

Identification de solutions d'adaptation aux aléas  
côtiers pour augmenter la résilience des  
communautés des Premières Nations dans un  
contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification  
d'ouvrage de protection côtière

Présenté au ministère des Ressources naturelles Canada

Sous la direction de  
Pascal Bernatchez, Ph. D.  
Mars 2021



## Direction

**Pascal Bernatchez**, Ph. D.

Université du Québec à Rimouski

Département de biologie, chimie et géographie

Chaire de recherche en géoscience côtière

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

300, allée des Ursulines, case postale 3300

Rimouski (Québec) G5L 3A1

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

Télécopieur : (418) 724-1847

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

<http://dgizc.uqar.qc.ca/>

## Rédaction

**Philippe Sauvé**, ing. jr, M.Sc. Doc.en sc. de l'environnement, LDGIZC, UQAR

**Pascal Bernatchez**, Ph. D. Chaire de recherche en géoscience côtière, UQAR

**Mathias Glaus**, ing., Ph.D., Laboratoire de la STEPPE-ÉTS, École de technologie supérieure

## **Remerciements**

L'équipe de recherche tient à remercier le Conseil Tribal Mamuitun pour leur confiance ainsi que les communautés innues de Pessamit et de Uashat pour leur participation et leur collaboration. Nous tenons aussi à remercier le ministère des Ressources naturelles du Canada pour sa contribution financière accordée pour l'adaptation au changement climatique.

## **Référence complète**

Sauvé, P., Bernatchez, P. et Glaus, M. 2021. Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière. Guide écrit dans le cadre du projet Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Document remis au ministère des Ressources naturelles Canada, mars 2021, 52p.

## Photographies de la page de couverture :

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

## TABLE DES MATIÈRES

<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	iv
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	iv
1 Effets observés des ouvrages de protection côtière .....	6
2 Revue de la littérature scientifique .....	6
2.1 Sélection des publications .....	6
2.2 Base de données.....	6
2.2.1 Classification des caractéristiques environnementales .....	7
2.2.2 Classification des effets observés.....	8
2.3 Évaluation des effets observés.....	12
2.3.1 Hiérarchisation des effets observés .....	12
2.3.2 Pondération des effets observés.....	13
2.3.3 Échelles spatiales de l'effet observé .....	17
3 Algorithme d'identification .....	17
3.1 Caractérisation du système socio-écologique.....	18
3.1.1 Présence d'infrastructure côtière.....	19
3.1.2 Évolution côtière .....	20
3.1.3 Caractérisation sociale .....	20
3.2 Initialisation de l'algorithme.....	21
3.2.1 Attribution des valeurs aux critères d'évaluation .....	22
3.2.2 Liste de types de critères.....	23
3.3 Évaluation des ouvrages de protection côtière.....	23
3.3.1 Procédures algorithmiques de base .....	24
3.3.2 Spécificité des catégories d'impact .....	29
3.4 Présentation des résultats.....	31
3.4.1 Sommaire des caractéristiques du regroupement.....	31
3.4.2 Hiérarchisation des OPC (Volet IV) .....	32
3.4.3 Graphique du nombre d'effets observés par degré d'élargissement .....	34
3.4.4 Rapport d'analyse.....	34
3.4.5 Liste des résultats détaillés.....	34
4 Analyse de l'algorithme d'identification .....	35

4.1	Nombre d'effets observés .....	35
4.1.1	Incertitude .....	35
4.1.2	Degré d'élargissement.....	36
4.1.3	Nombre d'effets observés minimal .....	37
4.2	Limite de la méthode.....	37
	Références bibliographiques .....	39
	Annexe A – Tableaux de caractérisation .....	40
	Annexe B – Services écologiques.....	44
	Annexe C – Analyse de sensibilité .....	46
	Atteinte du pourcentage seuil.....	46
	Degrés d'élargissement .....	50

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Schéma synthèse de l'algorithme d'identification .....	18
Figure 2.	Schématisation du processus de regroupement et de caractérisation des segments géomorphologiques homogènes (volet I) .....	19
Figure 3.	Schématisation de la fonction caractérisation sociale .....	21
Figure 4.	Critères d'évaluation utilisés dans l'algorithme .....	21
Figure 5.	Formation des ensembles de regroupement en fonction des valeurs de TC et TS.....	22
Figure 6.	Schématisation du processus d'évaluation des ouvrages de protection côtière.....	24
Figure 7.	Détails de la fonction permettant de compter le nombre d'effets observés .....	25
Figure 8.	Équations évaluées pour le calcul du nombre d'effets observés minimal.....	26
Figure 9.	Équations évaluées pour le calcul de l'indice de correspondance.....	28
Figure 10.	Modèle en cascade du concept de services écologiques (Potschin & Haines-Young, 2016).....	30
Figure 11.	Processus de hiérarchisation des OPC en fonction de l'atteinte du pourcentage seuil, de la moyenne pondérée et de l'indice de correspondance.....	32
Figure 12.	Illustration du phénomène d'uniformisation des requêtes engendré par le processus d'élargissement des critères initiaux ( <b>critères initiaux du scénario A</b> , critères initiaux du scénario B).....	37

