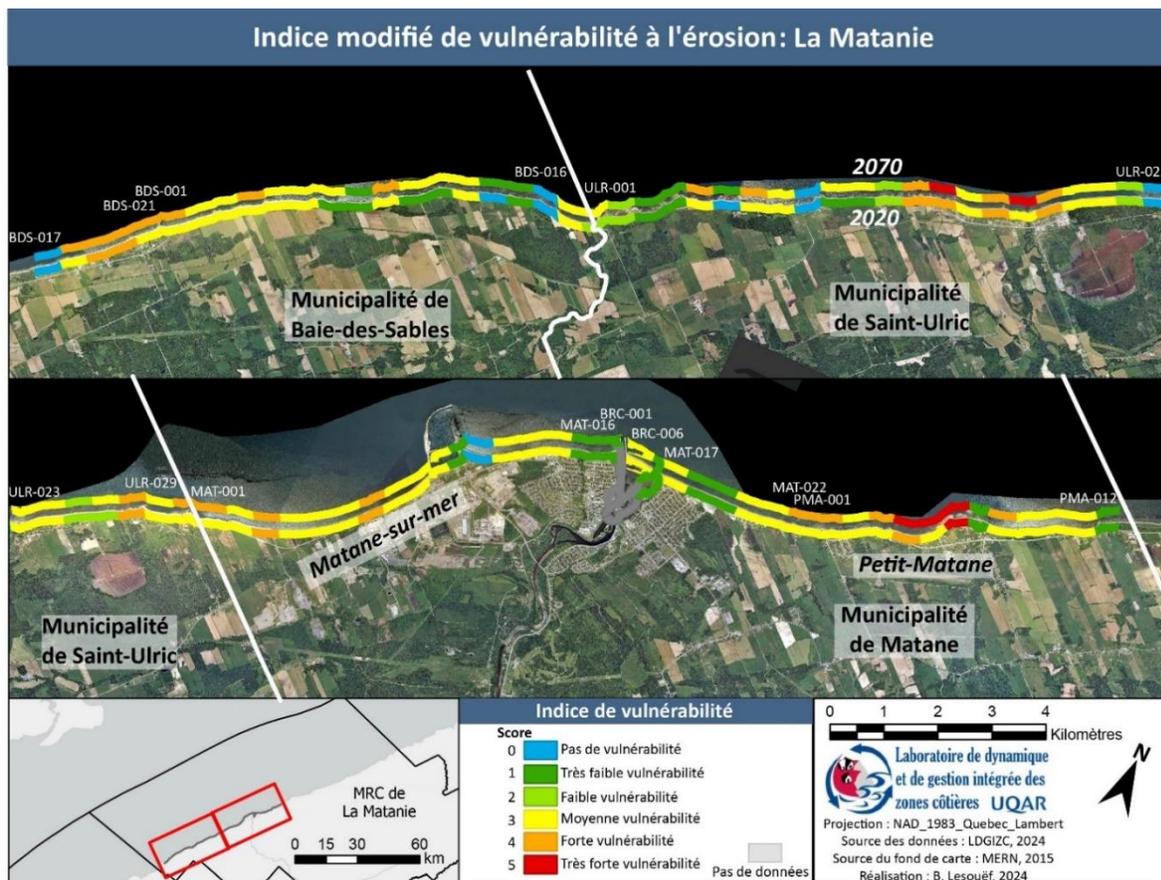


Figure 58 : Carte diachronique de l'indice modifié Résilience Côtière à l'érosion sur le site de la Matanie.

Mis en relation avec les enjeux exposés, les **pondérations importantes accordées à la présence d'habitants et de réseaux impactés expliquent pour beaucoup les scores observés** ; peu de secteurs ne dénombrant pas d'habitation ou de route (Tableau 38).

Tableau 38 : Distribution par classes des secteurs de l'indice de vulnérabilité à l'érosion pour la Matanie.

Vulnérabilité à l'érosion - La Matanie				
	2020		2070	
Classe	Nombre	%	Nombre	%
0	8	9,20	6	6,90
1	16	18,39	13	14,94
2	6	6,90	4	4,60
3	<b>46</b>	<b>52,87</b>	<b>38</b>	<b>43,68</b>
4	10	11,49	21	24,14

5	1	1,15	5	5,75
<i><b>Total</b></i>	<i><b>87</b></i>	<i><b>100,00</b></i>	<i><b>87</b></i>	<i><b>100,00</b></i>

Les résultats de l'indice par secteurs ne changent que peu sur le site entre 2020 et 2070, avec cependant une portion notable de secteurs passant de la classe de vulnérabilité moyenne (classe 3) à forte vulnérabilité (classe 4). **La majorité des aggravations sont observées sur des hotspots pré-identifiés par les gestionnaires.**

**Par rapport aux autres sites du projet initial Resco, le littoral de la Matanie se distingue par l'importance du linéaire artificialisé, soit par murs ou enrochements.** Cela contribue à l'importance des scores sur E13, l'espace d'accueil pour une migration potentielle des écosystèmes étant fortement réduit voire nul au droit des noyaux villageois et de nombreux tronçons de la Route 132. À l'inverse, la Matanie se démarque par la présence d'initiatives en adaptation, telle la présence de recharge de plage, de revégétalisations et de phytoremédiation, et la relocalisation.

Dans le détail, un examen de la variation des sommes pondérées et normalisées des enjeux exposés entre 2020 et 2070 montre une progression modérée et plus nuancée spatialement (Figure 59). Considérant l'usage des enjeux présents pour la projection en 2070, ces variations sont des proxys directs de l'aggravation des marges d'érosion. Peu à pas de changements sont observés sur le delta de Matane, tandis que la portion ouest de Petit-Matane enregistre une augmentation significative. Les centres-bourgs de Saint-Ulric et Baie-des-Sables se distinguent moins (excepté BDS-001 et ULR-017). Un nombre significatif de secteurs entre Baie-des-Sables et Saint-Ulric connaissent des variations modérées à fortes, en lien avec des impacts accrus sur l'artère routière principale de la région, la route nationale 132.

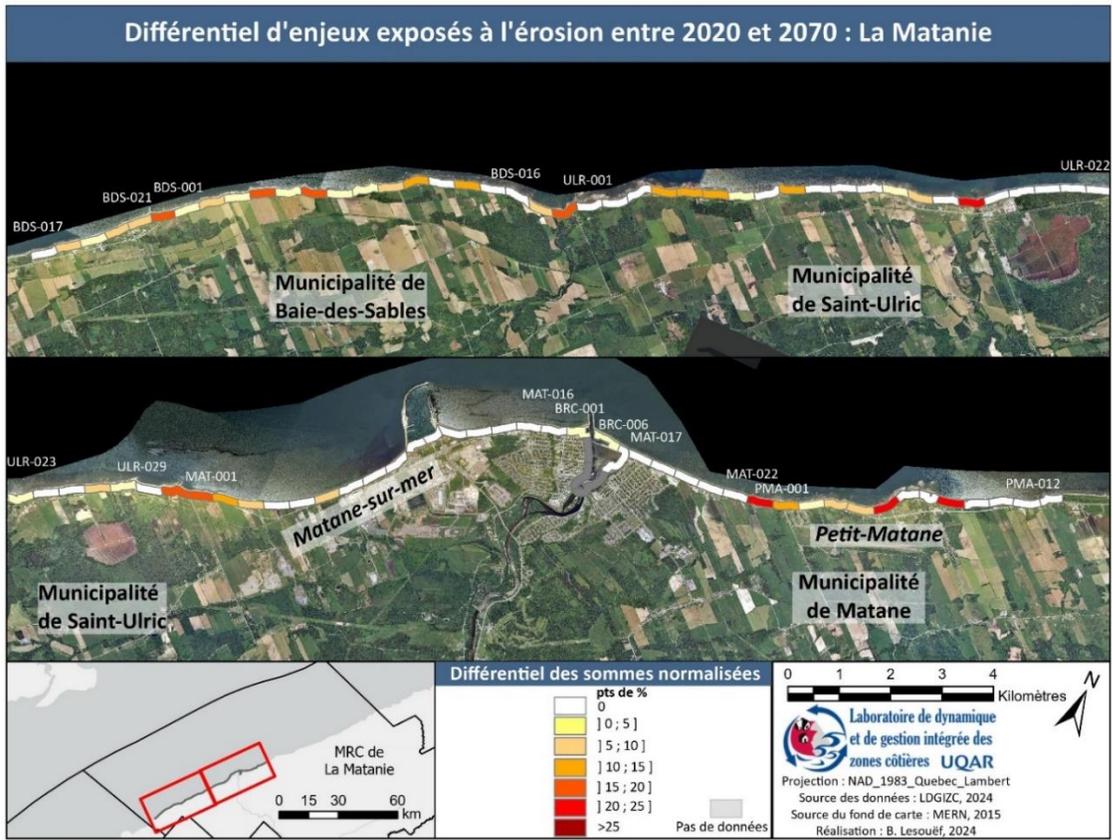


Figure 59: Carte du différentiel des sommes d'enjeux exposés à l'érosion entre 2020 et 2070 en Matanie.

### 5.3.1.2 Examen des hotspots identifiés

#### a) BAIE-DES-SABLES

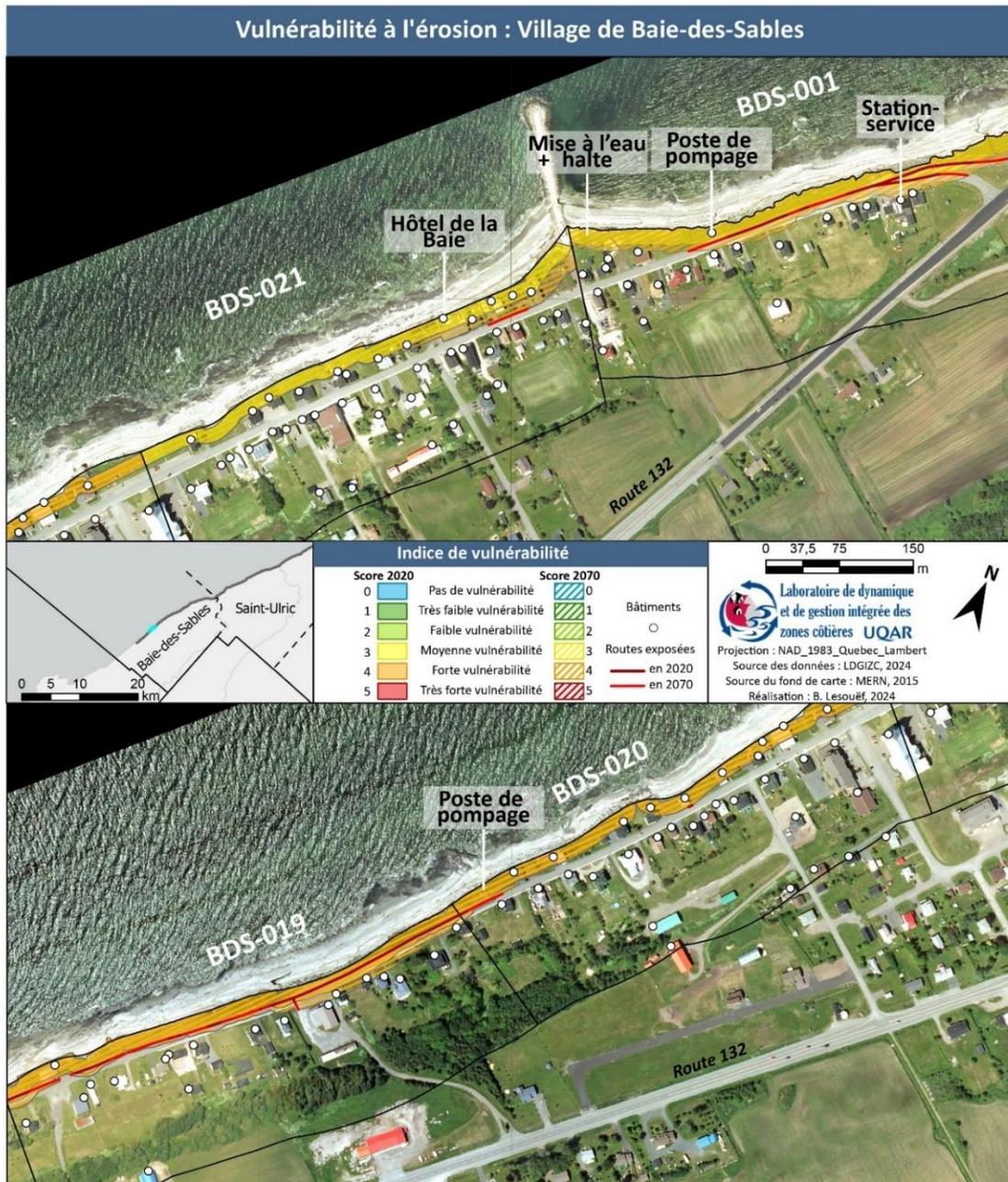


Figure 60 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour le village de Baie-des-Sables

Si les secteurs BDS-019 et BDS-020 sont classés comme fortement vulnérables à l'exposition actuelle, l'entièreté du village (de BDS-018 à BDS-001) est catégorisée semblablement selon la projection 2070 (Figure 60).

La présence de personnes exposées (E1) avec les indicateurs rattachés (E2 à E4) et/ou de tronçons de la rue de la Mer avec ses réseaux impactés (E9) sont les deux facteurs majoritaires expliquant le score de vulnérabilité de Baie-des-Sables, à l'instar d'une écrasante majorité de secteurs. **La municipalité présente, en outre, une organisation spatiale récurrente sur le trait de côte : une bretelle d'entrée et de sortie par rapport à un axe routier principal, avec une urbanisation entre ce dernier et le rivage.** Les secteurs correspondants BDS-018 et BDS-001 montrent ces points d'accès comme à risque, avec comme conséquence, **une difficulté** (voir impossibilité pour BDS-019) **à acheminer les secours par voie routière** (E10). Les portions de la route 132 exposées à l'est du village peuvent compliquer l'accès à l'hôpital de Matane, mais ce problème est cependant mitigé par la présence du centre hospitalier de La Mitis à l'ouest.

Concernant les capacités d'adaptation actuelles, les scores sont semblables aux autres municipalités de la Matanie. Cependant l'information et la sensibilisation sur le risque d'érosion ont fait l'objet d'initiatives multiples au niveau municipal et supramunicipal (A6). Baie-des-Sable est pourvue d'un plan de sécurité civile et de mesures d'urgence (A7). De plus, sur les 500 m linéaires du secteur, 470 sont artificialisés par murs ou enrochements, présentant une maladaptation au regard des dynamiques hydrosédimentaires (A3).

L'augmentation de la vulnérabilité entre 2020 et 2070 est modérée, découlant d'une faible différence dans les marges d'érosion. BDS-001 voit cependant l'exposition possible de la station-service à l'horizon 2070, expliquant un écart important dans le score d'enjeu par rapport à l'actuel.

## **b) SAINT-ULRIC**

Par de nombreux aspects, les observations faites pour le noyau villageois de Baie-des-Sables sont aussi valables pour celui de Saint-Ulric. L'indice traduit une vulnérabilité moyenne à forte vis-à-vis de l'érosion actuelle pour les secteurs ULR-014 à ULR-018. Selon la projection pour 2070, l'ensemble du village (excepté ULR-015) est classé en forte vulnérabilité ou **vulnérabilité extrême pour les secteurs ULR-014 et ULR-017**.

L'avenue Ulric-Tessier, desservant le village et concentrant les réseaux, est exposée à l'érosion actuelle au niveau des embranchements avec la route 132. La rue asphaltée Joseph Roy, longeant la rivière Blanche et pénétrant dans le village, est exposée à l'horizon 2070 au niveau de sa jonction avec l'avenue Ulric-Tessier. Le même scénario se répète pour le secteur ULR-014 au niveau de l'embranchement avec la rue des Lacs. Une possibilité existe donc d'une rupture du service routier privant une partie significative du village (ULR-018) d'un accès aisé aux secours (Figure 61).

Le secteur ULR-014 présente des scores similaires à ULR-017 pour les indicateurs E1-E4 et E9-E10. La distinction expliquant le passage en vulnérabilité extrême est la présence d'un enjeu économique (ferme bovine) ainsi que récréotouristique (une halte routière). La base de données d'origine fait également état d'un ancien dépotoir sur le secteur, comptabilisé comme un important risque pour l'environnement.

Concernant les capacités d'adaptation, la quasi-totalité du linéaire -400m- est enroché, une mesure aggravant le déséquilibre hydrosédimentaire (A3). Une recharge de haut de plage pour la restauration des écosystèmes côtiers a été effectuée à ULR-015 (A4) par le comité ZIP-Sud-de-l'Estuaire, au droit d'une ancienne décharge sauvage. Plusieurs initiatives d'information et de sensibilisation ont été menées sur la municipalité (A6), qui est dotée d'un plan de sécurité civile et de mesures d'urgence (A7).

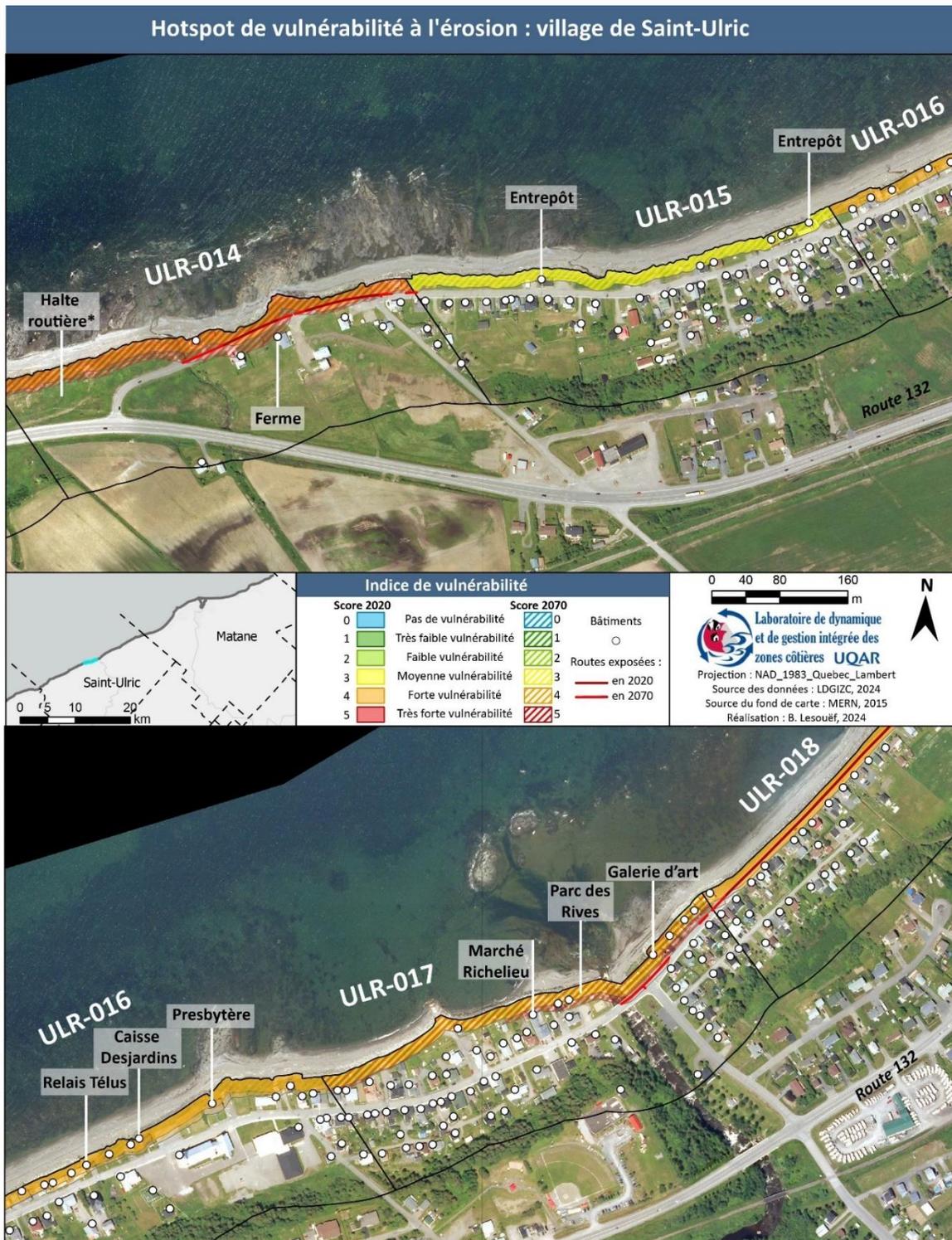


Figure 61 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour le centre du village de Saint-Ulric

c) *MATANE-SUR-MER*

Le site présente une augmentation de l'exposition des enjeux entre 2020 et 2070 dans la partie occidentale de la Grande Anse, se traduisant par une vulnérabilité accrue pour ULR-029 et MAT-001. Plus à l'est, les secteurs classés en forte vulnérabilité sont MAT-003 et MAT-007. Ils se démarquent en raison de tronçons de la route de Matane-sur-Mer à même d'être impactée actuellement.

Un second secteur digne d'intérêt est MAT 006, qui est classé en vulnérabilité moyenne aux deux pas de temps. **Une opération de relocalisation a retiré en grande partie les maisons situées en avant de la route, réduisant significativement le nombre de personnes exposées.** Le score de vulnérabilité reste cependant analogue à la version initiale de l'indice.

La Figure 62 montre l'importance de l'érosion projetée à l'horizon 2070, qui n'atteint pourtant pas (ou très marginalement) la route 132 sur ces secteurs. **Plus à l'ouest, cet axe central est partiellement ou complètement exposé à l'érosion projetée en 2070 dans les secteurs ULR-024 à ULR-028, avec, à la clé, de lourdes conséquences potentielles pour le territoire.**

Malgré l'évolution conséquente de l'érosion projetée, peu d'enjeux supplémentaires seraient possiblement impactés en 2070. Ces derniers sont cependant importants. Le Motel de la Mer avec ses dix chambres fait augmenter l'indicateur E8. Les portions de réseaux, même restreintes, touchées sur les deux secteurs expliquent le reste de la variation diachronique observée.

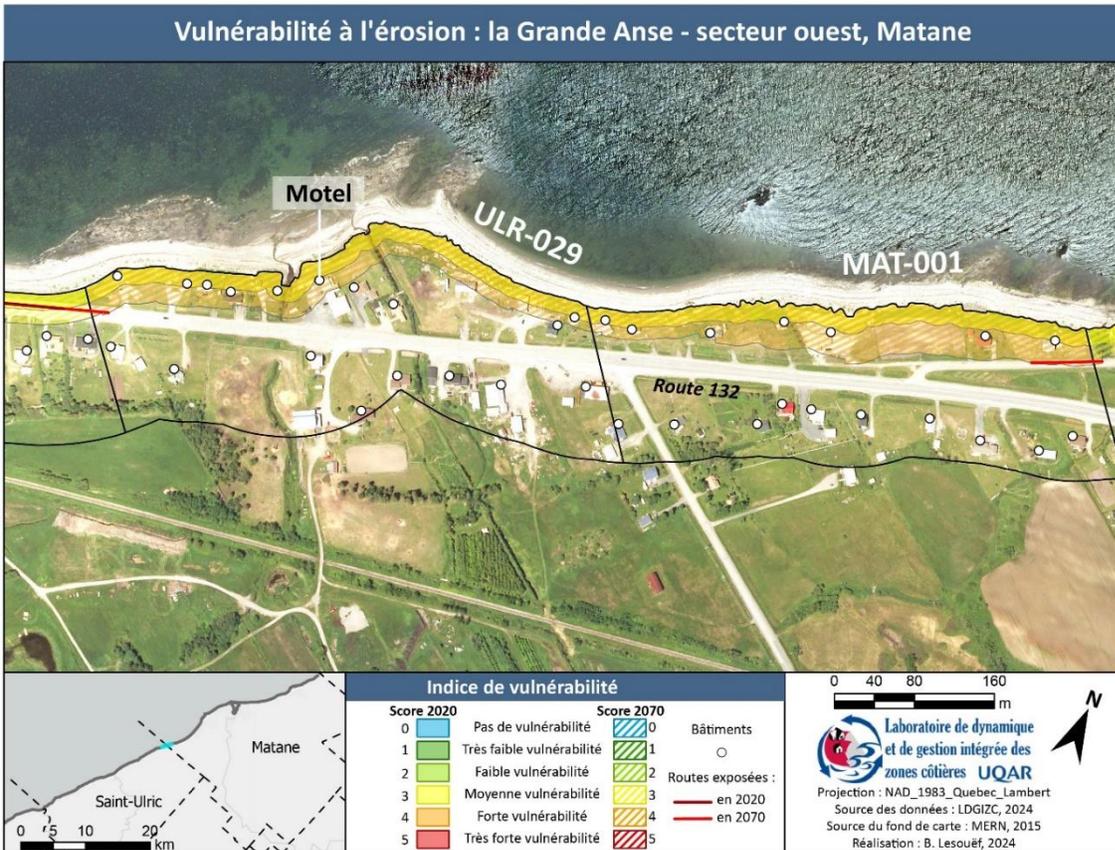


Figure 62 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour la limite occidentale de la Grande Anse, Matane

#### d) FLECHE DE MATANE

Les secteurs à proximité de la flèche sédimentaire de Matane couverts par l'indice d'érosion ne ressortent pas particulièrement comme *hotspot* de vulnérabilité (Figure 63). Malgré la présence du complexe hôtelier Riotel et ses dépendances dans la zone d'exposition du secteur BRC-006, **l'absence de diversité d'enjeux explique un score de vulnérabilité moyen**. Le secteur MAT-017 voit une portion de route et réseaux attenants exposés à l'érosion et aux glissements de terrain. La présence d'hydrocarbures enfouis représente un enjeu à faible pondération faisant de surcroît l'objet d'une opération de décontamination et phytoremédiation, tandis qu'aucune résidence n'est a priori exposée. Le secteur a par ailleurs

fait l'objet d'une mesure de protection alternative, sous forme d'une plantation d'arbres pour stabiliser la portion de falaise argileuse.



Figure 63 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour le secteur de la flèche de Matane

e) *PETIT-MATANE*

L'organisation spatiale de Petit-Matane est similaire à celle observée pour Baie-des-Sables et Saint-Ulric. **Malgré l'absence de résidences en avant du Chemin de la Grève sur PMA-004 et PMA-005, l'importance de l'érosion projetée en 2070 expose nombre de bâtiments et des enjeux diversifiés.**

En outre, trois des quatre axes perpendiculaires à la route 132 voient leurs croisements avec le Chemin de la Grève en zone impactée.

Les secteurs PMA-004, 005 et 006 se distinguent par leur classement en vulnérabilité extrême à l'horizon 2070. PMA-006 est le seul secteur classifié comme tel dès 2020 à l'échelle de la Matanie (Figure 64).

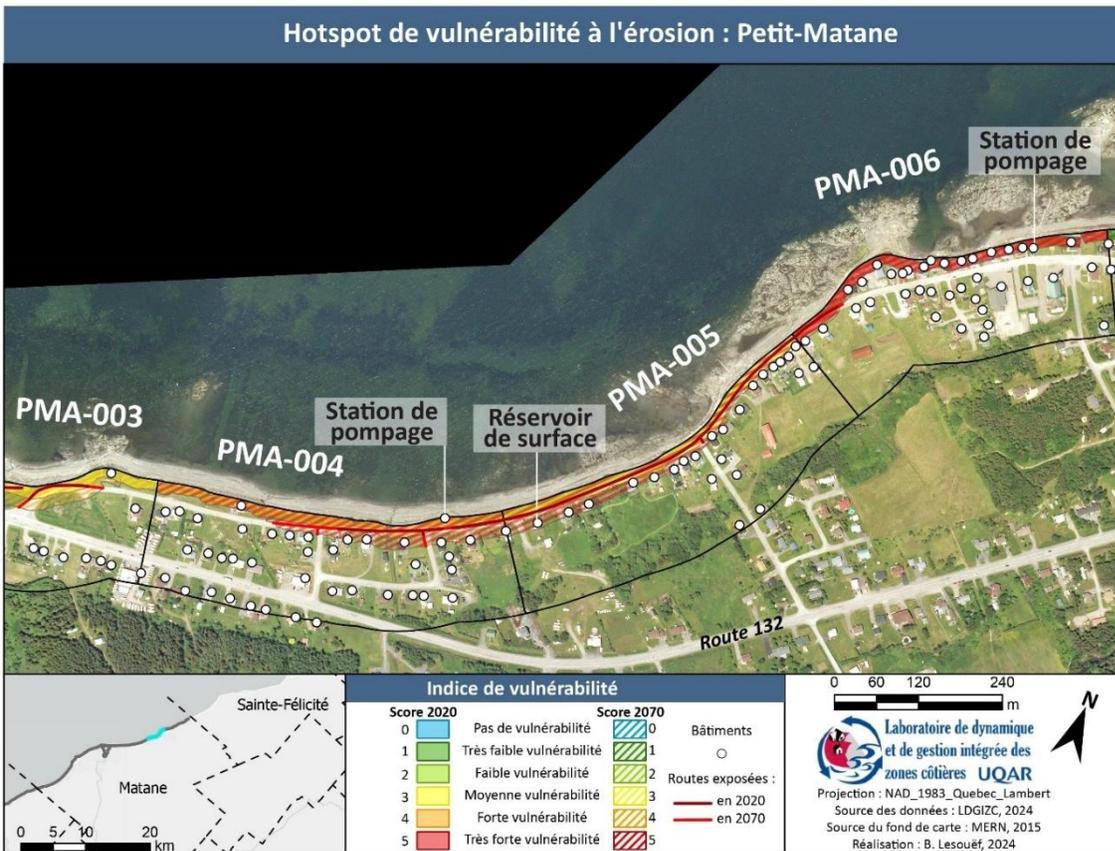


Figure 64 : Carte de vulnérabilité à l'érosion pour Petit-Matane

La vulnérabilité extrême attribuée aux secteurs de Petit-Matane est majoritairement due aux scores importants sur les indicateurs E1, E9, E10 et négatif pour A3. La présence de postes de pompage et de réservoir de surface suffit à faire basculer la somme des indicateurs pondérés en dernière classe, là où d'autres secteurs restent catégorisés en forte vulnérabilité.

### 5.3.2 Vulnérabilité à la submersion

#### 5.3.2.1 Observations générales

L'aléa submersion se manifeste de manière plus ponctuelle que l'érosion le long du littoral de la Matanie, en lien avec la présence de zones plus basses. **Les résultats de l'indice le traduisent, avec une nette présence de la classe 0 nouvellement introduite** (Figure 65).

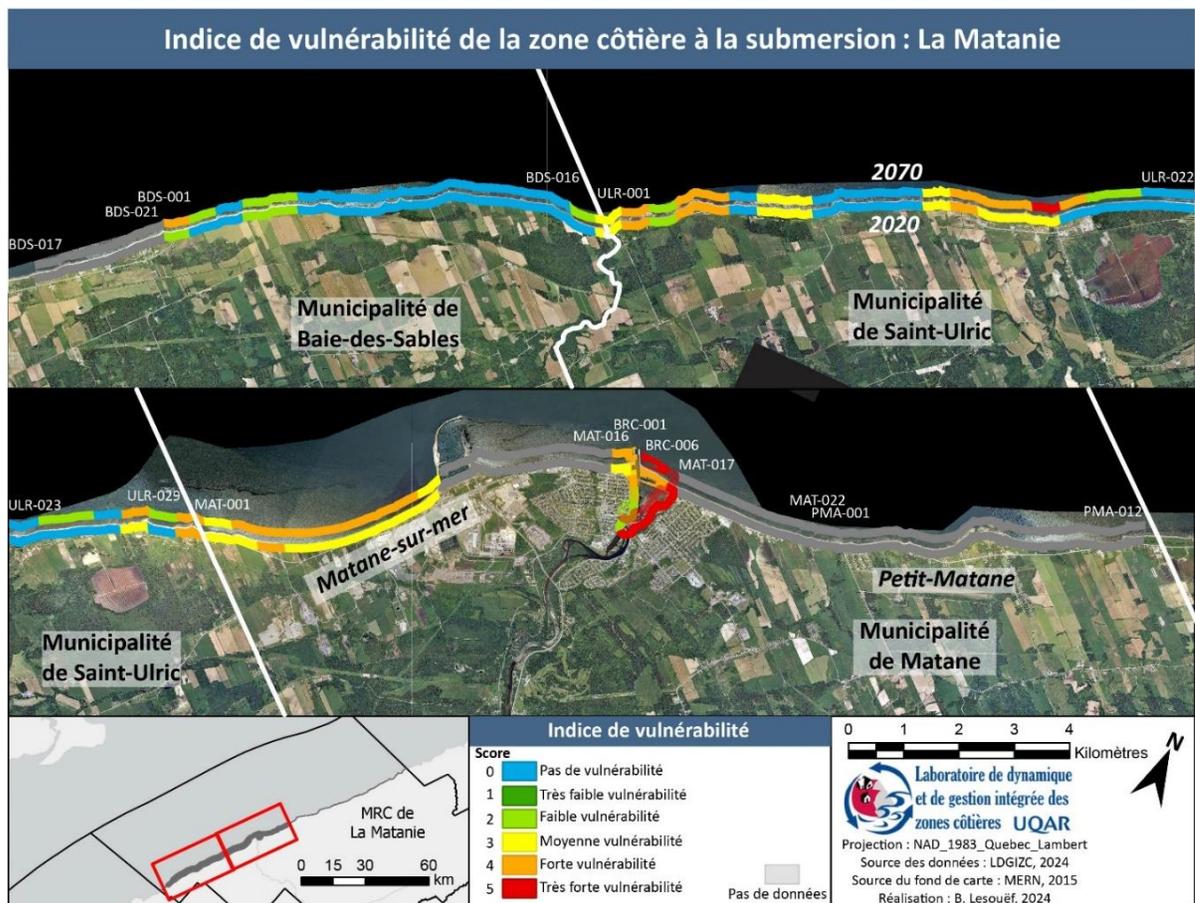


Figure 65 : Carte diachronique (2020-2070) de l'indice modifié Résilience Côtière à la submersion sur le site de la Matanie

Lorsque des enjeux sont exposés, la classe de moyenne vulnérabilité est majoritaire pour la submersion actuelle (Tableau 39). Cependant, à l’horizon 2070 s’observe un basculement net vers une forte vulnérabilité (voire extrême) sur deux sites :

- le centre-bourg de Saint-Ulric.
- La Grande anse de Matane.

La projection actuelle indique deux autres sites d’intérêt :

- la Pointe au Naufrage à Saint-Ulric.
- Le barachois de Matane, apparaissant comme le hotspot majeur de vulnérabilité à la submersion. Les dégâts observés lors de la tempête de 2010 (Quintin *et al.*, 2013) tendent à appuyer ce résultat.

*Tableau 39 : Distribution par classes des secteurs de l’indice de vulnérabilité à la submersion pour la Matanie*

Vulnérabilité à la submersion - La Matanie				
Classe	2020		2070	
	Nombre	%	Nombre	%
0	28	46,67	20	33,33
1	0	0,00	0	0,00
2	5	8,33	11	18,33
3	17	28,33	6	10,00
4	8	13,33	19	31,67
5	2	3,33	4	6,67
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100,00</b>	<b>60</b>	<b>100,00</b>

En examinant le différentiel dans les sommes d’enjeux exposés, plus de la moitié des secteurs n’enregistrent aucun changement entre 2020 et 2070. Cette tendance ne s’explique pas seulement par l’absence de vulnérabilité : celle du barachois de Matane ne varie que peu (Figure 66), de même que pour celles des secteurs de la Pointe au Naufrage. Les plus fortes évolutions s’observent pour le centre-bourg de Saint-Ulric, mais également pour la majorité des secteurs de la Grande Anse. À noter que contrairement à l’indice d’érosion, la municipalité de Baie-des-Sables n’est que très peu impactée sur les secteurs renseignés : seule BDS-001 se démarque, pour une vulnérabilité forte.

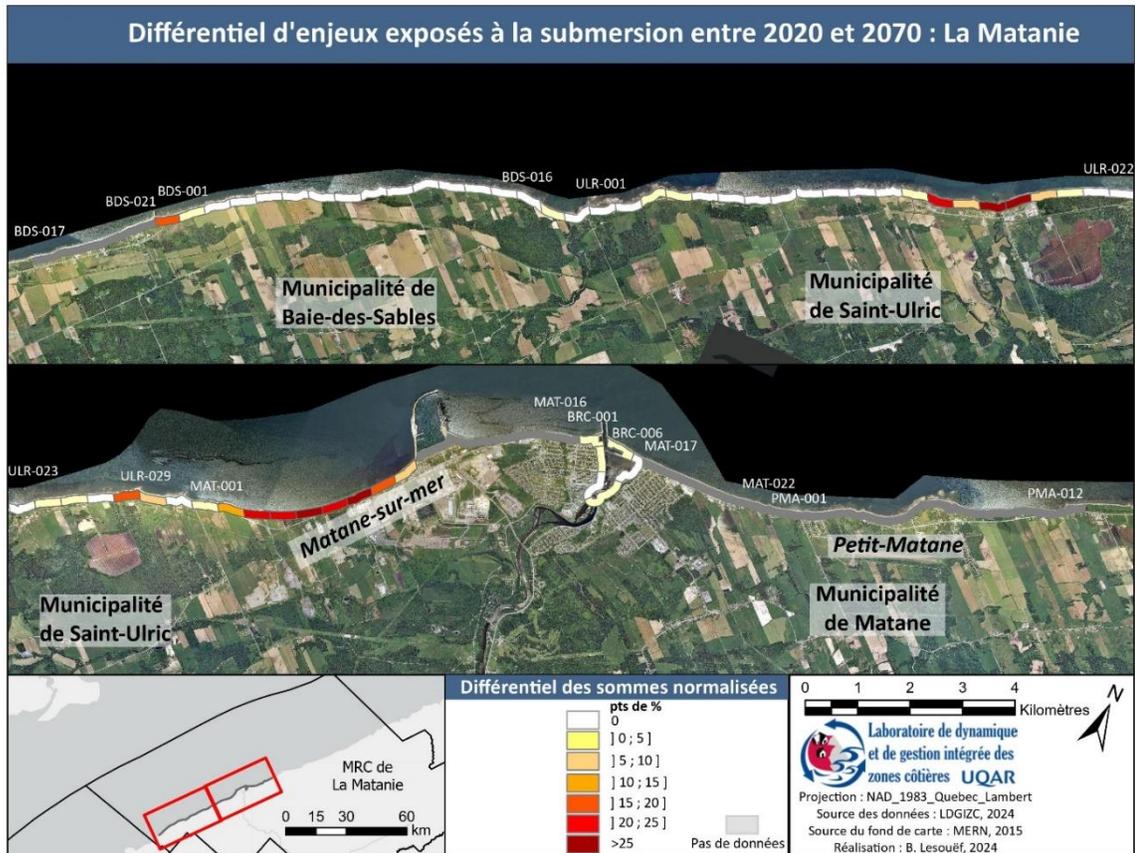


Figure 66 : Carte du différentiel des sommes d'enjeux exposés à la submersion entre 2020 et 2070 en Matanie

### 5.3.2.2 Examen des hotspots identifiés

#### a) SAINT-ULRIC : LA POINTE AU NAUFRAGE

Le site présente une forte exposition à la submersion actuelle, qui n'évolue que peu lors de la projection faite pour 2070. **Les enjeux exposés sont principalement des résidences permanentes, desservies par des chemins non asphaltés les reliant à la route 132** (Figure 67).

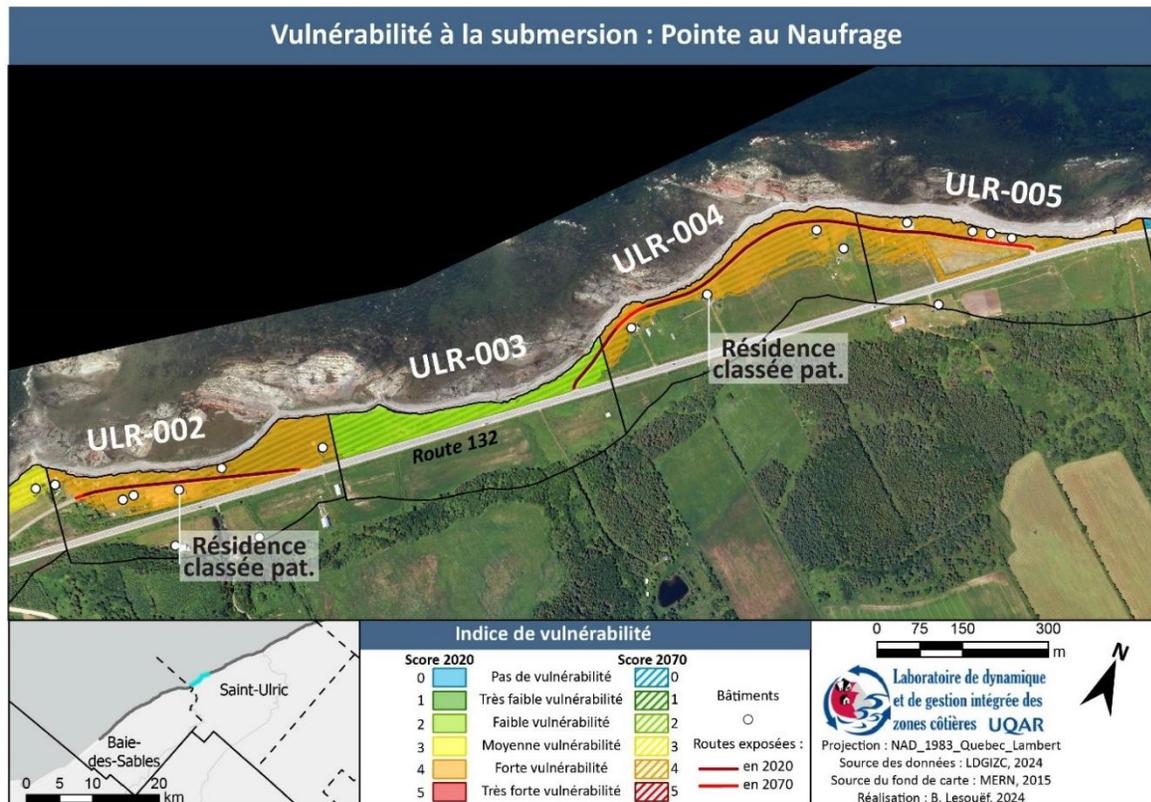


Figure 67 : Carte de vulnérabilité à la submersion à la Pointe au Naufrage, Saint-Ulric

En cas de survenue du risque, l'entièreté du chemin de la pointe au Naufrage est susceptible d'être en eaux, enclavant les résidences exposées (**Error! Reference source not found.**). Cela contribue à l'importance des scores d'enjeux malgré un nombre restreint de personnes effectivement exposées.

Une observation, valable pour l'ensemble des sites étudiés, est la faible valeur du sous-indice de capacités d'adaptation : **la Matanie, et, plus généralement, le Québec maritime sont bien moins préparés à faire face à l'aléa submersion marine qu'à l'aléa érosion des berges.** Par conséquent, lors de la discrétisation finale à niveau d'enjeux exposés équivalent, l'indice de vulnérabilité peut être plus sévère pour la submersion qu'il ne l'est pour l'érosion. ULR-003 est un bon exemple, le secteur ne présentant qu'une exposition minimale avec un court tronçon routier exposé. Cela suffit cependant à l'attribution d'une vulnérabilité faible (classe 2).

b) SAINT-ULRIC : CENTRE-BOURG

Le secteur ULR-017 se démarque par la nette augmentation du score d'enjeux exposés, malgré une enveloppe de submersion ne progressant que peu entre les deux pas de temps retenus. Cela s'avère suffisant pour potentiellement impacter des enjeux critiques (Figure 68).