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Information relevée dans chacun des articles consultés.....	7
Tableau 2.	Catégorisation des effets observés ( <b>catégorie</b> , type, sous-type d'effet observé).....	8

Tableau 3. Échelle de cause à effet utilisée pour la hiérarchisation des effets observés .....	12
Tableau 4. Échelle de pondération de base pour l'évaluation de l'effet d'un OPC sur le milieu ..	13
Tableau 5. Précision de l'échelle de pondération de base .....	14
Tableau 6. Précision de l'échelle de pondération de base pour le type d'effet observé Érosion/accumulation dans le contexte d'une recharge sédimentaire .....	16
Tableau 7. Précision de l'échelle de pondération de base pour l'indice de sensibilité écosystémique.....	17
Tableau 8. Champs de la liste des critères .....	23
Tableau 9. Variation des degrés d'élargissement des critères de recherche initiaux selon les scénarios A, B et C .....	27
Tableau 10. Degrés d'élargissement des critères de recherche initiaux pour la catégorie d'impact écosystème.....	29
Tableau 11. Définition des différentes composantes du modèle en cascade du concept de services écologiques.....	30
Tableau 12. Éléments présents dans chaque sous-section du sommaire des caractéristiques du regroupement .....	31
Tableau 13. Ouvrages de protection côtière inclus dans la catégorie des structures rigides ( <b>sous- catégorie</b> , type, sous-type) .....	40
Tableau 14. Classification des côtes ( <b>Catégorie</b> , sous-catégorie, type, sous-type) .....	41
Tableau 15. Classification des sédiments .....	43
Tableau 16. Classification du marnage.....	43
Tableau 17. Classification de l'énergie des vagues.....	43
Tableau 18. Caractéristiques environnementales des sites A et B .....	46
Tableau 19. Analyse de sensibilité sur le paramètre du pourcentage seuil à atteindre selon deux sites (A et B). (Gris pâle = changement de valeur du % atteint en fonction du seuil par rapport à la valeur du scénario précédent ou changement de position dans le classement; gris foncé = zone intermédiaire entre les pôles 3 et -3).....	46
Tableau 20. Analyse de sensibilité sur le paramètre degrés d'élargissement selon deux sites (A et B). (Gris pâle = changement par rapport au scénario de base (i).....	51

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

## 1 Effets observés des ouvrages de protection côtière

L'objectif est de développer un algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière permettant de réaliser une méta-analyse dynamique de la littérature sur les effets des ouvrages de protection côtière de manière à former une synthèse qualitative à utiliser dans le processus décisionnel menant à la sélection d'un OPC. L'idée est d'utiliser cet outil dans une perspective de caractérisation et de pré-analyse des OPC en regard d'indicateurs géomorphologiques, écosystémiques, socio-économiques et hydrodynamiques.

1. Effectuer une revue de littérature des études de cas sur les OPC réalisées à l'international;
2. Pour chaque étude de cas, extraire et stocker dans une base de données les caractéristiques du ou des milieux dans lesquels elles ont été effectuées ainsi que les affirmations d'effets observés de types hydrodynamiques, géomorphologiques, écosystémiques ou socio-économiques engendrés par un OPC, sur ce ou ces milieux;
3. Développer une méthodologie pour agréger ces effets observés, basée sur des indicateurs systémiques.

## 2 Revue de la littérature scientifique

Une revue de littérature des études de cas d'ouvrages de protection côtière (OPC) a été réalisée afin d'identifier les effets observés sur le système socio-écologique côtier par les auteurs.

### 2.1 Sélection des publications

Les publications ont été répertoriées sur les moteurs de recherche *Scopus*, *Web of Science* et *Google scholar* ainsi qu'à partir du site internet de la bibliothèque de l'Université du Québec à Rimouski. Les mémoires de maîtrise, les thèses de doctorat ainsi que les rapports de recherche ont également été intégrés dans la revue de littérature. La recherche a été limitée à des publications entre 1970 et le 1<sup>er</sup> juillet 2020.