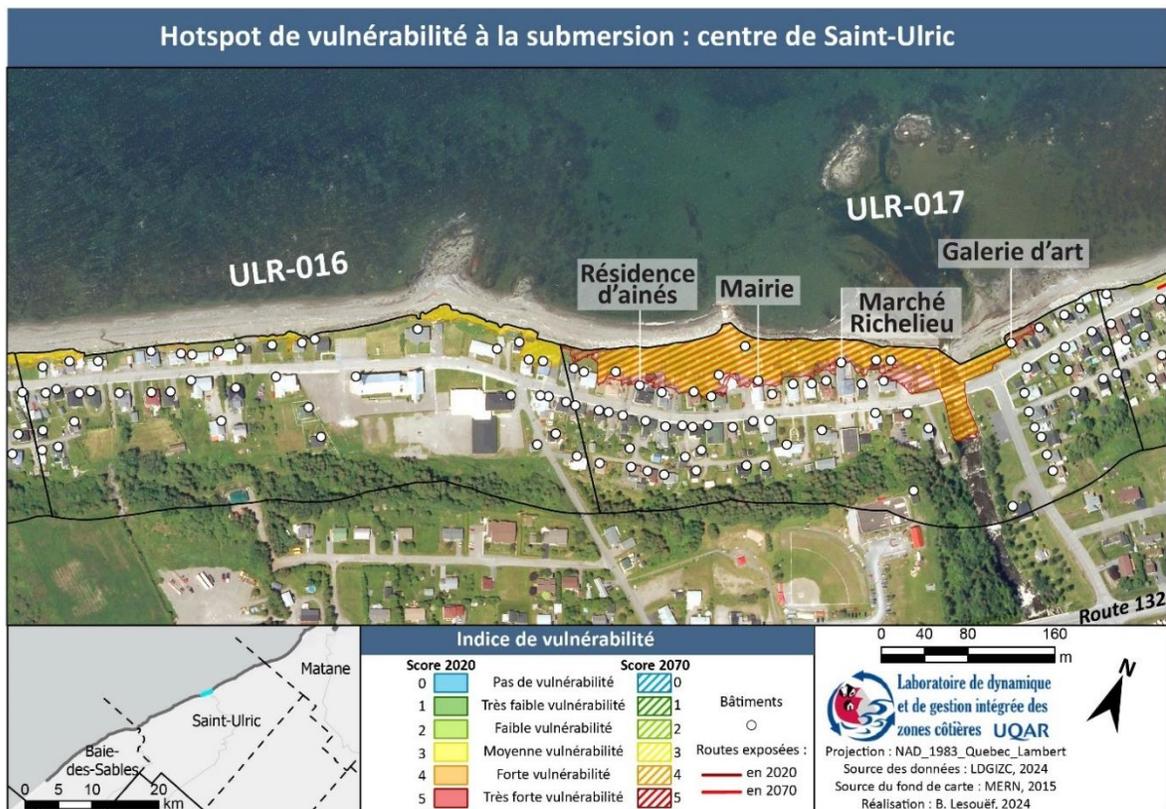


Figure 68 : Carte de vulnérabilité à la submersion du centre-bourg de Saint-Ulric

Dans le détail, **la diversité des enjeux apparaît comme très importante pour le secteur ULR-017 : 10 indicateurs sur 13 ont un élément renseigné.** Fait notable, le réseau routier n'est pas a priori exposé et est, par conséquent, à l'abri d'une rupture (E9 et E10).

c) MATANE : LA GRANDE ANSE

Ce site présente une vulnérabilité moyenne vis-à-vis de la submersion actuelle pour l'ensemble des secteurs, à l'exception de MAT-003 classé en forte vulnérabilité. Ce classement est généralisé à l'horizon 2070, en lien avec une progression importante de l'enveloppe d'exposition (Figure 69). Ce secteur est aussi fortement sujet à des projections de blocs de glace lors d'épisodes de submersion hivernale, ce qui n'a pas été pris en compte dans notre indice.

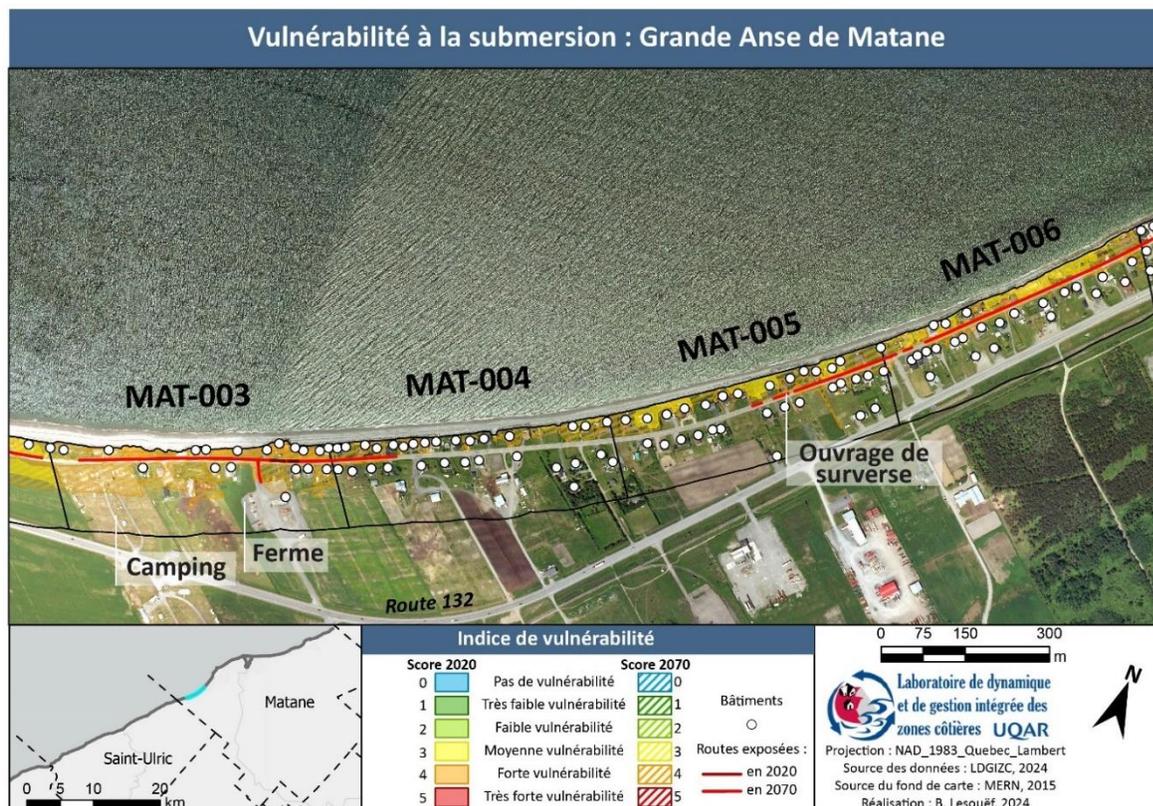


Figure 69 : Carte de vulnérabilité à la submersion à la Grande Anse, Matane

Ce basculement s'explique par l'exposition importante de la rue de Matane-sur-Mer, avec pour conséquence directe la rupture d'un accès aux secours par voie routière pour la totalité des personnes résidentes. L'intersection avec la rue de l'Anse (MAT-006) est également susceptible d'être submergée, prévenant un détour par la route 132. Les autres

axes ne sont pas asphaltés, et ne peuvent pas être considérés comme des voies alternatives fiables. La présence d'un camping avec 12 emplacements exposés sur le secteur MAT-003 explique le score élevé de personnes exposées. Les observations sont également valides pour les secteurs MAT-007 et MAT-008.

**L'opération de relocalisation menée sur le secteur MAT-006 a été efficace pour réduire le nombre de personnes exposées à la submersion actuelle. Cependant, à l'horizon 2070, le second rang d'habitations est à même d'être exposé.** Ce dernier constat est également valable pour MAT-003 et partiellement MAT-005.

Le secteur ULR-029 situé plus à l'ouest et déjà identifié comme à forte vulnérabilité à l'érosion se voit également exposé à la submersion actuelle de manière importante : en incluant le motel, l'estimation est de 40,2 personnes potentiellement touchées.

#### **d) LE BARACHOIS DE MATANE**

Intégré à la couverture spatiale de l'indice comme site test, **le secteur du barachois de Matane a été préidentifié comme hotspot majeur de vulnérabilité à la submersion.** Lors de la tempête de 2010, la majorité de la flèche littorale était sous l'eau (Figure 70), de même que le quartier situé en arrière.

La modélisation *bathtub* pour la submersion actuelle se basant sur les données de surcote observée durant cet événement, « **l'enjeu** » est de voir le comportement de l'indice.

La vulnérabilité à la submersion est qualifiée d'extrême pour les secteurs BRC-004 et 005 pour l'aléa actuel. La flèche littorale (BRC-006) comprenant le Riotel n'est cependant classée qu'en forte vulnérabilité. Malgré les variations minimales dans l'étendue de la zone exposée, BRC-006 passe en vulnérabilité extrême à l'horizon 2070. **Les résultats de l'indice semblent donc en adéquation avec les observations**, tout en traduisant une limite dans la méthodologie retenue. L'indicateur E13 au score automatiquement de 0 en 2020 a atteint 2,5 dans les secteurs BRC-001 et BRC-006 pour la projection 2070. Ce changement est responsable de l'augmentation de la classe de vulnérabilité, les sommes normalisées étant

proches du seuil. **Une critique peut donc être émise sur le protocole de l'indicateur et de son influence.**



*Figure 70 : Photo du Riol de Matane (avant agrandissement) lors de la tempête du 6 décembre 2010. Crédits : Brigitte Dubé pour Radio-Canada*

**Par le nombre de personnes exposées et la diversité des enjeux, BRC-004 et 005 représentent le *hotspot* majeur de vulnérabilité du littoral de la Matanie, vis-à-vis des deux aléas confondus (Figure 71).** Si BRC-006 compte également un nombre extrême de personnes susceptibles d'être impactées, la diversité moindre des autres enjeux explique le classement plus faible pour la submersion actuelle. Les estimations pour E1 atteignent pour 2070 :

- 144,7 personnes exposées dans le secteur BRC-004.
- 293,6 personnes exposées dans le secteur BRC-005.
- 305 personnes exposées dans le secteur BRC-006.

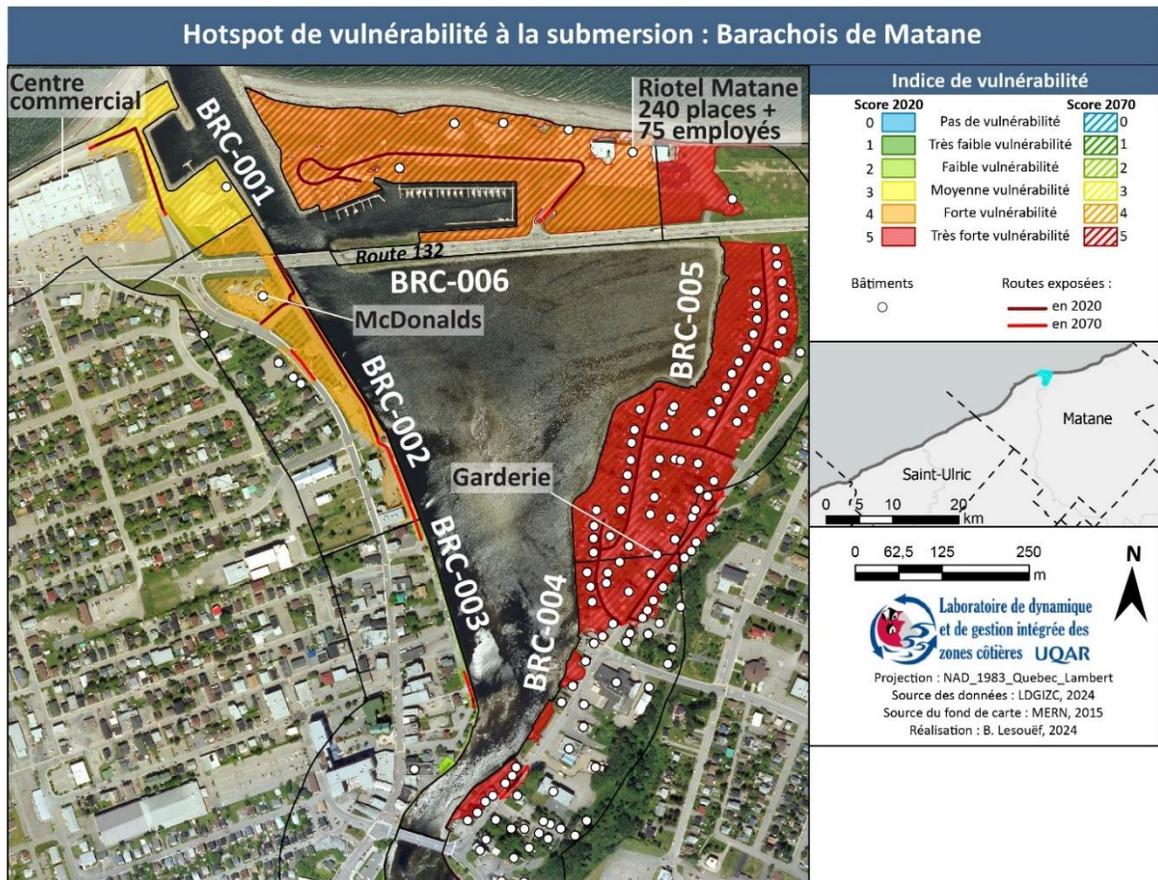


Figure 71 : Carte de vulnérabilité à la submersion du barachois de Matane

### 5.3.3 Synthèse des observations

La mise à jour de l'indice permet de donner un aperçu complet de la vulnérabilité à l'érosion et la submersion du littoral occidental de la Matanie. Un atelier *world café* de priorisation des sites pour l'analyse de solutions d'adaptation à l'érosion côtière s'est tenu en avril 2019 durant le projet Résilience Côtière avec des acteurs du territoire de la Matanie. Différents *hotspots* ont alors été identifiés à partir de l'analyse des enjeux ainsi que de l'exposition actuelle à l'érosion. Pour les secteurs présentement couverts par l'indice modifié, cela comprend les cinq zones suivantes par ordre de priorité :

- Matane-sur-Mer

- La flèche littorale de Matane en avant du barachois, sur laquelle se tient l'hôtel Rietel (même si c'est la submersion qui a été ciblée par les acteurs).
- Le noyau villageois de Saint-Ulric, à égalité avec Petit-Matane.
- Le noyau villageois de Baie-des-Sables.

En mettant en perspective les résultats obtenus avec ce diagnostic initial, un portrait sommaire peut être dressé.

**Matane-sur-Mer n'est pas un hotspot de vulnérabilité à l'érosion** comparativement à d'autres secteurs. Cela s'explique en partie par l'opération de relocalisation menée sur le secteur MAT-006. Cependant, l'ensemble de la Grande Anse s'avère fortement vulnérable à la submersion. Plus à l'ouest, le secteur du Motel Studio de la Mer (ULR-029) présente une double exposition.

Le Rietel de Matane situé sur la flèche littorale du barachois est également exposé aux deux aléas. **L'hôtel représente l'enjeu le plus important en termes de personnes exposées sur l'ensemble du linéaire étudié.** La modélisation pour la submersion actuelle place cependant les secteurs rétrolittoraux BRC-004 et surtout BRC-005 comme les plus vulnérables par le nombre de personnes et la diversité des enjeux présents. **Le barachois de Matane est donc validé comme le *hotspot* numéro un de vulnérabilité à la submersion.**

Les noyaux villageois de Saint-Ulric et de Petit-Matane sont confirmés comme étant des *hotspots* de vulnérabilité à l'érosion. La différence avec le diagnostic initial réside dans leur importance relative : les sites enregistrent les maximas d'enjeux exposés à l'érosion en Matanie, les plaçant comme **principaux hotspots**. Avec trois secteurs classés en vulnérabilité extrême, Petit-Matane se démarque davantage. La mairie de Saint-Ulric étant exposée à la submersion, **le secteur ULR-017 présente la particularité d'être classé en vulnérabilité maximale pour les deux aléas.** Il serait intéressant, lors de travaux ultérieurs, de prolonger l'indice de submersion à Petit-Matane pour mieux démarquer les deux sites.

L'extension de l'emprise spatiale de l'indice pour l'érosion confirme le noyau villageois de Baie-des-Sables comme fortement vulnérable sur la majorité de ses secteurs à

l'horizon 2070. Le site se positionne comme analogue à la Grande Anse. Hormis BDS-001, la partie orientale du village n'est que peu exposée à la submersion.

Plus marginalement, la pointe au Naufrage apparaît comme un *hotspot* secondaire de vulnérabilité à la submersion, connu mais vu comme de très faible priorité.

**L'examen par indicateurs met en évidence le rôle prédominant de *E1 – nombre d'habitants exposés*.** Non seulement la pondération accordée est la plus importante pour l'ensemble des indicateurs, mais son renseignement conditionne celui des indicateurs E2, E3 et E4. Cela a pour conséquence un écart significatif entre un secteur ayant ne serait-ce qu'une résidence exposée et ceux n'en comptant pas. Le même constat s'applique pour *Réseaux d'infrastructures - E9* et *Niveau d'impact de la rupture du service routier - E10*. Ce dernier indicateur questionne dans son protocole, car une seule maison se trouvant isolée compte de manière bien plus importante qu'un large détour pour l'ensemble d'un village.

Enfin, il semble important de souligner **l'exposition de la route 132 en de multiples secteurs**, et ce dès le pas de temps actuel. Les tronçons entre Baie-des-Sables et Saint-Ulric, ainsi qu'entre Matane-centre et Petit-Matane sont les plus touchés. Au regard du rôle structurant de cet axe routier, il est aisé d'expliquer les fortes valeurs de E9 et E10 par rapport à d'autres sites témoin de ResCo, ne présentant pas une infrastructure aussi importante si proche du trait de côte.

#### **5.3.4 Une ébauche de validation**

Les modifications apportées à l'indice soulèvent, outre leur pertinence, la question de leur robustesse.

Plusieurs auteurs (Hinkel, 2011 ; Rufat *et al.*, 2019; Wolf *et al.*, 2015) affirment l'importance de mener des étapes de validation, sans que cela ne soit statistiquement avéré comme influant sur la pertinence des indices auprès des potentiels utilisateurs finaux (cf. chapitre 3). Les retours des entretiens semi-dirigés se prononçant en faveur d'une validation justifient cependant pleinement l'approche décrite dans cette partie.

La structure de construction de l'indice Résilience Côtière compte deux sous-indices et de nombreux scores d'indicateurs déterminés de manière subjective. Ces éléments rendent extrêmement complexe la tâche d'attribuer une valeur d'incertitude aux différentes étapes. Plutôt que d'éluder complètement la validation en raison des contraintes de temps, le choix a été fait de proposer dans ce mémoire une brève analyse descriptive. **Plus précisément, l'accent est mis sur les étapes de discrétisation et de pondération.** La discussion s'appuie sur des tableaux d'effectifs croisés et des différences de classes observées entre les versions de l'indice. S'intéresser à la pondération permet en outre de contribuer à la discussion plus générale et non consensuelle sur l'impact de cette étape (Preston *et al.*, 2009 ; Räsänen *et al.*, 2019; Schaefer *et al.*, 2020). Le but est d'observer les différences et la pertinence des cartes entre une pondération clairement hiérarchisée par rapport à l'absence de pondération (ou pondération égale).

La validation externe (comparaison des résultats à des données externes indépendantes) n'est que peu abordée dans cette partie. La correspondance observée entre les résultats de l'indice et les *hotspots* préétablis peut être considérée comme une première étape. Cependant, pour la submersion le critère d'indépendance n'est pas respecté : la modélisation de l'exposition actuelle s'appuie largement sur les données observées lors de la tempête de 2010 (Drejza *et al.*, 2014). La véritable validation ne peut venir que par la confirmation des gestionnaires locaux lors de la présentation des cartes, s'appuyant sur leur connaissance des événements passés sur leur territoire.

#### 5.3.4.1 Limites des données employées

Le recalcul de l'indice ResCo s'est appuyé largement sur la géodatabase héritée du projet initial. Cependant, plusieurs limites doivent être considérées. Premièrement, certaines erreurs ont été repérées dans la base de données héritée, notamment pour E10 sur le site de la Matanie. À cela s'est ajouté la difficulté de renseigner E3 et E4 : le passage d'entités spatiales en îlots de recensement aux segments retenus pour l'indice a nécessité plusieurs itérations. Enfin, la conversion des scores pour tous les indicateurs sur les 8 sites a été opérée

manuellement, induisant un facteur d'erreurs humaines malgré les vérifications extensives faites. La méthode de discrétisation choisie étant sensible à la population étudiée, chaque modification a donné lieu au recalcul des seuils retenus, ainsi que toutes les étapes de discrétisation, agrégation et visualisation subséquentes. **Il en ressort un procédé des plus exigeant en temps, qu'il conviendrait de repenser pour de futures mises à jour.**

En outre, le fait de ne pas considérer initialement E13 comme un enjeu exposé en 2020 a mené à un problème lors de l'agrégation. Écarter un indicateur nécessite une correction des valeurs de pondération pour garder les deux univers statistiques (indices pour 2020 et 2070) du même ordre de grandeur. La conséquence de valeurs de pondérations légèrement plus importante fut, lors d'un test, que lorsque certains secteurs présentent une valeur 0 pour E13 en 2070, la somme des scores pondérés pour ces derniers se trouve inférieure à 2020. Bien que l'écart soit mineur (entre 0,1 et 4 points de pourcentage sur les sommes normalisées), BDS 004 et 005, BRC-005, ont vu leur classe d'enjeux exposés, et, par conséquent, leur classe de vulnérabilité inférieure en 2070 par rapport à 2020. Afin d'éviter ce biais de données, le choix a été fait de conserver l'indicateur pour 2020 à une valeur 0.

Enfin, la projection en 2070 se base sur des données d'enjeux exposés actuels. Cette limite récurrente pour les indices pointée par El-Zein *et al.*, (2021) est cependant souvent la seule option disponible ; il semble difficilement possible de prédire les comportements humains dans le futur, et par conséquent l'organisation territoriale. Les projections et scénarios d'exposition aux aléas ne sont pas non plus exempts d'incertitudes, a fortiori plus le pas de temps est important.

**Les cartes présentées sont ainsi le fruit de nombreuses itérations, et doivent être considérées au regard des incertitudes dans les données employées, ainsi que les dans les choix méthodologiques réalisés.** Cela rend une étape de validation d'autant plus nécessaire.

#### 5.3.4.2 Comparatif entre la version initiale de l'indice Résilience Côtière et la version modifiée

Les changements effectués entre la version initiale de l'indice et la présente itération sont nombreux. **Il semble donc impossible de déterminer précisément l'impact individuel de chacune des modifications.** Seul le résultat final peut être observé.

La distinction des secteurs ne présentant pas d'enjeu et donc pas de vulnérabilité via la classe 0 altère drastiquement l'indice. Pour le site de la Matanie, un exemple permet d'illustrer dans le détail la justification de cette modification : le secteur BDS-015 (Figure 72). La route 132 comprend certaines parties du bas-côté en zone d'exposition en 2070. Cependant, le protocole de renseignement de l'indicateur E9 ne se réfère qu'à la ligne extérieure de la route, représentée (en vert) par une polyligne orthorectifiée. La seule résidence présente sur le secteur est éloignée de la zone d'exposition, tandis que l'espace d'accueil disponible est suffisant pour garantir la migration de la plage avec le retrait attendu du trait de côte. **Il n'y a donc aucun enjeu exposé sur ce secteur. Cependant, dans la première version d'attribution des scores, les enjeux étaient comptés comme faibles au lieu de nuls.** Une fois croisée au sous-indice de capacités d'adaptations, la vulnérabilité était décrite comme faible (classe 2), **représentant un faux positif.**

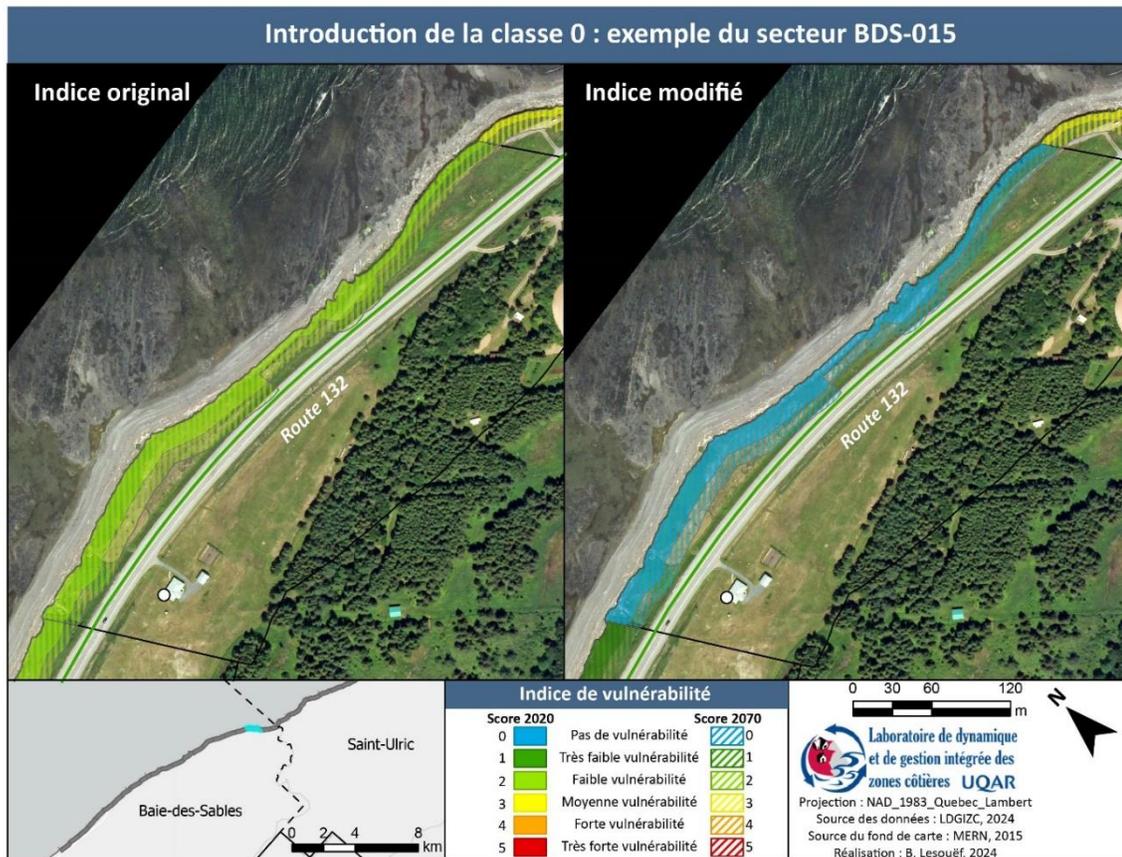


Figure 72 : Comparaison du secteur BDS-015 entre l'indice initial de vulnérabilité à l'érosion et sa version modifiée

En examinant le tableau croisé des effectifs (Tableau 40), **la surévaluation de la vulnérabilité due à l'ancienne méthode d'attribution des scores apparaît comme évidente**. Les autres variations observées relèvent plus des autres modifications apportées. La classe 3 compte une majorité de ses individus ne variant pas entre les deux versions de l'indice, contrairement aux classes 1 et 4 qui voit la majorité de leurs effectifs issus d'un reclassement. **Dans l'ensemble, l'incidence de la classe 2 d'origine est grandement réduite au profil de la classe 0**, et cela aux deux pas de temps. La version modifiée de l'indice voit également une augmentation des secteurs classés en vulnérabilité forte (classe 4) ou extrême (classe 5).

Tableau 40 : Tableau croisé de l'indice de vulnérabilité à l'érosion modifié par rapport à l'indice initial

Pas de temps	2020		2070	
<b>Nb. secteurs de l'indice modifié en classe 0</b>		<b>80</b>		<b>74</b>
Classification initiale des secteurs	1	7	1	5
	2	70	2	66
	na	3	na	3
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 1</b>		<b>17</b>		<b>14</b>
Classification initiale des secteurs	1	5	1	3
	2	4	2	3
	3	1	3	1
	na	7	na	7
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 2</b>		<b>57</b>		<b>53</b>
Classification initiale des secteurs	1	2	1	2
	2	40	2	36
	3	15	3	15
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 3</b>		<b>88</b>		<b>76</b>
Classification initiale des secteurs	1	0	1	2
	2	1	2	1
	3	66	3	58
	4	2	4	3
	na	19	na	12
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 4</b>		<b>26</b>		<b>46</b>
Classification initiale des secteurs	3	13	3	22
	4	10	4	16
	na	3	na	8
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 5</b>		<b>3</b>		<b>8</b>
Classification initiale des secteurs	4	2	4	4
	5	0	5	1
	na	1	na	3
<b>Total</b>		<b>271</b>		<b>271</b>

### 5.3.4.3 Comparatif de l'influence de la discrétisation

Si le choix des seuils observés a déjà été discuté (cf. partie 5.2.4), il demeure pertinent d'appréhender l'impact de cette discrétisation sur le résultat final de l'indice (Moreira *et al.*, 2021). En tenant compte du caractère de la distribution des sommes pondérées et normalisées

des secteurs sur les 8 sites pour les deux sous-indices, trois discrétisations alternatives ont été retenues :

- une première itération de seuils observés se basant sur ceux fixés lors de la première version de l'indice.
- Une progression arithmétique de raison quatre (donnant cinq classes), adaptée aux distributions dissymétriques
- Les seuils naturels selon l'équation de Jenks, similaire dans sa logique avec les seuils observés

Marginalement et limité à l'aléa érosion, un comparatif avec la classification lors de la première version de l'indice a été réalisée.

La discrétisation s'applique de manière distincte sur les sous-indices d'enjeux exposés et des capacités d'adaptation. La sensibilité des résultats lors de l'agrégation est donc potentiellement importante : un secteur peut se voir attribuer des classes différentes sur les deux sous-indices d'une discrétisation à l'autre. La conséquence peut être un différentiel de deux classes de vulnérabilité.

#### **a) SEUILS OBSERVES RETENUS CONTRE LA PREMIERE ITERATION**

La discrétisation est d'une remarquable similarité pour le pas de temps actuel (**Error! Reference source not found.**), avec plus de 90% de correspondance (0 = pas de différence). Ce taux décline de manière significative pour la vulnérabilité en 2070, ne représentant plus que 2/3. En l'absence de variation de 2 classes, on peut considérer les deux itérations de la même méthode comme proches. **Il est cependant intéressant de noter la variation induite par un simple changement de seuils observés, illustrant la limite de subjectivité.** Les classes variant le plus sont les 4 et 5, majoritairement en 2070, avec nombre de secteurs classés avec une vulnérabilité moins importante qu'avec les seuils retenus.

**b) SEUILS OBSERVES RETENUS CONTRE LES SEUILS NATURELS DE JENKS**

Un écart important s'observe dès 2020 dans la classification (Annexe XIV). Cette dernière reste cependant analogue entre les deux pas de temps, **sans qu'un écart de deux classes soit relevé.**

La discrétisation par seuils naturels de Jenks, ainsi que celle suivant une progression arithmétique présentent une limite confortant le choix des seuils observés. **Ces méthodes ne s'appliquent qu'à la distribution actuelle, sans tenir compte des minimas et maximas théoriques de l'indice.** La discrétisation de Jenks tend ainsi à placer un nombre important de secteurs en vulnérabilité extrême (n =28), ce qui peut s'avérer problématique pour une éventuelle priorisation des interventions par les utilisateurs finaux de l'indice.

**c) SEUILS OBSERVES RETENUS CONTRE LA PROGRESSION ARITHMETIQUE**

Aux deux pas de temps, la distribution présente plusieurs occurrences de secteurs classés deux échelons au-dessus de la classe attribuée par la discrétisation retenue (Annexe XV). Deux tiers des secteurs présentent là encore une classification identique. La discrétisation présente une limite critique sur son seuil supérieur, ne présentant en raison 4 un seul et unique secteur en vulnérabilité maximale. En configuration de raison 5, cette classe représenterait au contraire un effectif de 48 pour 2070. **La prise en compte de seuils maximaux théoriques rend cette méthode de discrétisation invalide.**

**d) SEUILS OBSERVES CONTRE LA CLASSIFICATION INITIALE**

Quatre occurrences d'un différentiel de deux classes sont observées (Annexe XVI), mais s'expliquent par des incohérences dans les données initiales rectifiées durant la mise à jour. Plus des deux tiers des secteurs sont classés à l'identique aux deux pas de temps.

**À l'exception de la progression arithmétique, la pondération choisie montre une relative constance au travers des différentes alternatives avec au minimum 67,67% de**

**correspondance.** Cependant, avec une valeur proche du tiers de la population variant d'une méthode à l'autre, **le constat d'une forte sensibilité de cette étape par Moreira *et al.* (2021) se voit confirmé pour l'indice Résilience Côtière.** Malgré ses limites, l'utilisation des seuils observés reste la meilleure option, particulièrement pour les capacités d'adaptation présentant une distribution discontinue et plurimodale.

#### 5.3.4.4 Comparatif de l'influence de la pondération

Les modifications apportées à l'indice de vulnérabilité à l'érosion et maintenant de submersion du projet Résilience Côtière donnent une opportunité rare de tester l'impact d'une pondération aux dires d'acteurs. La forte fluctuation observée de cette méthode par Bottomley *et al.* (2000) n'est que peu mise en évidence en examinant les discrétisations : les données employées pour la version initiale ne sont pas tout à fait les mêmes, tandis que la différence dans les seuils retenus est la source principale de variation observée. Il demeure que le pourcentage de variation n'est pas plus important qu'un autre au regard des différentes discrétisations testées. Cette limite d'interprétation s'applique également à l'examen en parallèle de la distribution spatiale des indices pondérés.

L'intérêt au regard de la littérature est cependant d'observer l'impact de la nouvelle pondération par rapport l'indice initial, mais principalement une absence de pondération. Les retours faits par différents auteurs sont contrastés, entre de faibles variations (Nelson *et al.*, 2010 ; Oulahen *et al.*, 2015) ou au contraire significatives en faveur d'une version pondérée (Preston *et al.*, 2009) faisant plus sens pour les utilisateurs finaux et par rapport à une validation externe. Reckien *et al.* (2018) observent pour leur indice pondéré un étalement de la distribution, se traduisant par diminution des unités spatiales classées en haute vulnérabilité tout en soulignant des facteurs d'explication clé. Comme vu en chapitre 3.1, ces différences d'observations sont très probablement dues à la nature des données employées, mais plus importants encore, aux différents choix méthodologiques propres à chaque indice. **Ainsi, plus que de monter en généralité, il s'agit ici d'examiner l'apport d'une pondération à la méthode révisée de l'indice Résilience Côtière.**

La lecture de la carte comparative pour l'indice de vulnérabilité à l'érosion en 2020 montre, globalement, une vulnérabilité moindre pour la version modifiée et pondérée par rapport à la version initiale (Figure 73). La tendance est plus contrastée pour 2070, présentant à la fois des secteurs classés comme moins vulnérables ou au contraire plus vulnérables qu'initialement. La vulnérabilité est d'autant plus marquée sur les hotspots identifiés précédemment, avec l'apparition de la modalité 5 – « vulnérabilité extrême ». Les versions modifiées de l'indice, avec présence ou absence de pondération, sont davantage similaires entre elles, s'expliquant par l'usage des mêmes données en entrée. La vulnérabilité varie quelque peu sur les hotspots, mais demeure importante.

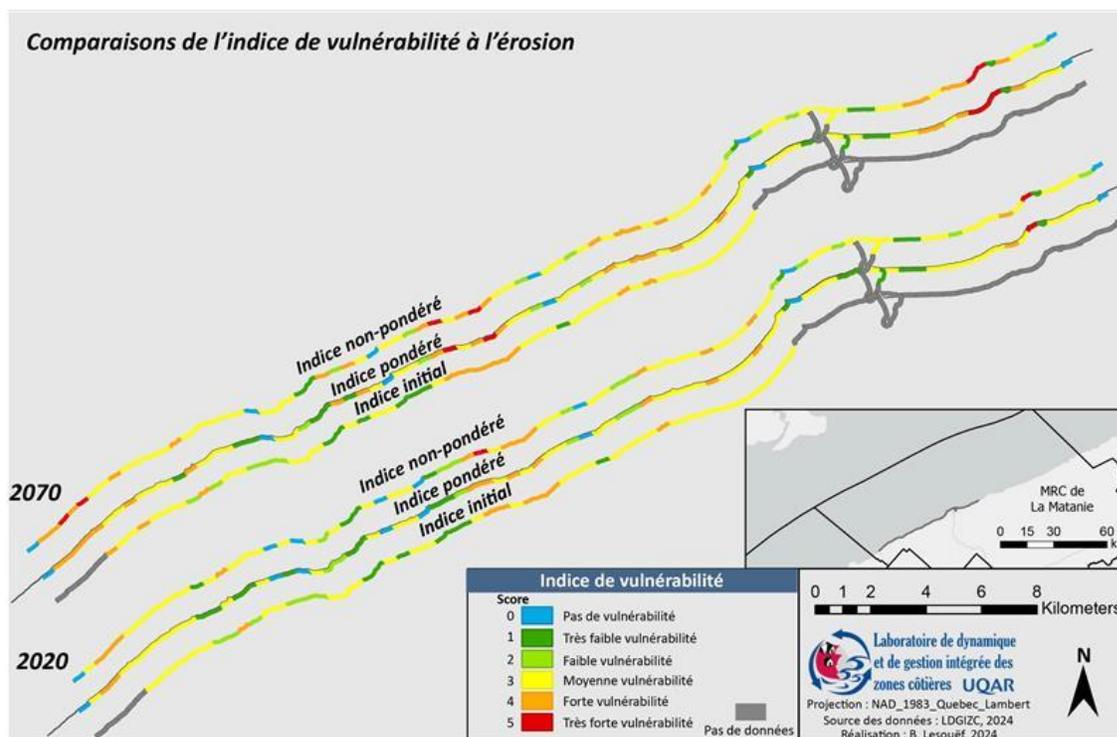


Figure 73 : Carte de variation de l'indice de vulnérabilité à l'érosion selon les choix de pondération en Matanie

La Grande Anse et le barachois restent parfaitement inchangés dans leur classification aux deux pas de temps. Les impacts sur la route 132 entre Baie-des-Sables et Saint-Ulric sont généralement catégorisés en vulnérabilité plus importante sur la version non-pondérée que pondérée. **Les variations observées ne semblent pas incohérentes en elles-mêmes, ne justifiant pas le choix d'une version par rapport à l'autre.**

L'examen des deux versions de l'indice de vulnérabilité à la submersion (Figure 74) présente une remarquable similarité, favorisée par la prédominance de la classe 0 – pas de vulnérabilité. Dans le détail, on note cependant quelques modifications mineures.

Cependant, BRC-005 a été identifié comme un *hotspot* critique de vulnérabilité par l'indice pondéré dès 2020, mais n'obtient que la classe 4 pour la version à pondération égale, et cela aux deux pas de temps. **Cette dernière observation interroge au regard des enjeux identifiés précédemment.**

**L'indice non pondéré tend à faire ressortir la diversité des enjeux exposés, tandis que l'indice pondéré met (sans surprise) l'accent sur des facteurs clés de vulnérabilité, habitants et réseaux exposés en tête.**

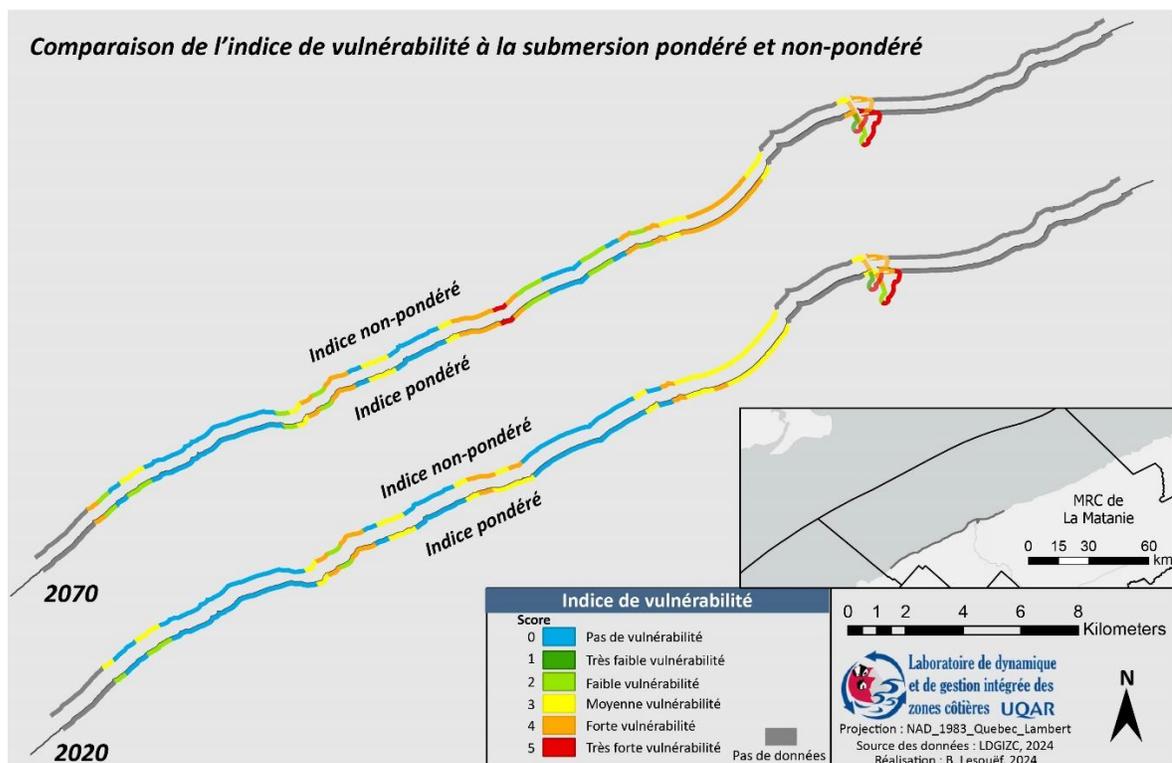


Figure 74 : Carte de variation de l'indice de vulnérabilité à la submersion selon les choix de pondération en Matanie

En examinant le tableau croisé pour l'ensemble des 8 sites (Tableau 41), il ressort une grande hétérogénéité au sein des classes 1 et 2. **Le facteur d'explication principal est la différence importante des seuils observés, tributaires d'une distribution bien différente. L'observation faite par Reckien (2018) est confirmée en partie pour l'indice Résilience Côtière modifié** : la distribution est plus étalée pour l'indice pondéré, ne présentant plus pour les enjeux l'étagement observé avec la pondération égale. Cependant, le nombre de secteurs classés en vulnérabilité extrême reste similaire.

Tableau 41 : Effectifs croisés de l'indice de vulnérabilité modifié par rapport à la version non pondérée

Pas de temps	2020		2070	
<b>Nb. secteurs de l'indice modifié en classe 0</b>	<b>108</b>		<b>94</b>	
Classification initiale des secteurs	0	108	0	94
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 1</b>	<b>17</b>		<b>14</b>	
Classification initiale des secteurs	1	8	1	6
	2	2	2	2
	3	7	3	6
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 2</b>	<b>62</b>		<b>64</b>	
Classification initiale des secteurs	1	11	1	10
	2	21	2	24
	3	30	3	30
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 3</b>	<b>105</b>		<b>82</b>	
Classification initiale des secteurs	2	4	2	3
	3	88	3	72
	4	13	4	7
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 4</b>	<b>34</b>		<b>65</b>	
Classification initiale des secteurs	3	6	3	12
	4	26	4	50
	5	2	5	3
<b>Nb. secteurs i. modifié en classe 5</b>	<b>5</b>		<b>12</b>	
Classification initiale des secteurs	4	1	4	3
	5	4	5	9
<b>Total</b>	<b>331</b>		<b>331</b>	

Le tableau des variations de classification entre les versions pondérées ou non (Annexe XVIII) souligne l'importance relative des analogues. Seule la première itération de

pondération actualisée présente un taux de correspondance supérieur. **Cependant, près d'un quart des secteurs enregistrent une différence, ce qui représente une différence significative.** Une faible part de l'effectif compte même un écart de deux classes supérieures par rapport à l'indice pondéré, s'expliquant par une différence à la fois pour les enjeux exposés et les capacités d'adaptations.

**Les arguments en faveur d'une pondération, portés en chapitres 3 et 4, se voient confirmés comme ayant un impact significatif sur le résultat de l'indice modifié.** Pour la submersion, cela se traduit par une cartographie plus pertinente au regard des impacts passés sur le barachois de Matane. Bien que la cohérence semble aussi du côté de l'indice pondéré de vulnérabilité à l'érosion, la confirmation ne peut venir que d'une validation interne. La diffusion des cartes auprès des partenaires du projet est dans ce contexte tout indiqué. Outre le résultat, l'implication des potentiels utilisateurs finaux à l'amélioration de l'indice a clairement démontré son intérêt. Cependant, l'influence spécifique de la pondération aux dires d'acteurs sur la pertinence perçue de l'indice reste à déterminer.

#### 5.3.4.5 De la validité des données en entrée : quelques considérations éthiques

Les interprétations tirées des *world cafés* comprennent une limite de subjectivité, aussi bien issue de la composition des panels (Shih & Mabon, 2021) que de l'analyse. Une considération d'ordre éthique mérite alors d'être formulée envers l'utilisation de *world cafés* pour retravailler des indices de vulnérabilité, vus comme objets-frontière (Star, 2010).

Pour rappel, la vulnérabilité est, par définition, une variable « latente » ne pouvant s'observer directement (Rufat *et al.*, 2019). Or, les cartes générées à partir des indices, si effectivement employées comme aide à la prise de décision et à la planification territoriale, ont un impact politique réel au sens de la vie de la *polis* (cité). **Les indices sont pourtant ultimement des « modélisations faibles »** (Tonmoy *et al.*, 2014), **soit des représentations.** En l'absence de méthode robuste, éprouvée pour mesurer la vulnérabilité, quelle légitimité possède le monde scientifique à désigner ce qui est vulnérable sur un territoire de ce qui ne

l'est pas ? C'est la question soulevée par Decancq & Lugo (2013) s'intéressant aux indices globaux de bien-être et aux différentes méthodes de pondération existantes. La distinction faite par les auteurs présente un intérêt pour la réflexion menée ici sur les indices de vulnérabilité. Se distinguent les approches :

- *data-driven*, c'est-à-dire basée sur la distribution des données sans jugement de valeur explicite,
- normative, à l'opposé, c'est-à-dire déduit d'un jugement de valeur sur les indicateurs et leurs interrelations,
- hybride, tentant de combiner les deux approches.

La critique des auteurs envers les approches fondées sur les données, répandues dans la littérature avec les indices à structure inductive (ex : SoVI), reprend le concept philosophique de la « Guillotine de Hume » (Hume, 1740). La logique peut se résumer ainsi : on ne peut justifier ce qui doit être (*ought*) à partir de ce qui est (*is*), soit une valeur sociétale par des faits. Transposé aux indices de vulnérabilité *data-driven*, l'importance relative accordée à tel ou tel indicateur, voire déterminer en premier lieu ce qui est pertinent à considérer comme indicateur est critiquable. La sélection des indicateurs ne peut seulement s'appuyer sur des distributions de données, aussi sophistiquées soient-elles. La notion même d'un enjeu est une construction sociale, tributaire d'un contexte et d'acteurs porteurs de valeurs. Ainsi, le jugement d'une situation comme problématique nécessitant l'action peut grandement différer d'un groupe à l'autre (Brisson & Jean, 2019).