Deux niveaux de discrimination ont été utilisés pour identifier les publications appropriées :

1. Publication incluse si une évaluation d'un ou de plusieurs effets géomorphologiques, hydrodynamiques, écologiques ou socio-économiques était effectuée;
2. Publication incluse si la réponse était positive pour les trois questions suivantes : (1) est-ce que la publication contient une observation faite par l'auteur?; (2) est-ce que l'affirmation observée par l'auteur est un effet sur le système socio-écologique côtier?; (3) est-ce que l'effet observé par l'auteur est provoqué par un OPC ?

### 2.2 Base de données

Une base de données à trois niveaux a été développée sur Microsoft Access<sup>®</sup> afin de compiler les données des différentes publications (tableau 1): (1) détails de la publication; (2) caractéristiques environnementales des sites d'étude; (3) description des effets observés des OPC. Ainsi, une publication (niveau 1) pouvait intégrer plusieurs milieux (niveau 2) et plusieurs effets observés (niveau 3) pouvaient être associés à chacun de ces milieux.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Tableau 1. Information relevée dans chacun des articles consultés

<b>Niveau 1 : Détails de la publication</b> Auteurs, titre, année de publication, revue
<b>Niveau 2 : Caractéristiques environnementales des sites d'étude*</b> Type d'étude (mesures terrains, modélisation physique ou numérique), pays, région, lieu, type de côte, type de sédiment, caractéristiques des marées, des vagues et des courants
<b>Niveau 3 : Description des effets observés des OPC</b> Type d'OPC étudié, effets observés, affirmation textuelle de l'auteur, cause de l'effet observé identifié par les auteurs, zone de l'effet observé

\* Si une publication contenait plus d'un site d'étude, chacun était entré individuellement dans le niveau 2.

L'information disponible dans une publication était transcrite intégralement, chaque affirmation d'effet observé représentant une entrée dans le niveau 3 de la base de données. Une fois les affirmations inscrites dans la base de données, elles ont été homogénéisées en fonction de systèmes de classification adaptés aux différents types d'informations. Ces systèmes de classification sont présentés dans les sous-sections suivantes.

### 2.2.1 Classification des caractéristiques environnementales

Cinq variables ont été utilisées pour caractériser l'environnement des sites d'étude : type de côte, type de substrat, caractéristiques de vagues, marnage et caractéristiques des courants. Les systèmes de classification suivants ont été utilisés :

- Type de côte
- Les sédiments non consolidés ont été classifiés selon l'échelle de taille de Friedman et Sanders (1978) : Argile (0,001-0,004 mm); silt (0,004-0,063 mm); sable (0,063-2 mm); gravier (2-64 mm); caillou (64-256 mm); bloc (> 256 mm).
- La catégorisation des vagues était dépendante de l'information disponible. Lorsque disponible, la hauteur de vague significative ( $H_s$ ) a été utilisée : faible énergie (< 1 m); énergie modérée (1-2 m); énergie élevée (> 2 m).
- Pour le marnage, les données de marées de vives eaux ont été utilisées avec le système de classification de Davies (1964) : microtidal (< 2 m); mesotidal (2-4 m); macrotidal (> 4 m). Les classes *sans marée* (0 m) et *mégatidal* (> 8 m) ont été ajoutées. Levoy et al. (2000) ont utilisé le terme mégatidal pour préciser le système de classification existant.
- Les courants n'ont pas été catégorisés en raison de la rareté et de la disparité de l'information.

Lorsque l'information relative à un site d'étude particulier était manquante dans une ou plusieurs publications, si le site d'étude était déjà inscrit dans une autre publication de la base de données, la même caractérisation était appliquée. Si de l'information était toujours manquante, d'autres sources de données ont été utilisées pour tenter de combler le manque. Par exemple, une caractérisation visuelle des types de côte et de sédiments a été réalisée à l'aide de Google Earth. Également, le marnage a été obtenu à partir de données disponibles en ligne. L'information sur les données de vagues et de courants était par contre plus rare.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

## 2.2.2 Classification des effets observés

Un système de classification des effets observés à trois niveaux a été développé pour faciliter la recherche et l'analyse des affirmations inscrites dans la base de données : (1) catégories d'effet observé; (2) types d'effet observé; (3) sous-types d'effet observé (tableau 2). Les catégories d'effet observé permettent de faire un premier tri parmi les différentes affirmations : géomorphologique, hydrodynamique, écologique ou social. Les types d'effet observé permettent de regrouper les affirmations selon un type précis d'effet observé. Les effets observés sont associés directement à l'affirmation de l'auteur. Le tableau 2 présente également le niveau sur l'échelle de cause à effet accordé à chaque type d'effet observé (tableau 3).