**L'approche normative, dans laquelle s'inscrivent les indices ResCo et OSIRISC, et, par extension les ateliers *world cafés*, évitent cette « guillotine » mais ne sont pas exemptes de défauts.** En examinant une société par le prisme de valeurs d'un petit groupe d'experts, cela passe fatalement sous silence d'autres systèmes de valeurs dont les individus peuvent être porteurs. En ce sens, il s'agit d'une forme de paternalisme (Decancq et Lugo 2013). La composition du panel d'invités provenant d'horizons différents (domaine public, privé, chercheurs...) est vu comme un moyen de réduire ce biais.

Au travers des discussions, certains consensus ont pu être atteints, mais nombre d'indicateurs ont mis à jour des avis divergents, parfois très ancrés. Rapportés à la notion de valeurs, certaines semblent donc être partagées au niveau collectif, tandis que d'autres divergent fortement, aussi bien par le prisme professionnel que personnel.

Combiner un moyen d'expression collectif au travers des tables de discussions, et individuel lors du vote de pondération, offre, en ce sens, des résultats intéressants et complémentaires aux travaux de recherche quantitatifs, réalisés dans ce mémoire sous forme de méta-analyse (cf. chapitre 3). Cela est une tentative de rejoindre l'approche hybride ambitionnant de dépasser les biais des méthodes basées sur les données et normatives (Decancq et Lugo 2013).

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Le premier lot de tâches du projet ARICO visait à la co-construction d'un outil de diagnostic et suivi de la vulnérabilité systémique sur les territoires partenaires français et québécois. L'ambition de ce mémoire a été, à défaut d'un indice commun, d'œuvrer à la bonification des indices préexistants. Au regard de leurs caractéristiques respectives, des propositions d'améliorations ont été émises pour l'OSIRISC, tandis que l'indice Résilience Côtière a été extensivement retravaillé. La contribution du mémoire est double :

- pour l'acquisition des connaissances, en explorant les facteurs influençant l'impact réel des indices de vulnérabilité dans la gestion, ce qui est très peu couvert dans la littérature.
- Par l'emploi effectif des indices comme objets-frontières servant de supports de discussions entre acteurs des territoires, avec une opérationnalisation pour un indice modifié pour le Québec.

La revue de littérature par méta-analyse a mis en perspectives différents positionnements souvent repris dans les publications, sans pour autant avoir vertu de généralité. La réalisation en parallèle d'entretiens semi-dirigés avec chercheurs et acteurs désignés comme potentiels utilisateurs finaux a permis de démontrer le net contraste entre considérations tirées de la littérature et attentes locales particulières, mais également entre mondes sociaux de la recherche et de la gestion. Cependant, des positionnements analogues entre la France et le Québec ont également été observés. Deux étapes méthodologiques ont alors été ouvertes à la participation, via la tenue d'ateliers *world cafés*. Le choix des indicateurs a mis en évidence, en Matanie et au Pays Bigouden Sud, un portrait contrasté entre consensus et positions arrêtées. Le vote de pondération par budget a souligné un léger décalage entre la pertinence exprimée en groupe pour les différents indicateurs, et les positionnements individuels ; il semble plus y avoir adhésion, ou consentement plutôt que de véritables compromis. Il ressort cependant des *world cafés* un degré de convergence méthodologique entre les deux indices, mais en tension avec divergences et particularités.

L'ensemble des méthodes déployées a permis de proposer des modifications aux deux indices étudiés avec l'objectif d'en améliorer la pertinence pour les potentiels utilisateurs finaux. Cela a impliqué de se tenir au plus proche des souhaits et contributions apportées par ces derniers lors des entretiens et *world cafés*. Considérant la couverture partielle des indicateurs de l'indice OSIRISC et le caractère évolutif de l'outil, seules des recommandations ont été émises. Le travail réalisé sur l'indice Résilience côtière a permis d'intégrer l'aléa submersion marine, ainsi que l'enjeu des inégalités sociales de santé. Une révision des étapes de constructions a vu plusieurs changements significatifs :

- une emprise spatiale étendue sur la MRC de La Matanie.
- La projection de la submersion selon un modèle *bathhtub*, et l'adaptation des indicateurs à cet aléa.
- Une proposition de protocole d'enquête pour renseigner de nouveaux indicateurs de capacités d'adaptation.
- Un changement dans l'attribution des scores, introduisant la classe 0 pour supprimer un biais de surreprésentation détecté dans l'indice de vulnérabilité.
- Une nouvelle sous-agrégation additive au lieu de multiplicative, ainsi qu'une nouvelle matrice.
- Une ébauche de validation sur les étapes de pondération et discrétisation.
- La génération de nouvelles cartes de vulnérabilité, diffusées aux acteurs partenaires.

Les cartes de vulnérabilité montrent les *hotspots* de vulnérabilité aux aléas côtiers pré-identifiés par les gestionnaires, avec cependant certaines différences entre le degré de vulnérabilité exprimé et la priorisation.

**L'objectif de départ visait à démontrer la pertinence, la faisabilité et les moyens d'améliorer les deux indices de vulnérabilité selon un cadre commun. Les méthodes employées ont démontré qu'il était préférable de procéder à des améliorations distinctes, qui n'ont pas empêché certains rapprochements méthodologiques (Figure 75).**



Figure 75 : Schéma de synthèse sur les modifications apportées aux deux indices

La démarche proposée dans ce mémoire est indéniablement expérimentale. À la connaissance de l'auteur, aucune publication ne propose une amélioration croisée de deux indices de vulnérabilité systémique d'échelle locale préexistants. La méthodologie du *world café* appliquée à la (re)construction d'indices est également une approche novatrice, ne présentant que quelques analogues sous forme d'ateliers (Bixler *et al.*, 2021 ; Carter *et al.*, 2014; Fleming *et al.*, 2022; Opach *et al.*, 2020). Le travail sur les indicateurs est également exploratoire : à date, tenter de transcrire la vulgarisation scientifique en un indicateur au sein d'un indice de vulnérabilité est inédit. Il en est de même pour le concept du concernement, qu'il semble prometteur d'exploiter pour dépasser le souci d'opérationnalisation des indicateurs de représentations sociales.

Au-delà des choix critiquables effectués lors de chaque méthode employée, la présente étude admet plusieurs limites. Malgré le souhait exprimé lors des entretiens, et la volonté d'adhérer au plus proche des attentes exprimées par les potentiels utilisateurs finaux, la validation n'a pu être conduite dans les règles de l'art. Une approche statistique pour examiner la robustesse interne et le degré de corrélation avec des données d'impacts historiques aurait été souhaitable, mais exigeant en temps. La temporalité du projet de mémoire, s'achevant peu de temps après la fin du projet ARICO, limite les apports à ce dernier. La mise à jour de l'indice ResCo devra être complétée par une enquête de terrain dont les termes ont été proposés. Les apports sont pourtant déjà des plus inégaux entre les indices breton et québécois, en défaveur du premier.

Si l'importance d'arrimer le travail des scientifiques aux besoins des utilisateurs a été démontrée, **il reste à adresser la question complexe de la pertinence des deux indices pour ces derniers**. En reprenant les critères d'importance-crédibilité-légitimité théorisés par McNie (2007), il convient d'examiner si les travaux menés ont effectivement eu un impact positif :

- **Importance** : *est-ce que l'information s'inscrit dans un contexte où elle est utile, réponds à une demande, un besoin ?*

**Oui.** La transmission des cartes de vulnérabilité pour la MRC de La Matanie vient alimenter la réflexion sur l'implantation de solutions d'adaptation en cours sur le territoire. Proposer un indice de submersion répond à une demande forte de certains acteurs.

- **Crédibilité** : *est-ce que l'information transmise apparaît crédible scientifiquement ?*

**Possiblement.** Malgré la validation incomplète et les limites des changements opérés pour ResCo, l'implication des potentiels utilisateurs finaux lors des *world cafés* vient contrer l'effet « boîte noire » de la recherche par une certaine transparence.

- **Légitimité** : *est-ce que l'étude menée est vue comme libre de biais politiques, et s'insère dans les systèmes de représentations des potentiels utilisateurs finaux ?*

**Possiblement.** Les ateliers *world cafés* ont permis de mettre autour de la même table différents acteurs, sans pour autant que les rapports de force soient nécessairement connus ni que les panels soient représentatifs. Les modifications effectuées au plus proche des données collectées œuvrent pour la légitimité. Elles peuvent cependant correspondre aux représentations d'un groupe, mais pas forcément d'un autre.

**Sans qu'il soit possible de qualifier précisément l'influence des travaux sur la pertinence des indices OSIRISC et ResCo, les apports présentés semblent être positifs.**

En raison de contraintes de temps, comme souvent dans la recherche dans le domaine (Fekete, 2012), il n'a pas été possible de collecter lors d'une dernière étape les retours des potentiels utilisateurs finaux impliqués et leur éventuelle utilisation des indices. Cela pourrait faire l'objet d'un prolongement de l'analyse menée jusque-là.

Outre une poursuite des travaux, plusieurs perspectives sont à considérer. Si un indice détaillé au niveau local ne se prête pas à une transposition à un autre territoire d'étude, envisager une approche multiscalaire semble possible. Un premier indice de petite échelle (e.g. large emprise spatiale) avec un nombre réduit d'indicateurs générique peut aider à sélectionner des territoires sur lesquels développer un second indice de grande échelle (e.g. de résolution fine) s'adaptant au contexte local. Une autre approche qui pourrait être explorée est la création d'un indice de similarité selon la méthode de Chang *et al.* (2015), basée sur les méthodes déjà développées sur les territoires afin de favoriser le réseautage et les échanges d'expérience considérés de premier intérêt pour les gestionnaires. Face à des enjeux croissants et de plus en plus exposés, appuyer les acteurs locaux de manière intégrée semble être une priorité pour favoriser l'adaptation des territoires côtiers.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281.  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Ainuddin, S., Routray, J. K., & Ainuddin, S. (2015). Operational indicators for assessing vulnerability and resilience in the context of natural hazards and disasters. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 18(1),  
<https://doi.org/10.1504/IJRAM.2015.068135>
- Alber, A. (2010). Voir le son : Réflexions sur le traitement des entretiens enregistrés dans le logiciel Sonal. *Socio-logos*, 5. <https://doi.org/10.4000/socio-logos.2482>
- Anderson, C. C., Hagenlocher, M., Renaud, F. G., Sebesvari, Z., Cutter, S. L., & Emrich, C. T. (2019). Comparing index-based vulnerability assessments in the Mississippi Delta: Implications of contrasting theories, indicators, and aggregation methodologies. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 39, 101128.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101128>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies : Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1).  
<https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Armstrong, R. A. (2014). When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 34(5), Article 5. <https://doi.org/10.1111/opo.12131>
- Arsenault, E. (2016). *Évaluation du bilan sédimentaire d'un tronçon côtier entre Baie-des-Sables et Matane*, mémoire de maîtrise en géographie, Université du Québec à Rimouski, 170 p.

- Bagdanavičiūtė, I., Kelpšaitė-Rimkienė, L., Galinienė, J., & Soomere, T. (2019). Index based multi-criteria approach to coastal risk assessment. *Journal of Coastal Conservation*, 23(4), Article 4. <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. *Natural Hazards*, 64(1), 73-105. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0234-1>
- Barette, N., Vandersmissen, M.-H., & Roy, F. (2018a). *Élaboration d'un atlas interactif en ligne de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques à l'intention des acteurs locaux et régionaux*. Rapport final. OURANOS, 311 p.
- Barette, N., Vandersmissen, M.-H., Roy, F., Mercier, G., Brousseau, Y., Berthold, É., Guilbert, É., & Lalonde, B. (2018b). *Atlas web de la vulnérabilité de la population québécoise aux aléas climatiques*. Rapport de recherche. OURANOS, 290 p.
- Barnett, J., Lambert, S., & Fry, I. (2008). The Hazards of Indicators : Insights from the Environmental Vulnerability Index. *Annals of the Association of American Geographers*, 98(1), Article 1. <https://doi.org/10.1080/00045600701734315>
- Bazart, C., Blayac, T., & Rey-Valette, H. (2023). Contribution of perceptions to the acceptability of adaptation tools to sea level rise. *Climate Policy*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/14693062.2023.2273944>
- Beccari, B. (2016). A comparative analysis of disaster risk, vulnerability and resilience composite indicators. *PLoS Currents*, 8 <https://doi.org/10.1371/currents.dis.453df025e34b682e9737f95070f9b970>

- Béguin, M., & Pumain, D. (2023). Chapitre 5. Découper en classes les séries quantitatives. In *La représentation des données géographiques, 4e éd.*, p. 117-148. Armand Colin.
- Bernatchez, P., Barnett, R.L., Héту, B., Goslin, J., Béland, C., Dubé, J., Garneau, M. 2020. *Reconstitution historique des variations du niveau marin relatif et projections du niveau marin pour l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent*. 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, décembre 2020, 146 p.
- Bernatchez, P., Boucher-Brossard, G., & Sigouin-Cantin, M. (2012). *Contribution des archives à l'étude des événements météorologiques et géomorphologiques causant des dommages aux côtes du Québec maritime et analyse des tendances, des fréquences et des temps de retour des conditions météo-marines extrêmes*, 140 p. LDGIZC-UQAR.
- Bernatchez, P., & Dubois, J.-M. M. (2004). Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien. *Géographie physique et Quaternaire*, 58(1), p. 45-71. <https://doi.org/10.7202/013110ar>
- Bernatchez, P., Fraser, C., & Lefaiivre, D. (2008). Effets des structures rigides de protection sur la dynamique des risques naturels côtiers : Érosion et submersion. *Proceedings of the 4th Canadian Conference on Geohazards : From Causes to Management*, 594 p.
- Beroutchachvili, N., & Bertrand, G. (1978). Le géosystème ou «système territorial naturel». *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Sud-Ouest Européen*, 49(2), <https://doi.org/10.3406/rgpso.1978.3548>

- Bertoldo, R., Guignard, S., Dias, P., & Schleyer-Lindenmann, A. (2021). Coastal inconsistencies : Living with and anticipating coastal flood risks in southern France. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 64, 102521. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102521>
- Beuret, J.-E. (2012). Mieux définir la concertation : Du pourquoi au comment. *Négociations*, 17(1).
- Bicket, M., & Vanner, R. (2016). Designing Policy Mixes for Resource Efficiency : The Role of Public Acceptability. *Sustainability*, 8(4), 366. <https://doi.org/10.3390/su8040366>
- Biglietti, T. (2022). *Cartographie des infrastructures routières exposées aux risques côtiers dans le Finistère (29) : Notice Méthodologique*, rapport de stage de master, Université de Bretagne Occidentale, 34 p.
- Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 7(1), p. 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.04.002>
- Birkmann, J. (2013). Data, indicators and criteria for measuring vulnerability : Theoretical bases and requirements. In *Measuring vulnerability to natural hazards : Towards disaster resilient societies*, p. 80-106. UN University Press,. <https://digitallibrary.un.org/record/587074>
- Bixler, R. P., Yang, E., Richter, S. M., & Coudert, M. (2021). Boundary crossing for urban community resilience : A social vulnerability and multi-hazard approach in Austin, Texas, USA. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 66, 102613. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102613>

- Blackburn, S., Pelling, M., & Marques, C. (2019). Megacities and the Coast : Global Context and Scope for Transformation. In *Coasts and Estuaries*, p. 661-669. Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814003-1.00038-1>
- Blaise, E. (2017). *Etude des dynamiques du trait de côte de la région Bretagne à différentes échelles spatio-temporelles*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne occidentale, Brest. (p. 297) <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01563652>
- Blay, M. (2006). *Dictionnaire des concepts philosophiques* (Larousse, CNRS Editions).
- Bohman, A., Neset, T.-S., Opach, T., & Rød, J. K. (2015). Decision support for adaptive action – assessing the potential of geographic visualization. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58(12).  
<https://doi.org/10.1080/09640568.2014.973937>
- Boruff, B. J., Emrich, C., & Cutter, S. L. (2005). Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties. *Journal of Coastal Research*, (215).  
<https://doi.org/10.2112/04-0172.1>
- Bottomley, P., Doyle, J., & Green, R. (2000). Testing the Reliability of Weight Elicitation Methods : Direct Rating Versus Point Allocation. *Journal of Marketing Research - J MARKET RES-CHICAGO*, 37, p. 508-513.  
<https://doi.org/10.1509/jmkr.37.4.508.18794>
- Bouland, S. (2018). *Indices systémiques de vulnérabilité côtière et implémentation dans une interface Web – SIG*, Mémoire de master, Institut Universitaire Européen de Mer et École nationale des travaux publics de l'État, 76 p.

- Bousquet, F., Rocle, N., Rey-Valette, H., Meur-Ferec, C., Vye, D., Lautrédou-Audouy, N., Amalric, M., Blanchet, L., Lyser, S., Blondy, C., & Becu, N. (2021). Une exploration interdisciplinaire des liens entre relation au lieu et concernement. À propos des risques fluviaux et côtiers en France métropolitaine. *Natures Sciences Sociétés*, 29(2), p. 141-158. <https://doi.org/10.1051/nss/2021038>
- Boyer-Villemaire, U., Lamari, M., Bernatchez, P., Jacob, J., & Nouwodjro, K. (2015). *Analyse institutionnelle de la trajectoire d'adaptation aux changements climatiques dans le Québec maritime*, p. 77-126. <https://doi.org/10.2307/j.ctt1f11793.9>
- Bradley, A. T., & Hewitt, I. J. (2024). Tipping point in ice-sheet grounding-zone melting due to ocean water intrusion. *Nature Geoscience*, 17(7), p. 631-637. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01465-7>
- Breil, M., Downing, C., Kazmierczak, A., Mäkinen, K., & Romanovska, L. (2018). *Social vulnerability to climate change in European cities—State of play in policy and practice*. European Topic Centre on Climate Change impacts, Vulnerability and Adaptation (ETC/CCA). *Technical paper 2018/1*. [https://doi.org/10.25424/CMCC/SOCVUL\\_EUROPCITIES](https://doi.org/10.25424/CMCC/SOCVUL_EUROPCITIES)
- Brewer, C. A., & Pickle, L. (2002). Evaluation of Methods for Classifying Epidemiological Data on Choropleth Maps in Series. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(4), p. 662-681. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.00310>
- Brisson, G., & Jean, V. (2019). *Exploration conceptuelle de la notion d'enjeu et de quelques termes apparentés : Projet de recherche ATISÉE (analyse territoriale des impacts*

- sociaux au sein de l'évaluation environnementale*), Université du Québec à Rimouski  
19p.
- Brown, J., & Isaacs, D. (2005). *The World Café: Shaping Our Futures Through Conversations That Matter*. Berrett-Koehler Publishers, 264 p.
- Brunet, P. (2008). De l'usage raisonné de la notion de « concernement » : Mobilisations locales à propos de l'industrie nucléaire. *Natures Sciences Sociétés*, 16(4), p. 317-325. <https://doi.org/10.1051/nss/2008062>
- Bukvic, A., Rohat, G., Apotsos, A., & De Sherbinin, A. (2020). A Systematic Review of Coastal Vulnerability Mapping. *Sustainability*, 12(7), 2822. <https://doi.org/10.3390/su12072822>
- Burkett, V. R. (2013). Coping Capacity. In P. T. Bobrowsky (Éd.), *Encyclopedia of Natural Hazards*, p. 119-121. Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4\\_75](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_75)
- Caillaud, S., & Flick, U. (2016). Triangulation méthodologique. Ou comment penser son plan de recherche. In *Les représentations sociales. Théories, méthodes et applications*, Editions de Boeck, p. 227-240. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01563878>
- Cardona, O. D., Hurtado, J. E., Chardon, A. C., Moreno, A. M., Prieto, S. D., Velásquez, L. S., & Duque, G. (2005). *Indicators of disaster risk and risk management : Program for Latin America and the Caribbean*, 49 p. <https://publications.iadb.org/en/publication/11419/indicators-disaster-risk-and-risk-management-program-latin-america-and-caribbean>

- Carter, T. R., Fronzek, S., Inkinen, A., Lahtinen, I., Lahtinen, M., Mela, H., O'Brien, K. L., Rosentrater, L. D., Ruuhela, R., Simonsson, L., & Terama, E. (2014). Characterising vulnerability of the elderly to climate change in the Nordic region. *Regional Environmental Change*, *16*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0688-7>
- Cash, D., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N., Eckley, N., & Jäger, J. (2003). Saliency, Credibility, Legitimacy and Boundaries: Linking Research, Assessment and Decision Making. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.372280>
- CC PBS. (s. d.). *Quelques chiffres > Communauté de communes du Pays Bigouden Sud*. Communauté de communes du Pays Bigouden Sud. Consulté le 10 septembre 2024, à l'adresse <https://www.ccpbs.fr/rubrique-ccpbs/pays-bigouden-sud/quelques-chiffres/>
- Chambers, R. (1994). The origins and practice of participatory rural appraisal. *World Development*, *22*(7), Article 7. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(94\)90141-4](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90141-4)
- 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. *Natural Hazards*, *78*(3). <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1803-x>
- Chhetri, P., Corcoran, J., Gekara, V., Maddox, C., & McEvoy, D. (2015). Seaport resilience to climate change: Mapping vulnerability to sea-level rise. *Journal of Spatial Science*, *60*(1). <https://doi.org/10.1080/14498596.2014.943311>
- Church, J. A., & White, N. J. (2011). Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century. *Surveys in Geophysics*, *32*(4), p. 585-602. <https://doi.org/10.1007/s10712-011-9119-1>

- Cloutier, G., & Guillou, E. (2024). *Fiche de synthèse du projet ARICO tâche 3.2 : Aspects psychosociaux de l'adaptation*.
- Coanus, T., Duchêne, F., & Martinais, E. (2007). L'industrie chimique et ses riverains : Une relation ambivalente. *Les annales des Mines, Responsabilité & environnement*, p. 68-76.
- Corbin, A. (1988). *Le territoire du vide : L'occident et le désir de rivage*. Flammarion.
- Corlay, J.-P. (1995). *Géographie sociale, géographie du littoral*.  
<https://doi.org/10.3406/noroi.1995.6623>
- Cousineau, P. A. (1998). Large-scale liquefaction and fluidization in the Cap Chat Mélange, Quebec Appalachians. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 35(12), 1408-1422.  
<https://doi.org/10.1139/e98-076>
- Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4). <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>
- Cutter, S. L. (2016). The landscape of disaster resilience indicators in the USA. *Natural Hazards*, 80(2). <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1993-2>
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2). <https://www.jstor.org/stable/42955868>
- d'Albergo, E., & Lefèvre, C. (2018). Constructing metropolitan scales : Economic, political and discursive determinants. *Territory, Politics, Governance*, 6(2).  
<https://doi.org/10.1080/21622671.2018.1459203>
- Davidson-Arnott, R. (2010). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*.

- De Jesús, P., Olivos-Jara, P., & Navarro, O. (2022). Place Identity and Traumatic Experiences in the Context of Wildfires. *Sustainability*, 14(18), 11332. <https://doi.org/10.3390/su141811332>
- Deb, S. (2015). The Human Development Index and Its Methodological Refinements. *Social Change*, 45(1), p. 131-136. <https://doi.org/10.1177/0049085714561937>
- de Brito, M. M., Evers, M., & Almoradie, A. D. S. (2018). Participatory flood vulnerability assessment : A multi-criteria approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(1). <https://doi.org/10.5194/hess-22-373-2018>
- Decancq, K., & Lugo, M. A. (2013). Weights in Multidimensional Indices of Wellbeing : An Overview. *Econometric Reviews*, 32(1), p. 7-34. <https://doi.org/10.1080/07474938.2012.690641>
- de Groot-Reichwein, M. A. M., van Lammeren, R. J. A., Goosen, H., Koekoek, A., Bregt, A. K., & Vellinga, P. (2018). Urban heat indicator map for climate adaptation planning. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 23(2). <https://doi.org/10.1007/s11027-015-9669-5>
- Delaney, J. T., Bouska, K. L., Eash, J. D., Heglund, P. J., & Allstadt, A. J. (2021). Mapping climate change vulnerability of aquatic-riparian ecosystems using decision-relevant indicators. *Ecological Indicators*, 125, 107581. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107581>
- Depietri, Y., Dahal, K., & McPhearson, T. (2018). Multi-hazard risks in New York City. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(12), p. 3363-3381. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-3363-2018>

- 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). <https://doi.org/10.3406/rga.1994.3776>
- Dionne, J.-C., & Coll, D. (1995). Le niveau marin relatif dans la région de Matane (Québec), de la déglaciation à nos jours. *Géographie physique et Quaternaire*, 49(3), p. 363-380. <https://doi.org/10.7202/033060ar>
- 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, août 2018, 96 p.
- Drejza, S., Bernatchez, P., Marie, G., & 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., Friesinger, S. et Bernatchez, P. (2014). Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire et exposition des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion, Est du Québec, **Volume I, Projet X008.1**. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, mars 2014, 226 p. + annexes.

- 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.
- Dupont, C., Marchand, G., Carrión Marco, Y., Desse-Berset, N., Gaudin, L., Gruet, Y., Marguerie, D., & Oberlin, C. (2010). Beg-an-Dorchenn (Plomeur, Finistère) : Une fenêtre ouverte sur l'exploitation du littoral par les peuples mésolithiques du VI<sup>e</sup> millénaire dans l'Ouest de la France. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 107(2), p. 227-290. <https://doi.org/10.3406/bspf.2010.13929>
- Ebodé, V. B., Onguéné, R., Marie, G., Enoto, M. G., P. Eloumela, B. M., Obenebangha, L. B., & Douhonang, T. (2025). Vulnerability of populations to flooding and marine submersion in the Wouri estuary (Cameroon), in the context of climate change. *Estuaries and Coasts*. 48(28). <https://doi.org/10.1007/s12237-024-01446-4>
- El-Zein, A., Ahmed, T., & Tonmoy, F. (2021). Geophysical and social vulnerability to floods at municipal scale under climate change : The case of an inner-city suburb of Sydney. *Ecological Indicators*, 121, 106988. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106988>
- Eriksen, S. H., & Kelly, P. M. (2007). Developing Credible Vulnerability Indicators for Climate Adaptation Policy Assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(4), 495-524. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-3460-6>

- Fekete, A. (2009). Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(2).  
<https://doi.org/10.5194/nhess-9-393-2009>
- Fekete, A. (2012). Spatial disaster vulnerability and risk assessments : Challenges in their quality and acceptance. *Natural Hazards*, 61(3).  
<https://doi.org/10.1007/s11069-011-9973-7>
- Fekete, A. (2019). Social Vulnerability (Re-)Assessment in Context to Natural Hazards : Review of the Usefulness of the Spatial Indicator Approach and Investigations of Validation Demands. *International Journal of Disaster Risk Science*, 10(2).  
<https://doi.org/10.1007/s13753-019-0213-1>
- Fenneteau, H. (2015). *L'enquête : Entretien et questionnaire* (3e éd). Dunod. 126 p.
- Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R., & White, L. L. (2014). Summary for policymakers. In *Climate Change 2014 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 32 p. Cambridge University Press.
- Fleming, C. S., Regan, S. D., Freitag, A., & Burkart, H. (2022). Indicators and participatory processes : A framework for assessing integrated climate vulnerability and risk as applied in Los Angeles County, California. *Natural Hazards*.  
<https://doi.org/10.1007/s11069-022-05628-w>

- Ford, J. D., Keskitalo, E. C. H., Smith, T., Pearce, T., Berrang-Ford, L., Duerden, F., & Smit, B. (2010). Case study and analogue methodologies in climate change vulnerability research. *WIREs Climate Change*, *1*(3), p. 374-392. <https://doi.org/10.1002/wcc.48>
- Ford, J. D., Pearce, T., McDowell, G., Berrang-Ford, L., Sayles, J. S., & Belfer, E. (2018). Vulnerability and its discontents : The past, present, and future of climate change vulnerability research. *Climatic Change*, *151*(2).  
<https://doi.org/10.1007/s10584-018-2304-1>
- Fortin, J.-C., & Lechasseur, A. (Éds.). (1993). *Histoire du Bas-Saint-Laurent* (Vol. 5). Institut québécois de recherche sur la culture. 863 p.
- Fouché, C., & Light, G. (2011). An Invitation to Dialogue : ‘The World Café’ In Social Work Research. *Qualitative Social Work*, *10*(1), 28-48.  
<https://doi.org/10.1177/1473325010376016>
- Foudriat, M. (2014). La co-construction : Une option managériale pour les chefs de service. In *Le management des chefs de service dans le secteur social et médico-social*, p. 229-250. Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.delal.2014.01.0229>
- Franco-Torres, M., Rogers, B. C., & Ugarelli, R. M. (2020). A framework to explain the role of boundary objects in sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, *36*, p. 34-48. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.04.010>
- 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, décembre 2021, 106 p.
- Freeman, G. H., & Halton, J. H. (1951). Note on an exact treatment of contingency, goodness of fit and other problems of significance. *Biometrika*, 38(1-2).
- Frigerio, I., Ventura, S., Strigaro, D., Mattavelli, M., De Amicis, M., Mugnano, S., & Boffi, M. (2016). A GIS-based approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy. *Applied Geography*, 74, p. 12-22.  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.06.014>
- Fuchs, S., Kuhlicke, C., & Meyer, V. (2011). Editorial for the special issue : Vulnerability to natural hazards—the challenge of integration. *Natural Hazards*, 58(2).  
<https://doi.org/10.1007/s11069-011-9825-5>
- Füssel, H.-M. (2007). Vulnerability : A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17(2).  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002>
- Gagnon, A. (1984). *Histoire de Matane : 1677-1977 : Tricentenaire de la seigneurie* (2nd ed.). Impression des Associés.
- Gallopín, G. C. (1997). Indicators and Their Use : Information for Decision-making. Part One-Introduction. In *Sustainability Indicators. A Report on the Project on Indicators of Sustainable Development*, Wiley, p. 13-27.
- Gallopín, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), p. 293-303.  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>

- Gamache, P., Hamel, D., & Blaser, C. (2019). *L'indice de défavorisation matérielle et sociale* INSPQ, 16 p..
- Gargiulo, C., Battarra, R., & Tremitterra, M. R. (2020). Coastal areas and climate change : A decision support tool for implementing adaptation measures. *Land Use Policy*, 91, 104413. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104413>
- GéoLittoral. (2022). *Indicateur national de l'érosion côtière : Accès aux données*. GéoLittoral. [consulté le 20 janvier 2025] <https://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/indicateur-national-de-l-erosion-cotiere-acces-aux-a1512.html>
- Gibson, F. L., Rogers, A. A., Smith, A. D. M., Roberts, A., Possingham, H., McCarthy, M., & Pannell, D. J. (2017). Factors influencing the use of decision support tools in the development and design of conservation policy. *Environmental Science & Policy*, 70, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.01.002>
- Gornitz, V. (1991). Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 89(4). [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90173-O](https://doi.org/10.1016/0031-0182(91)90173-O)
- Gornitz, V., Beaty, T., & Daniels, R. (1997). *A Coastal Hazards Data Base for the U.S. West Coast (1997) (NDP-043C)* [Jeu de données]. <https://doi.org/10.3334/CDIAC/SSR.NDP043C>
- Gouvernement du Canada, S. C. (2022). *Chiffres de population et des logements : Canada et subdivisions de recensement (municipalités)*. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=9810000201>

- Guilcher, A. (1948). Le relief de la Bretagne méridionale de la baie de Douarnenez à la Vilaine. Thèse de doctorat en Géomorphologie, université de paris. <https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/tel-03126756>
- Guilcher, A., & Hallégouët, B. (1991). Coastal Dunes in Brittany and Their Management. *Journal of Coastal Research*, 7(2), p. 517-533.
- Guyon, L. (2021). *Analyse comparée de la gestion des risques côtiers en France et au Québec*, mémoire de master, Institut Universitaire Européen de la Mer, 109 p. (non publié)
- Han, G., Ma, Z., Chen, N., Thomson, R., & Slangen, A. (2015). Changes in Mean Relative Sea Level around Canada in the Twentieth and Twenty-First Centuries. *Atmosphere-Ocean*, 53(5), p. 452-463. <https://doi.org/10.1080/07055900.2015.1057100>
- Heink, U., Marquard, E., Heubach, K., Jax, K., Kugel, C., Neßhöver, C., Neumann, R. K., Paulsch, A., Tilch, S., Timaeus, J., & Vandewalle, M. (2015). Conceptualizing credibility, relevance and legitimacy for evaluating the effectiveness of science–policy interfaces : Challenges and opportunities. *Science and Public Policy*, 42(5), p. 676-689. <https://doi.org/10.1093/scipol/scu082>
- Heinzlef, C., Lamaury, Y., & Serre, D. (2024). Improving climate change resilience knowledge through a gaming approach : Application to marine submersion in the city of Punaauia, Tahiti. *Environmental Advances*, 15, 100467. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100467>
- 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. *Natures Sciences Sociétés*, 21(4).  
<https://doi.org/10.1051/nss/2014002>
- Hénaff, A., & Le Berre, I. I. (2003). Fonctionnement hydro-sédimentaire et artificialisation du littoral. Le cas de la côte occidentale du Finistère. *Les Cahiers Nantais*, 59.
- Hénaff, A., Vliet-Lanoe, B. V., Delacourt, C., Goslin, J., Hallégouët, B., & Penaud, A. (2015). Enregistrement stratigraphique de l'holocène en baie d'Audierne : Impact morphologique des tempêtes. *Quaternaire*, vol. 26/2, p. 87-104.  
<https://doi.org/10.4000/quaternaire.7189>
- Hinkel, J. (2011). "Indicators of vulnerability and adaptive capacity": Towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*, 21(1), p. 198-208. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>
- Hoque, M. A.-A., Ahmed, N., Pradhan, B., & Roy, S. (2019). Assessment of coastal vulnerability to multi-hazardous events using geospatial techniques along the eastern coast of Bangladesh. *Ocean & Coastal Management*, 181, 104898.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104898>
- Hume, D. (1740). *A Treatise of Human Nature*. <https://philpapers.org/rec/HUMHN>
- Info Ressource. (2019). *MRC de La Matanie 2019*, Rapport de synthèse remis à la MRC de la Matanie, 46 p.
- INSEE. (2024). *Dossier complet—Intercommunalité-Métropole de CC du Pays Bigouden Sud (242900702)*, 39 p.
- Institut de la statistique du Québec. (2021). *Estimations de la population des MRC, Québec, 1<sup>er</sup> juillet 1996 à 2021*. Institut de la Statistique du Québec.

- Institut de la statistique du Québec. (2024). *Principaux indicateurs sur le Québec et ses régions*. Institut de la statistique du Québec.
- Ivčević, A., Mazurek, H., Siame, L., Ben Moussa, A., & Bellier, O. (2019). Indicators in risk management : Are they a user-friendly interface between natural hazards and societal responses? Challenges and opportunities after UN Sendai conference in 2015. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 41, 101301. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101301>
- Jabbar, M. (2016). *Dynamiques morpho-sédimentaires des avant-plages et impact sur les stocks sableux : Vers une meilleure stratégie de gestion des risques côtiers*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne occidentale - Brest. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01532463>
- Jacob, J., Valois, P., & Tessier, M. (2022). Development and validation of an index to measure progress in adaptation to climate change at the municipal level. *Ecological Indicators*, 135, 108537. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108537>
- James, T. S., Robin, C., Henton, J. A., & Craymer, M. (2021). *Relative sea-level projections for Canada based on the IPCC Fifth Assessment Report and the NAD83v70VG national crustal velocity model* (8764; p. 8764). <https://doi.org/10.4095/327878>
- Janssen, M. A., & Ostrom, E. (2006). Resilience, vulnerability, and adaptation : A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. *Global Environmental Change*, 16(3). <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.003>

- Jelinski, D., & Wu, J. (1996). The Modifiable Areal Unit Problem and Implications for Landscape Ecology. *Landscape Ecology*, *11*, p. 129-140.  
<https://doi.org/10.1007/BF02447512>
- Jones, R. N., Patwardhan, A., Cohen, S. J., Dessai, S., Lammel, A., Lempert, R. J., Mirza, M. M. Q., & von Storch, H. (2014). Foundations for decision making. In *Climate Change 2014 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 34 p.
- Jones, S. A., Fischhoff, B., & Lach, D. (1999). Evaluating the science-policy interface for climate change research. *Climatic Change*, *43*(3), 18.
- Jouan-Flahault, C., Casset-Semanaz, F., & Minini, P. (2004). Du bon usage des tests dans les essais cliniques. *M/S : médecine sciences*, *20*(2).
- Juhola, S., & Kruse, S. (2015). A framework for analysing regional adaptive capacity assessments : Challenges for methodology and policy making. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *20*(1).  
<https://doi.org/10.1007/s11027-013-9481-z>
- Jurgilevich, A., Räsänen, A., Groundstroem, F., & Juhola, S. (2017). A systematic review of dynamics in climate risk and vulnerability assessments. *Environmental Research Letters*, *12*(1), 013002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5508>
- Kazmierczak, A., Cavan, G., Connelly, A., Lindley, S., Scotland, Scottish Government, & APS Group Scotland. (2015). *Mapping flood disadvantage in Scotland 2015 : Final report to the Scottish Government*.

- Kervern, G.-Y. (1995). *Éléments fondamentaux des cindyniques* (Economica).  
<https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/elements-fondamentaux-des-cindyniques-9782717827569/>
- Khan, S. (2012). Vulnerability assessments and their planning implications : A case study of the Hutt Valley, New Zealand. *Natural Hazards*, 64(2).  
<https://doi.org/10.1007/s11069-012-0327-x>
- Klein, R., & Moehner, A. (2011). The Political Dimension of Vulnerability : Implications for the Green Climate Fund. *IDS Bulletin*, 42, p. 15-22. <https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.2011.00218.x>
- Komendantova, N., Mrzyglocki, R., Mignan, A., Khazai, B., Wenzel, F., Patt, A., & Fleming, K. (2014). Multi-hazard and multi-risk decision-support tools as a part of participatory risk governance : Feedback from civil protection stakeholders. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 8, p. 50-67.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2013.12.006>
- Kontogianni, A., Damigos, D., Kyrtzoglou, T., Tourkolias, C., & Skourtos, M. (2019). Development of a composite climate change vulnerability index for small craft harbours. *Environmental Hazards*, 18(2).  
<https://doi.org/10.1080/17477891.2018.1512469>
- Krien, N., & Guillou, E. (2018). Préservation d'une image positive de soi dans un cadre de vie « à risque ». *Pratiques Psychologiques*, 24(1), p. 49-63.  
<https://doi.org/10.1016/j.prps.2017.03.005>

- Krishnamurthy, P. K., Fisher, J. B., & Johnson, C. (2011). Mainstreaming local perceptions of hurricane risk into policymaking : A case study of community GIS in Mexico. *Global Environmental Change*, 21(1).  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.09.007>
- Kron, W. (2013). Coasts : The high-risk areas of the world. *Natural Hazards*, 66(3), 1363-1382. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0215-4>
- Lageat, Y., Hénaff, A., & Ravier, É. (2019). « Délits d'eau » et « volements de sables », les « offensives éoliennes » sur les côtes bretonnes au XVIIIème siècle. *Physio-Géo*, Volume 14, p. 147-169. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.9110>
- Lami, T., & Philippe, M. (2020). *Fiches indicateurs et indices—Projets OSIRISC et OSIRISC+*, 66 p.
- Lawrence Neuman, W. (2014). *Social research methods : Qualitative and quantitative approaches* (7. ed., Pearson new internat. ed). Pearson.
- Le Berre, I., Meur-Ferec, C., Cuq, V., Guillou, E., Lami, T., Le Dantec, N., Letortu, P., Lummert, C., Philippe, M., Rouan, M., Noûs, C., & Hénaff, A. (2022). Systemic vulnerability of coastal territories to erosion and marine flooding : A conceptual and methodological approach applied to Brittany (France). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 78, 103122. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103122>
- Lei, Y., Wang, J., Yue, Y., Zhou, H., & Yin, W. (2014). Rethinking the relationships of vulnerability, resilience, and adaptation from a disaster risk perspective. *Natural Hazards*, 70(1), p. 609-627. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0831-7>

- Leigh Star, S. (2010). This is Not a Boundary Object : Reflections on the Origin of a Concept. *Science, Technology, & Human Values*, 35(5), p. 601-617. <https://doi.org/10.1177/0162243910377624>
- Leone, F., Meschinet de Richemond, N., & Freddy, V. (2010). *Aléas naturels et gestion des risques* (PUF). Presses Universitaires de France, Paris. 328 p.
- Les Brisants. (2020, décembre 29). *Les 10 des plus grands ports de pêche de la façade Atlantique en 2021*. Les Brisants. [consulté le 20 janvier 2025] <https://les-brisants.fr/sorties/top-10-ports-de-peche-france/>
- Lima, C. O., & Bonetti, J. (2020). Bibliometric analysis of the scientific production on coastal communities' social vulnerability to climate change and to the impact of extreme events. *Natural Hazards*, 102(3). <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03974-1>
- Löhr, K., Weinhardt, M., & Sieber, S. (2020). The “World Café” as a Participatory Method for Collecting Qualitative Data. *International Journal of Qualitative Methods*, 19, 1609406920916976. <https://doi.org/10.1177/1609406920916976>
- Lowenstein-Barkai, H., & Lev-on, A. (2022). News videos consumption in an age of new media : A comparison between adolescents and adults. *Journal of Children and Media*, 16(1), p. 78-94. <https://doi.org/10.1080/17482798.2021.1915831>
- Maden, P. (2022). *Construction d'une frise chrono-systémique du processus de la vulnérabilité systémique de la commune de Penmarc'h, Pays Bigouden Sud, France*. Mémoire de maitrise en Géographie, Université du Québec à Rimouski.

- Malone, E. L., & Engle, N. L. (2011). Evaluating regional vulnerability to climate change : Purposes and methods. *WIREs Climate Change*, 2(3), p. 462-474. <https://doi.org/10.1002/wcc.116>
- Marie, G., Bernatchez, P., Dugas, S., Fraser, C., & 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 [ESRI Shapefile]*.
- Marie, G., Bernatchez, P., Fraser, C., Touchette, M., Papageorges, S., Coulombe, D., Arsenault, E., Friesinger, S., Sauvé, P. et Lapointe-St-Pierre, M., (2017). 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, novembre 2017, 114 p.
- Markham, S. K., Green, S. G., & Basu, R. (1991). Champions and antagonists : Relationships with r&d project characteristics and management. *Journal of Engineering and Technology Management*, 8(3-4). [https://doi.org/10.1016/0923-4748\(91\)90012-G](https://doi.org/10.1016/0923-4748(91)90012-G)
- Markphol, A., Kittitornkool, J., Armitage, D., & Chotikarn, P. (2021). An integrative approach to planning for community-based adaptation to sea-level rise in Thailand. *Ocean & Coastal Management*, 212, 105846. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105846>

- Mason, K., Lindberg, K., Haenfling, C., Schori, A., Marsters, H., Read, D., & Borman, B. (2021). Social Vulnerability Indicators for Flooding in Aotearoa New Zealand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/ijerph18083952>
- McIntosh, R. D., & Becker, A. (2019). Expert evaluation of open-data indicators of seaport vulnerability to climate and extreme weather impacts for U.S. North Atlantic ports. *Ocean & Coastal Management*, 180, 104911. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104911>
- Mclaughlin, S., & Cooper, J. A. G. (2010). A multi-scale coastal vulnerability index : A tool for coastal managers? *Environmental Hazards*, 9(3). <https://doi.org/10.3763/ehaz.2010.0052>
- McNie, E. C. (2007). Reconciling the supply of scientific information with user demands : An analysis of the problem and review of the literature. *Environmental Science & Policy*, 10(1), p. 17-38. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2006.10.004>
- Mentaschi, L., Vousdoukas, M. I., Pekel, J.-F., Voukouvalas, E., & Feyen, L. (2018). Global long-term observations of coastal erosion and accretion. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30904-w>
- Mericskay, B. (2011). Les Sig et la cartographie à l'ère du géoweb. Vers une nouvelle génération de Sig participatifs. *L'Espace géographique*, 40(2). <https://doi.org/10.3917/eg.402.0142>
- Meur-Ferec, C., Berre, I. L., Cocquempot, L., Guillou, É., Henaff, A., Lami, T., Dantec, N. L., Letortu, P., Philippe, M., & Noûs, C. (2020). Une méthode de suivi de la

vulnérabilité systémique à l'érosion et la submersion marines. *Développement durable et territoires*, Vol. 11, n°1.  
<https://doi.org/10.4000/developpementdurable.16731>

Meur-Férec, C., Deboudt, P., & Morel, V. (2008). Coastal Risks in France : An Integrated Method for Evaluating Vulnerability. *Journal of Coastal Research*, 24(sp2), p. 178-189. <https://doi.org/10.2112/05-0609.1>

Meur-Férec, C., & Morel, V. (2004). L'érosion sur la frange côtière : Un exemple de gestion des risques. *Natures Sciences Sociétés*, 12(3). <https://doi.org/10.1051/nss:2004038>

Mfoumeyeng Enoto, G. (2022). *Vulnérabilité à l'érosion côtière du nord de l'île de Manoka et mesures d'adaptation*. Mémoire de master, Université de Douala, 103 p.

Mocaer, A., Guillou, E., & Chouinard, O. (2021). The social construction of coastal risks in two different cultural contexts : A study of marine erosion and flooding in France and Canada. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 66, 102635. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102635>

Moreira, L. L., De Brito, M. M., & Kobiyama, M. (2021). Effects of Different Normalization, Aggregation, and Classification Methods on the Construction of Flood Vulnerability Indexes. *Water*, 13(1), 98. <https://doi.org/10.3390/w13010098>

Morgan, M. G. (2014). Use (and abuse) of expert elicitation in support of decision making for public policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(20). <https://doi.org/10.1073/pnas.1319946111>

Morin, M. (2008). *Concepts de base en sécurité civile*. Sécurité civile Québec. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/1825603>

- Mörner, N.-A., & Finkl, C. W. (2019). Coastal Erosion. In C. W. Finkl & C. Makowski (Éds.), *Encyclopedia of Coastal Science*, Springer International Publishing, p. 444-451. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93806-6\\_373](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93806-6_373)
- MRC La Matanie. (2021). *Schéma d'aménagement et de développement* (p. 393). MRC La Matanie.
- Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, *18*(1). <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>
- Mustafa, D., Ahmed, S., Saroch, E., & Bell, H. (2011). Pinning down vulnerability : From narratives to numbers. *Disasters*, *35*(1), p. 62-86. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2010.01193.x>
- Nelson, R., Kokic, P., Crimp, S., Martin, P., Meinke, H., Howden, S. M., de Voil, P., & Nidumolu, U. (2010). The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change : Part II—Integrating impacts with adaptive capacity. *Environmental Science & Policy*, *13*(1). <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.09.007>
- Nelson, R., Kokic, P., Elliston, L., & King, J.-A. (2005). Structural adjustment—A vulnerability index for Australian broadacre agriculture. *Australian Commodities*, *12*, p. 171-179.
- Nguyen, T. 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 & Coastal Management*, 123, 18-43. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.022>
- Noble, H., & Heale, R. (2019). Triangulation in research, with examples. *Evidence Based Nursing*, 22(3). <https://doi.org/10.1136/ebnurs-2019-103145>
- o'keefe, P., Westgate, K., & Wisner, B. (1976). Taking the Naturalness out of Natural Disasters. *Nature*, 260. <https://doi.org/10.1038/260566a0>
- Opach, T., Glaas, E., Hjerpe, M., & Navarra, C. (2020). Vulnerability Visualization to Support Adaptation to Heat and Floods : Towards the EXTRA Interactive Tool in Norrköping, Sweden. *Sustainability*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/su12031179>
- Opach, T., & Rød, J. K. (2013). Cartographic Visualization of Vulnerability to Natural Hazards. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 48(2). <https://doi.org/10.3138/carto.48.2.1840>
- Oulahen, G., Mortsch, L., Tang, K., & Harford, D. (2015). Unequal Vulnerability to Flood Hazards : “Ground Truthing” a Social Vulnerability Index of Five Municipalities in Metro Vancouver, Canada. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(3). <https://doi.org/10.1080/00045608.2015.1012634>
- Parris, T. M., & Kates, R. W. (2003). Characterizing and measuring sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), p. 559-586. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105551>
- Paul, S. (2013). Vulnerability Concepts and its Application in Various Fields : A Review on Geographical Perspective. *Journal of Life and Earth Science (J. Life Earth Sci.)*, 8, p. 63-81. <https://doi.org/10.3329/jles.v8i0.20150>

- Paul-Hus, C., Drouet, M., Desormeaux, A., Drejza, S., Fraser, C., Marie, G. et Bernatchez, P. (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
- Pelletier Boily, C. (2022). *Vulnérabilité et résilience à l'érosion côtière des communautés isolées de la Basse-Côte-Nord*. Mémoire de maîtrise en Géographie, Université du Québec à Rimouski.
- Pelling, M., & Blackburn, S. (2013). *Megacities and the Coast: Risk, Resilience and Transformation*.
- Philippe M. et Hénaff A., coordinateurs, (2021). Expérimentation pour un observatoire régional de la vulnérabilité aux risques côtiers en Bretagne. Projets OSIRISC et OSIRISC+. Université de Bretagne Occidentale, Centre National de la Recherche Scientifique, Cerema. Soutenus financièrement par la Fondation de France et la DREAL Bretagne. 84 p + annexes.
- Philippenko, X., Goeldner-Gianella, L., Le Cozannet, G., Grancher, D., & De La Torre, Y. (2021). Perceptions of climate change and adaptation: A subarctic archipelago perspective (Saint-Pierre-and-Miquelon, North America). *Ocean & Coastal Management*, 215, 105924. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105924>

- Pintal, J.-Y., Piédalue, G., & Provencher, J. (avec Pointe-à-Callière-cité d'archéologie et d'histoire). (2015). *Air: Territoire et peuplement*. Pointe-à-Callière, Cité d'archéologie et d'histoire de Montréal les Éditions de l'Homme, une société de Québecor Média.
- PNUD. (2022). Human Development Index. In *Human Development Reports*. United Nations. <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index>
- Pontee, N. (2013). Defining coastal squeeze : A discussion. *Ocean & Coastal Management*, 84, p. 204-207. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.07.010>
- Popescu, I. (2012). *La pêche en Bretagne* (p. 52p) [Note]. Département thématique B: politiques structurelles et de cohésion Parlement européen. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2012/474527/IPOL-PECH\\_NT\(2012\)474527\\_FR.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2012/474527/IPOL-PECH_NT(2012)474527_FR.pdf)
- Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., & Okem, A. (2022). Summary for Policymakers. In *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 37 p.
- Poupard, G. (2017). L'urbanisation du littoral : Un essoufflement ? : L'exemple de la Bretagne. *Population & Avenir*, 733(3). <https://doi.org/10.3917/popav.733.0004>
- Preston, B. L., Brooke, C., Measham, T. G., Smith, T. F., & Gorddard, R. (2009). Igniting change in local government: Lessons learned from a bushfire vulnerability

- assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(3).  
<https://doi.org/10.1007/s11027-008-9163-4>
- 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. *Sustainability Science*, 6(2). <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0129-1>
- Quillet, É., Meur-Férec, C., Chauveau, É., & Philippe, M. (2019). Contribution à la mise en place d'indicateurs de suivi de la gestion des risques côtiers en France Métropolitaine : Vers un observatoire intégré des risques d'érosion submersion. *Noréis*, 250. <https://doi.org/10.4000/noréis.7417>
- Quintin, C., Bernatchez, P., Jolivet, Y. (2013). Impacts de la tempête du 6 décembre 2010 sur les côtes du Bas-Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières et Chaire de recherche en géoscience côtière, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, Février 2013, Volume I : 48p. + Volume II : 170 p.
- Rangel-Buitrago, N., Neal, W. J., Bonetti, J., Anfuso, G., & de Jonge, V. N. (2020). Vulnerability assessments as a tool for the coastal and marine hazards management : An overview. *Ocean & Coastal Management*, 189, 105134.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105134>
- Räsänen, A., Heikkinen, K., Piila, N., & Juhola, S. (2019). Zoning and weighting in urban heat island vulnerability and risk mapping in Helsinki, Finland. *Regional Environmental Change*, 19(5). <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01491-x>

- Reckien, D. (2018). What is in an index? Construction method, data metric, and weighting scheme determine the outcome of composite social vulnerability indices in New York City. *Regional Environmental Change*, 18(5). <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1273-7>
- Romero-Lankao, P., Qin, H., & Dickinson, K. (2012). Urban vulnerability to temperature-related hazards: A meta-analysis and meta-knowledge approach. *Global Environmental Change*, 22(3). <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.04.002>
- Roukounis, C. N., & Tsihrintzis, V. A. (2022). Indices of Coastal Vulnerability to Climate Change: A Review. *Environmental Processes*, 9(2). <https://doi.org/10.1007/s40710-022-00577-9>
- Rousseau, S. (2024, janvier 6). *La population de La Matanie encore en hausse*. Radio-Canada; Radio-Canada.ca. [consulté le 20 janvier 2025] <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2039383/matane-resident-combien-population>
- Rufat, S., Tate, E., Emrich, C. T., & Antolini, F. (2019). How Valid Are Social Vulnerability Models? *Annals of the American Association of Geographers*, 109(4). <https://doi.org/10.1080/24694452.2018.1535887>
- Runfola, D. M., Ratick, S., Blue, J., Machado, E. A., Hiremath, N., Giner, N., White, K., & Arnold, J. (2017). A multi-criteria geographic information systems approach for the measurement of vulnerability to climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 22(3), p. 349-368. <https://doi.org/10.1007/s11027-015-9674-8>
- Russ, J. (2011). *Dictionnaire de philosophie* (4e éd. revue et augmentée). A. Colin. 545 p.

- Saisana, M., & Tarantola, S. (2002). *State-of-the-Art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development* (p. 80p). European Commission - Joint Research Centre.
- Sandy, C. J., Gosling, S. D., & Durant, J. (2013). Predicting Consumer Behavior and Media Preferences : The Comparative Validity of Personality Traits and Demographic Variables. *Psychology & Marketing*, 30(11), p. 937-949.  
<https://doi.org/10.1002/mar.20657>
- Satta, A., Snoussi, M., Puddu, M., Flayou, L., & Hout, R. (2016). An index-based method to assess risks of climate-related hazards in coastal zones : The case of Tetouan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 175, p. 93-105.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.03.021>
- Sauvé, P. (2022). *Identification et développement d'ouvrages de protection côtière pour augmenter la résilience des communautés côtières dans un contexte de changements climatiques* Thèse de doctorat, Université du Québec à Rimouski.  
<https://semaphore.uqar.ca/id/eprint/2134/>
- Schaefer, M., Thinh, N. X., & Greiving, S. (2020). How Can Climate Resilience Be Measured and Visualized? Assessing a Vague Concept Using GIS-Based Fuzzy Logic. *Sustainability*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/su12020635>
- Seenath, A., Wilson, M., & Miller, K. (2016). Hydrodynamic versus GIS modelling for coastal flood vulnerability assessment : Which is better for guiding coastal management? *Ocean & Coastal Management*, 120, p. 99-109.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.019>

- Senneville, S., St-Onge Drouin, S., Dumont, D., Bihan-Poudec, A.-C., Belemaalem, Z., Corriveau, M., Bernatchez, P., Bélanger, S., Tolszczuk-Leclerc, S. et Rémy Villeneuve R. « Rapport final : 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, 2013. 384 p.
- Shih, W.-Y., & Mabon, L. (2021). Understanding heat vulnerability in the subtropics : Insights from expert judgements. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 63, 102463. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102463>
- Siman, K., Kramar, D., & Mackey, S. (2022). Social-Ecological Risk and Vulnerability to Flooding and Erosion along the Ohio Lake Erie Shoreline. *Coastal Management*, 50(1). <https://doi.org/10.1080/08920753.2022.2006881>
- Slivitzky, A., St-Julien, P., & Lachambre, G. (1991). *Synthèse géologique du cambro-ordovicien du nord de la Gaspésie* ET 88-14; 69 p+9 plans. Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts.
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3). <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Spielman, S. E., Tuccillo, J., Folch, D. C., Schweikert, A., Davies, R., Wood, N., & Tate, E. (2020). Evaluating social vulnerability indicators : Criteria and their application to the Social Vulnerability Index. *Natural Hazards*, 100(1). <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03820-z>

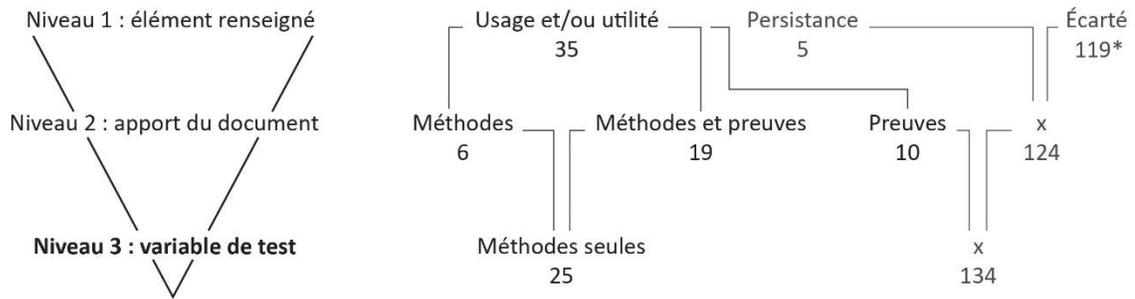
- Star, S. L. (2010). This is Not a Boundary Object : Reflections on the Origin of a Concept. *Science, Technology, & Human Values*, 35(5).  
<https://doi.org/10.1177/0162243910377624>
- Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects : Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science*, 19(3), p. 387-420.  
<https://doi.org/10.1177/030631289019003001>
- Stoytcheva, S. (2015). *Boundary Objects : A Field Guide: Part I: What is a Boundary Object?* Boundary Objects: A Field Guide. <https://scalar.usc.edu/works/boundary-objects-guide/index>
- Summary for policymakers. (2021). In *Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Chan.* Cambridge University Press.
- Tate, E. (2012). Social vulnerability indices : A comparative assessment using uncertainty and sensitivity analysis. *Natural Hazards*, 63(2). <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0152-2>
- Tonmoy, F. N., El-Zein, A., & Hinkel, J. (2014). Assessment of vulnerability to climate change using indicators : A meta-analysis of the literature: Assessment of vulnerability to climate change using indicators. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(6). <https://doi.org/10.1002/wcc.314>
- Touchette, M., Corriveau, M., Caulet, C., & Bernatchez, P. (2022). Modélisation et cartographie du risque de submersion côtière de la région de Sept-Îles – Volume 5 :

- Indices de vulnérabilité des infrastructures aux aléas d'érosion et de submersion 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 2022, 60 p. et annexes.
- Uman, L. S. (2011). Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 20(1).
- UN Environment. (2019). *UN Environment 2018 Annual Report*, UNEP, 44 p.
- UNISDR. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*.
- van Dongeren, A., Roelvink, D., McCall, R., Nederhoff, K., & van Rooijen, A. (2018). Modeling the Morphological Impacts of Coastal Storms. In P. Ciavola & G. Coco (Éds.), *Coastal storms : Processes and impacts*, John Wiley & Sons, Inc., p. 195-216.
- Verschueren, N., Schroyens, W., Schaeken, W., & d'Ydewalle, G. (2004). The interpretation of the concepts 'necessity' and 'sufficiency' in forward unicausal relations. *Current psychology letters*, 14, Vol. 3. <https://doi.org/10.4000/cpl.433>
- Vinet, F., Defossez, S., Rey, T., & Boissier, L. (2012). Le processus de production du risque « submersion marine » en zone littorale : L'exemple des territoires « Xynthia ». *Noroi*, 222. <https://doi.org/10.4000/noroi.3834>
- Vogel, C., Moser, S. C., Kaspersen, R. E., & Dabelko, G. D. (2007a). Linking vulnerability, adaptation, and resilience science to practice : Pathways, players, and partnerships. *Global Environmental Change*, 17(3-4). <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2007.05.002>

- Weber, S., Sadoff, N., Zell, E., & de Sherbinin, A. (2015). Policy-relevant indicators for mapping the vulnerability of urban populations to extreme heat events : A case study of Philadelphia. *Applied Geography*, 63, p. 231-243. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.07.006>
- Weissenberger, S., Marie, G., Meur-Ferec, C., Guyon, L., Delannoy, J. (2025) Franco-Quebec collaboration in the maritime sector – The Institut France Québec Maritime and the ARICO coastal risk project. Dans W. Leal Filho, J. Newman, A. L. Salvia, L. V. Trevisan, L. Corazza (Eds.) *North American and European perspectives on sustainability in higher education*, World Sustainability Series, Berlin, Springer, p. 1434.
- Williams, L. L., & Lück-Vogel, M. (2020). Comparative assessment of the GIS based bathtub model and an enhanced bathtub model for coastal inundation. *Journal of Coastal Conservation*, 24(2), 23. <https://doi.org/10.1007/s11852-020-00735-x>
- Wilson, M., Lane, S., Mohan, R., & Sugg, M. (2020). Internal and external validation of vulnerability indices : A case study of the Multivariate Nursing Home Vulnerability Index. *Natural Hazards*, 100(3). <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03837-4>
- Wolf, T., Chuang, W.-C., & McGregor, G. (2015). On the Science-Policy Bridge : Do Spatial Heat Vulnerability Assessment Studies Influence Policy? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(10), 13321-13349. <https://doi.org/10.3390/ijerph121013321>

Wood, E., Sanders, M., & Frazier, T. (2021). The practical use of social vulnerability indicators in disaster management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 63, 102464. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102464>

## ANNEXE I : CLASSIFICATION DES PUBLICATIONS DU CORPUS



## ANNEXE II : PRINCIPAUX PERIODIQUES DE PUBLICATION

<i>Corpus (n : 159-15=144)</i>	<i>Périodique</i>	<i>Retenus (n : 35-6=29)</i>
<b>13</b>	Natural Hazards	<b>2</b>
<b>11</b>	International Journal of Disaster Risk Reduction	<b>2</b>
<b>7</b>	Ecological Indicators	<b>3</b>
<b>6</b>	Ocean & Coastal Management	<b>1</b>
<b>5</b>	Applied Geography	<b>1</b>
<b>5</b>	Environmental Science and Policy	<b>1</b>
<b>5</b>	Journal of Environmental Planning and Management	<b>1</b>
<b>5</b>	Sustainability	<b>3</b>
<b>4</b>	Annals of the American Association of Geographers	<b>1</b>
<b>4</b>	Mitigation and adaptation strategies for global change	<b>3</b>
<b>4</b>	Natural Hazards and Earth System Sciences	<b>1</b>
<b>40</b>	Occurrences uniques	<b>16</b>

### ANNEXE III : REPARTITION DES EFFECTIFS ET TESTS STATISTIQUES POUR LES VARIABLES SPATIALES ET TEMPORELLES

Échelle : test non significatif		
	Corpus	Méthode
Locale	23,0%	20%
Sub-nationale	45,9%	52%
Nationale	12,8%	16%
Supranationale	14,2%	8%
Multiscalaire	4,1%	4%
Unité d'analyse : test non significatif		
Individu-Foyer	8,5%	0%
Foncier	4,3%	4%
Inframunicipal	11,3%	16%
Municipale	17,0%	8%
E.T.2	14,9%	16%
E.T.3	4,9%	0%
Entité spa.	3,5%	0%
Unité spa.	16,3%	24%
Unité stat.	14,2%	28%
Multiples	5,0%	4%
Dimension prospective : <b>test significatif</b>		
Non	73,3%	48%
Oui	26,7%	<b>52%</b>

Les entités territoriales (E.T.) 2 et 3 regroupent des échelons administratifs compris entre l'intermunicipalité et l'équivalent d'une province, puis de la province à l'ensemble d'un pays, respectivement. L'entité spatiale recouvre des ensembles physique ou bâti cohérents tels des plages, alors que l'unité spatiale renvoie à une unité normée comme une maille de 200 x 200 mètres. L'unité statistique fait référence à la plus petite unité des données employées, généralement issues de recensements.

**ANNEXE IV : REPARTITION DES EFFECTIFS ET TESTS STATISTIQUES  
POUR LES VARIABLES DU CADRE DE LA RECHERCHE**

	Corpus	Méthodes		Corpus	Méthodes
<b>But de la recherche : test significatif</b>			<b>Environnement : test non significatif</b>		
Dvpt. méthode	44,6%	<b>56%</b>	Côtier	52,9%	56,2%
Bonification/adaptation mtd.	28,9%	20%	Insulaire	9,6%	0%
Dvpt. outil	10,7%	<b>24%</b>	Lacustre	2,9%	6,2%
Réflexion théorique	11,9%	0%	Montagnard	13,5%	6,2%
Apport technique	3,8%	0%	Autre	21,1%	31,2%
<b>Contexte de recherche : test non significatif</b>			<b>Occupation humaine : test significatif</b>		
Non spécifié	51,6%	40%	Urbain	62,8%	<b>93,3%</b>
Projet de recherche	36,5%	52%	Périurbain	1,2%	0%
Projet de dvpt.	8,2%	0%	Rural	36,0%	6,7%
Cadre officiel	3,1%	8%			
Réponse	0,6%	0%			
<b>Cadre conceptuel : test non significatif</b>			<b>Aléas : test non significatif</b>		
Vulnérabilité	28,9%	28%	Inondations	38,8%	36,3%
<i>Social vulnerability</i>	25,0%	32%	Canicules	9,3%	21,2%
Vulnérabilité (GIEC)	17,8%	28%	Chgmt. clim	8,7%	12,1%
Risque	9,9%	0%	Érosion	8,2%	12,1%
Résilience	7,9%	4%	Ouragans	3,8%	0%
Vulnérabilité phys.	5,9%	4%	Sécheresses	4,4%	3,0%
Adaptation	4,6%	4%	Séismes	2,7%	0%
			Tsunami	1,6%	0%
<b>Population d'intérêt : test non significatif</b>			Incendies	1,6%	3,0%
Ensemble	67,6%	76%	Multiplés	13,7%	9,0%
Thématique	32,4%	24%	Sans	7,1%	3,0%

**ANNEXE V : REPARTITION DES EFFECTIFS ET TESTS STATISTIQUES  
POUR LES VARIABLES DE CONSTRUCTION DE L'INDICE**

Contribution U.F. : <b>test significatif</b>		
	Corpus	Méthodes
Co-construction	3,5%	<b>16%</b>
Participation	16,8%	<b>40%</b>
Échanges	18,2%	16%
Consultation	25,2%	12%
Non	36,4%	16%
Structure d'indice : <b>test significatif</b>		
Déductive/hiérarchique	58,6%	40%
Inductive	12,9%	8%
Hybride	3,6%	8%
Ascendante	9,3%	4%
Mixte	15,7%	40%
Pondération : test non-significatif		
Égale	45,4%	56,5%
Experts	15,1%	8,7%
Utilisateurs finaux	12,9%	13%
Experts + U.F.	4,5%	0%
Statistique	12,9%	8,7%
Croisées	7,6%	8,7%
Réutilisation	1,5%	4,3%

**ANNEXE VI : RESULTATS DES TESTS DE KRUSKAL-WALLIS SUR LE  
NOMBRE D'INDICATEURS (POPULATION : INDICES)**

Variable d'entrée	N	$\chi^2$ de K.W.	ddl	p-value	Interprétation
Pertinence	140	0,0735	1	0,7863	Non significatif
Échelle	139	3,9958	4	0,4066	Non significatif
Structure d'indice	137	4,3073	4	0,366	Non significatif
Environnement	99	5,4934	4	0,2403	Non significatif
Aléas	166	12,701	10	0,2408	Non significatif

**ANNEXE VII : REPARTITION DES EFFECTIFS ET TESTS STATISTIQUES  
POUR LES VARIABLES DE FINALISATION ET DE DIFFUSION**

Agrégation : test non significatif		
	Corpus	Méthode
Additive	62,0%	60,9%
Multiplication	19,7%	13,0%
Matricielle	5,1%	8,7%
Double	2,2%	4,3%
Spécifique	3,6%	4,3%
Non	7,3%	8,7%
Validation : test non significatif		
Oui	37,9%	40%
Non	62,1%	60%
Média de diffusion : <b>test significatif</b>		
Tableaux	6,8%	0%
Graphiques	17,7%	4%
Cartes	59,9%	60%
Portails web	14,3%	<b>36%</b>

**ANNEXE VIII : REPARTITION DES METHODES PERTINENTES ET DE  
L'ENSEMBLE DU CORPUS PAR PAYS SELON L'I.D.H.**

IDH 2022 (n:189)		Pays d'application (n:157)		Pays premier auteur (n:159)	
		Corpus	Méthodes	Corpus	Méthodes
Très élevé (<0,8)	35,4%	56,2%	92,9%	68,6%	92,3%
Elevé (0,8-0,7)	25,4%	20,8%	7,1%	17,1%	7,7%
Moyen (0,7-0,55)	22,7%	14,6%	0%	8,6%	0%
Faible (>0,55)	16,4%	8,3%	0%	5,7%	0%
Moyenne	<b>0,732</b>	<b>0,847</b>	<b>0,882</b>	<b>0,885</b>	<b>0,923</b>

**ANNEXE IX : GUIDE D'ENTRETIEN AUPRES DES GESTIONNAIRES**

*Consigne inaugurale (par cœur)*

*Je suis Brice Lesouëf, étudiant français à la maîtrise en géographie en bidiplomation entre l'UQAR (Université du Québec à Rimouski) et l'UBO (Université de Bretagne Occidentale). Je suis sous la cotutelle du Pr. Guillaume Marie et M. Alain Hénaff auprès des universités québécoise et française*

*respectivement. Mon projet de recherche vise à la bonification de deux indices de vulnérabilité aux risques côtiers préexistants, démarche qui s'inscrit dans le projet de recherche franco-québécois ARICO, visant la co-construction de scénarios d'adaptation aux risques côtiers.*

*Ainsi, je souhaite discuter avec vous de vos avis et expériences vis-à-vis des indices de vulnérabilité que vous avez pu être amenés à développer et/ou utiliser dans le cadre de vos fonctions. Cela couvre les différentes étapes de la conception des indices, mais aussi leurs éventuelles applications.*

*Vous pouvez choisir de ne pas répondre à certaines questions comme de mettre fin à tout moment à l'entretien, sans vous justifier. Vos propos sont enregistrés et conservés à seule fin de traitements. Ils sont protégés par anonymisation, et vous pouvez demander à tout moment à y avoir accès, les modifier ou les supprimer.*

*Je tiens encore à vous remercier du temps que vous m'accordez pour faire avancer ma recherche.*

## **Thème 1 : Opérationnaliser la vulnérabilité.**

[Planche Miro cadre conceptuel] :

***Pour tenter de rendre opérationnelle la vulnérabilité, un schéma articulant les différentes composantes a été réalisé. Selon vous, est-il compréhensible et adapté pour approcher la vulnérabilité de la zone côtière sur votre territoire/périmètre d'intervention ?***

### **Relances :**

- Quelle est pour vous la composante la plus importante ?
- Y a-t-il une composante, un concept qui vous semble inadapté, mal positionné ?
  - o Pourquoi ?
- Quel est votre ressenti sur la place accordée aux représentations ?
- Pour vous, quelles articulations ou schémas feraient plus sens ? Voudriez-vous le modéliser ?

**Mémo si besoin :** les représentations rendent compte de la relation au risque des populations présentes sur le territoire concerné (sensibilité au risque, relation au lieu, préférences d'adaptation, compréhension et acceptabilité des politiques de gestion...).

## **Thème 2 : La pertinence d'un indice de vulnérabilité**

***2.1 : Quelle expérience avez-vous des indices de vulnérabilité ? Comment avez-vous été mené à connaître et utiliser cet outil ?***

**Relances :**

- Quels indices avez-vous déjà utilisés ?
  - o Depuis combien de temps, dans quel cadre ?
  - o Avez-vous contribué à sa construction ?
- Connaissez-vous d'autres indices de vulnérabilité ?
  - o Par quels moyens en avez-vous appris l'existence ?
  - o Quel lien entretenez-vous avec la recherche sur ce sujet ?

**2.2 : Selon vous, est-il pertinent d'avoir un indice de vulnérabilité appliqué à votre territoire/zone d'intervention ?**

**Relances :**

Avez-vous trouvé une réelle utilité à un indice pour vos missions ?

- Comment pensez-vous que l'utilisation d'un indice a pu influencer vos décisions ?
- A-t-il permis de prendre des décisions concrètes ? De sensibiliser des élus ou des habitants ?

Selon vous, quels sont ses principaux avantages ? Les limites ?

### **Thème 3 : La construction d'un indice de vulnérabilité**

**3.1 : Pour vous, à quel degré un indice doit-il viser l'exhaustivité avec un grand nombre d'indicateurs, ou au contraire être réduit à une approche simple de quelques indicateurs clés ?**

**Relances :**

- Quels arguments voyez-vous pour appuyer l'un des choix ?

**3.2 : Êtes-vous familier avec la grille d'indicateurs OSIRISC/Résilience Côtière, ou une autre grille en particulier ? Voici une liste de thèmes possibles.**

[Planche Miro thèmes] :

- Dans la grille que vous connaissez, quels éléments vous semblent intéressants à conserver ?
- 
- Pour vous, parmi la liste de thèmes suivants, lesquels sont primordiaux pour renseigner la vulnérabilité de votre territoire ?
- Y a-t-il des angles morts dans les indicateurs constituant les indices que vous connaissez/utilisez que vous aimeriez voir intégrés ?

**3.3 : Selon les données disponibles et leur résolution spatiale, quelle(s) échelle(s) d'analyse(s) vous semble les plus pertinentes (segment de côte, quartier, municipalité, etc.) ?**

**Relances :**

- Un emboîtement de différentes échelles aurait-il du sens pour vous ?
- Que pensez-vous du recours fréquent à des données générées au niveau provincial ou fédéral/national ?
- Quelles sources de données aimeriez-vous voir intégrées ?

**3.4 : Selon vous, doit-on donner un poids différent aux composantes et/ou de leurs indicateurs lors du calcul d'un indice ?**

**Relances :**

- Avez-vous déjà eu l'occasion de pondérer les indicateurs d'un indice ? De quelle manière ? (Groupe de parole, questionnaire en ligne, etc.)
  - o *Note : ne pas poser aux gestionnaires impliqués dans le projet Résilience Côtière*
- Seriez-vous prêt à participer à la pondération d'un indice ?
- Quel crédit accorderiez-vous à l'indice pondéré (ou non) ? Sous quelles conditions ?

**3.5 Quels avantages et quelles limites trouveriez-vous à une structure d'indice commune avec un autre territoire (Matanie/PBS) confronté à des problématiques proches ?**

**Relance :**

Connaissez-vous ce territoire ? Une approche comparative vous semblerait-elle adaptée ?

**3.6 Comment envisageriez-vous le suivi dans le temps de la vulnérabilité via un indice ?**

**Relances :**

- Seriez-vous prêt à mobiliser des ressources de votre structure pour assurer la mise à jour de l'indice ?
- Pensez-vous que cela doit être assuré par le monde universitaire ? En partenariat ?
- Quel rôle pourrait être accordé aux citoyens via les outils de science participative ? Serait-ce souhaitable ?

**3.7 : Pour vous, la mise en œuvre de méthodes de validation ainsi que de mesurer ses incertitudes sont-ils des critères importants pour utiliser un indice ?**

## **Thème 4 : La cartographie de l'indice de vulnérabilité**

**Plusieurs médias existent pour visualiser un indice de vulnérabilité, allant de la carte aux applications web et tableaux de bord. Pour vous, quel format serait le plus pertinent à l'usage ?**

## Relances

- Quel degré d'interactivité souhaiteriez-vous idéalement avoir ?
  - Souhaiteriez-vous avoir à disposition un outil permettant de faire vos propres indices ou voir et compléter la donnée ?
  - Aimerez-vous avoir accès à des sous-indices thématiques sur un aléa précis, des modélisations temporelles ?
  - Selon vous, cet outil doit-il être réservé aux gestionnaires et aux chercheurs ou peut-il aussi servir aux élus ? Aux citoyens ?

## Questions de fin :

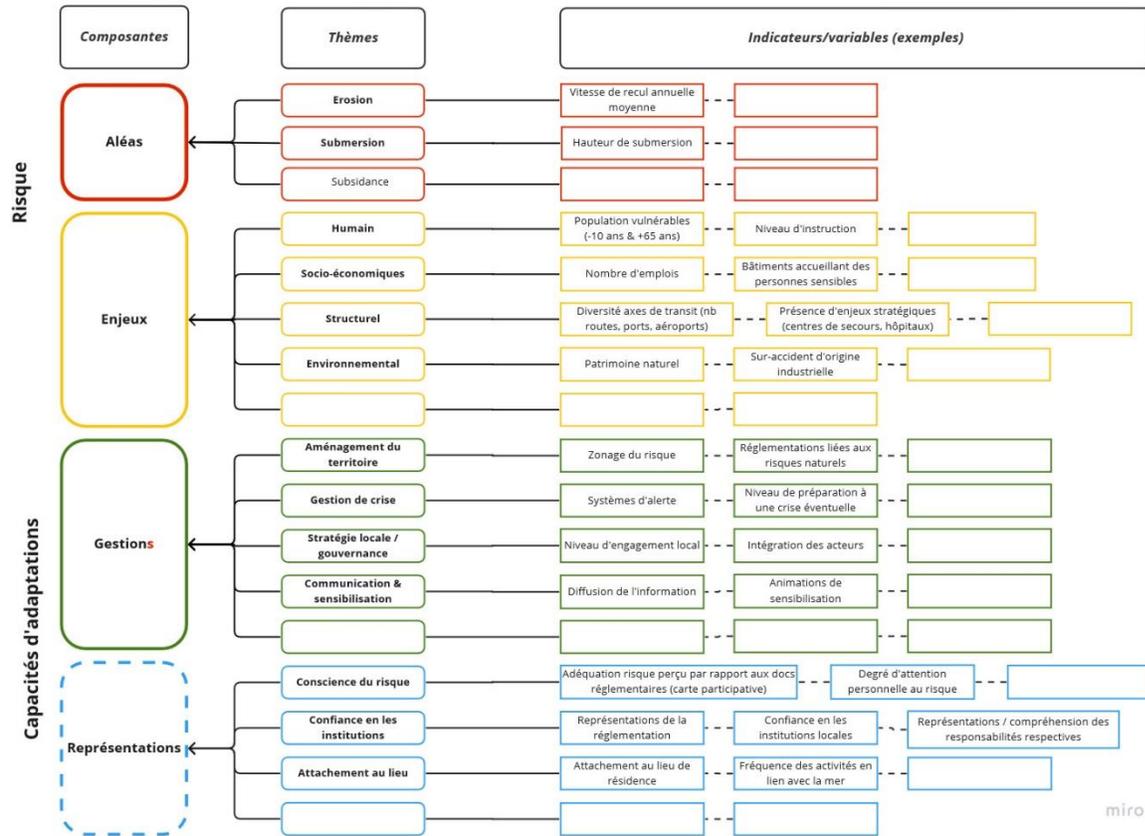
***Aimeriez-vous ajouter quelque chose ? Tout ce à quoi vous pouvez penser sur le sujet est susceptible de m'aider à mener le projet à bien.***

***Pouvez-vous me dire quel poste occupez-vous actuellement et depuis combien de temps ?***

*Chargée de mission littorale et climat depuis 10 ans  
Formation ingénieure agronome*

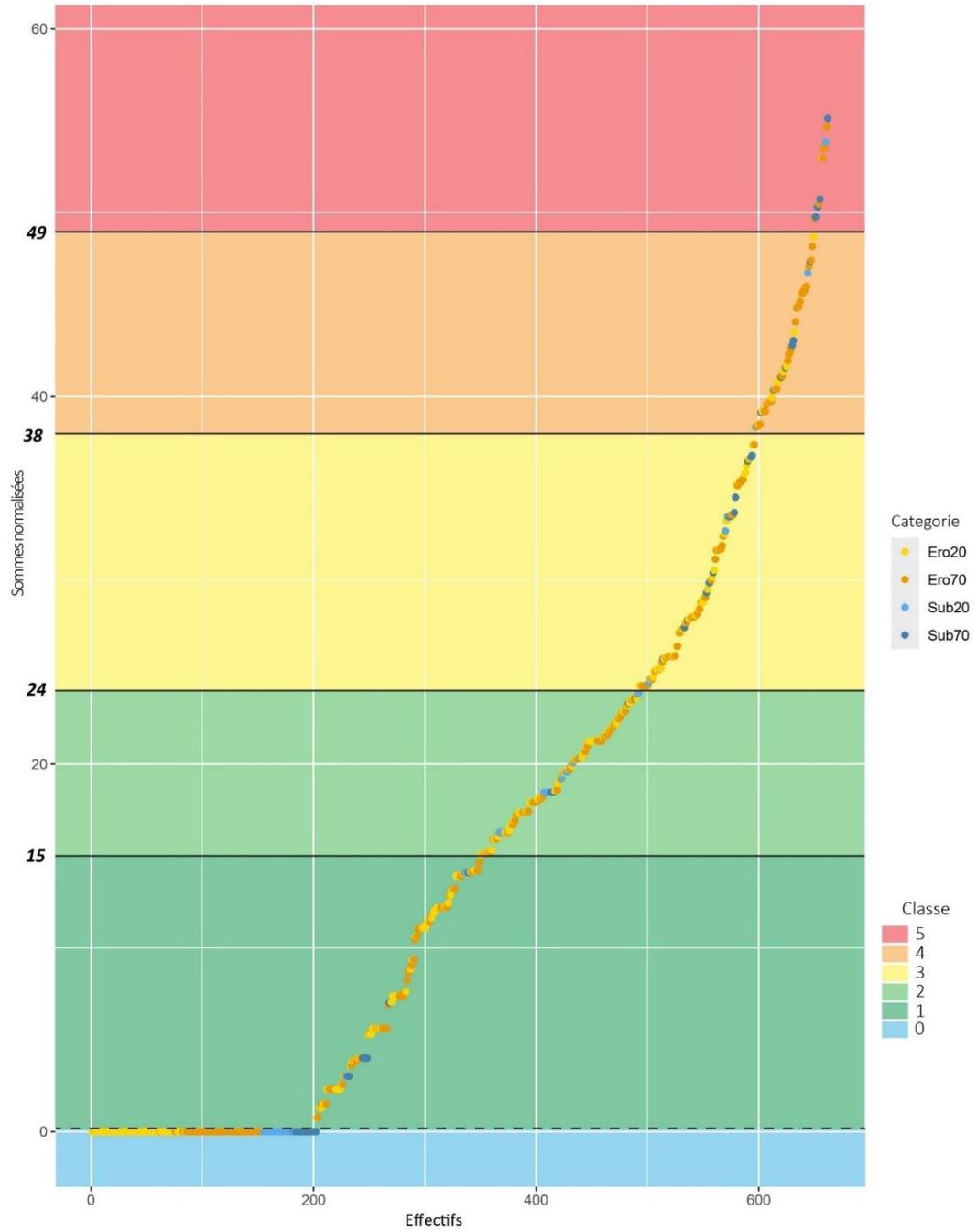
***Souhaitez-vous être tenu au courant de l'avancement du projet ?***

## ANNEXE X : FORMAT-TYPE DU TABLEAU INTERACTIF MIRO SUR LES THÈMES D'INDICATEURS PROPOSES LORS DES ENTRETIENS

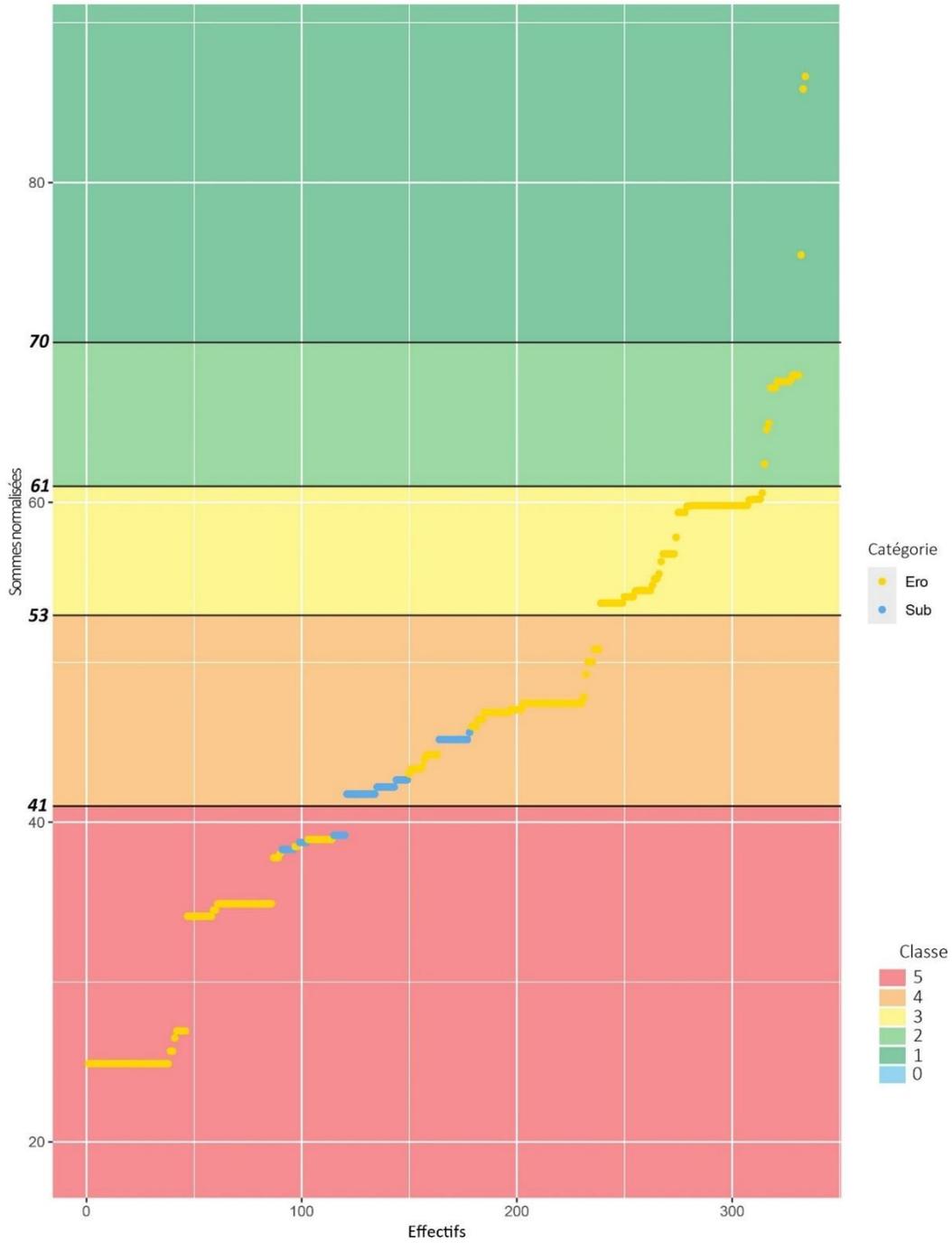


miro

# ANNEXE XI : COURBES DES SOMMES NORMALISEES POUR LES ENJEUX PONDÉRÉS



**ANNEXE XII : COURBE DES SOMMES NORMALISEES POUR LES  
CAPACITÉS D'ADAPTATION PONDÉRÉES**



**ANNEXE XIII : COMPARATIF DES CLASSES DE VULNERABILITE ENTRE LA DISCRETISATION PAR SEUILS OBSERVES ET LA PREMIERE ITERATION**

Les différents tableaux proposés ci-après présentent les résultats de soustractions entre les classes de vulnérabilité pour chaque secteur et aléa aux deux pas de temps selon les seuils observés retenus, moins la discrétisation alternative examinée. La classe 0 est incluse, bien qu'intrinsèquement invariable d'une méthode de discrétisation à l'autre.

Variations de classification : seuils observés actuels - Version 1					
2020			2070		
Classe	Nombre	%	Classe	Nombre	%
-2	0	0,00	-2	0	0,00
-1	0	0,00	-1	39	11,78
0	301	<b>90,94</b>	0	224	<b>67,67</b>
1	30	9,06	1	68	20,54
2	0	0,00	2	0	0,00
<b>Total</b>	<b>331</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>331</b>	<b>100,00</b>

**ANNEXE XIV : COMPARATIF DES CLASSES DE VULNERABILITE ENTRE LA DISCRETISATION PAR SEUILS OBSERVES ET LES SEUILS NATURELS DE JENKS**

Variations de classification : seuils observés actuels - Jenks					
2020			2070		
Classe	Nombre	%	Classe	Nombre	%
-2	0	0,00	-2	0	0,00
-1	58	17,52	-1	68	20,54
0	<b>237</b>	<b>71,60</b>	0	<b>224</b>	<b>67,67</b>
1	36	10,88	1	39	11,78
2	0	0,00	2	0	0,00
<b>Total</b>	<b>331</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>331</b>	<b>100,00</b>

**ANNEXE XV : COMPARATIF DES CLASSES DE VULNERABILITE ENTRE LA DISCRETISATION PAR SEUILS OBSERVES ET SUIVANT UNE PROGRESSION ARITHMETIQUE**

Variations de classification : seuils observés actuels - Arithmétique					
2020			2070		
Classe	Nombre	%	Classe	Nombre	%
-2	12	3,63	-2	9	2,72
-1	79	23,87	-1	72	21,75
0	225	67,98	0	227	68,58
1	15	4,53	1	23	6,95
2	0	0,00	2	0	0,00
<b>Total</b>	<b>331</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>331</b>	<b>100,00</b>

**ANNEXE XVI : COMPARATIF DES CLASSES DE VULNERABILITE ENTRE LA DISCRETISATION PAR SEUILS OBSERVES ET LA CLASSIFICATION INITIALE, CLASSE 0 EXCLUE.**

Variations de classification : seuils observés actuels - pondération initiale 0 exclu					
2020			2070		
Classe	Nombre	%	Classe	Nombre	%
-2	1	0,60	-2	1	0,60
-1	21	12,57	-1	21	12,57
0	129	77,25	0	114	68,26
1	16	9,58	1	29	17,37
2	0	0,00	2	2	1,20
na	31	x	na	31	x
<b>Total</b>	<b>192 (167)</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>192 (167)</b>	<b>100,00</b>

Ne s'applique que pour l'érosion. Les 31 secteurs non attribués correspondent à l'extension réalisée sur le site de la Matanie.

**ANNEXE XVII : COMPARATIF DES CLASSES DE VULNERABILITE ENTRE  
L'INDICE PONDERE ET LA VERSION NON PONDEREE.**

Variations de classification : seuils observés actuels - pondération égale					
2020			2070		
Classe	Nombre	%	Classe	Nombre	%
-2	7	2,58	-2	6	1,81
-1	42	15,50	-1	42	12,69
0	203	74,91	0	255	77,04
1	19	7,01	1	28	8,46
2	0	0,00	2	0	0,00
<b>Total</b>	<b>271</b>	<b>100,00</b>	<b>Total</b>	<b>331</b>	<b>100,00</b>