Tableau 2. Catégorisation des effets observés (*catégorie, type, sous-type d'effet observé*)

Catégorisation des effets observés	Description	Échelle de cause à effet			Explication du niveau attribué
		Géo	Éco	Socio	
<b>1. Géomorphologique</b>		-	-	-	
<u>1.1. Érosion / Accumulation</u>		-	-	-	
1.1.1. Accumulation sédimentaire	Dépôt de sédiments dans certaines zones	1	2	2	<b>Géo</b> : Observation directe du phénomène d'érosion ou d'accumulation côtières.
1.1.2. Affouillement	Forme d'érosion au pied d'un OPC provoqué par des forces hydrodynamiques	1	2	2	
1.1.3. Bilan sédimentaire	Variation du volume sédimentaire disponible à l'échelle d'une cellule hydrosédimentaire	1	2	2	Modification structurelle de la zone colonisable.
1.1.4. Déplacement du trait de côte	Recul ou avancée du trait de côte	1	2	2	<b>Socio</b> : Modification de la superficie disponible pour les loisirs terrestres
1.1.5. Effet de bout	Augmentation des taux d'érosion à l'extrémité d'un OPC	1	2	2	
1.1.6. Érosion	Constat d'une érosion côtière généralisée (recul du trait de côte, diminution de la hauteur et de la largeur de la plage)	1	2	2	
1.1.7. Hauteur de plage	Variation du niveau de la plage	1	2	2	
1.1.8. Largeur de plage	Variation de la largeur de la plage	1	2	2	
1.1.9. Rétablissement géomorphologique	Interférence de l'OPC sur le cycle naturel érosion/accumulation de la plage	1	2	2	
1.1.10. Rétention sédimentaire	Interférence des conditions hydrodynamiques par l'OPC engendrant des zones d'accumulation et d'érosion successives	1	2	2	
<u>1.2. Profil topo-bathymétrique</u>		-	-	-	
1.2.1. Profil de plage	Variation de l'inclinaison, de la pente du substrat ou du profil d'équilibre	3	2	0	<b>Géo</b> : déplacements sédimentaires submergés associés à une modification des conditions hydrodynamiques
1.2.2. Système de barres	Formation ou disparition de barres d'avant-plage	3	2	0	
1.2.3. Topographie	Variation de l'élévation de la côte en général	3	2	0	

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Catégorisation des effets observés	Description	Échelle de cause à effet			Explication du niveau attribué
		Géo	Éco	Socio	
1.2.4. Variation bathymétrique généralisée	Modification de la bathymétrie en général	3	2	0	Éco : Paramètre majeur pour la structure des communautés
1.2.5. Variation bathymétrique localisée	Formation locale d'une dépression (creux, affouillement sous-marin au pied d'une structure) ou d'une accumulation	3	2	0	
<hr/>					
<b>1.3. Sédiments</b>		-	-	-	
1.3.1. Compaction sédimentaire	Modification de la compaction des sédiments	0	0	2	Socio : Modification aux loisirs terrestres
1.3.2. Nature sédimentaire	Modification de la composition chimique des sédiments	0	0	0	
1.3.3. Redistribution granulométrique	Redistribution des sédiments sur le profil de plage selon leur taille granulométrique	0	2	0	Éco : Affecte la faune épi- et endo- benthique en général Favorise l'émigration des organismes
1.3.4. Taille granulométrique	Modification de la taille granulométrique des sédiments en général	0	2	2	Modification des capacités de fouissage. Socio : Modification aux conditions des loisirs terrestres
1.3.5. Mise en suspension	Mise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau	0	2	0	Éco : Affecte les processus photosynthétiques Affecte les prédateurs qui chassent grâce au visuel Peut boucher les appareils de filtration des organismes filtreurs
<hr/>					
<b>1.4. Transport sédimentaire</b>		-	-	-	
1.4.1. Dispersion sédimentaire	Modification favorisant la répartition des sédiments	2	2	0	Géo : L'interception du transport sédimentaire est une cause d'érosion (Bird, 2008)
1.4.2. Transport longitudinal	Modification du transport sédimentaire parallèle à la côte	2	2	0	Éco : Le transport sédimentaire peut enterrer les organismes.
1.4.3. Transport sédimentaire général	Modification du transport sédimentaire (sans mentionner de direction)	2	2	0	
1.4.4. Transport transversal	Modification du transport perpendiculaire à la côte	2	2	0	
<hr/>					
<b>2. Hydrodynamique</b>		-	-	-	
<b>2.1. Caractéristiques des vagues</b>		-	-	-	
2.1.1. Angle des vagues	Modification de l'angle des vagues incidentes	2	0	0	Géo : Un changement de l'angle d'incidence est une cause d'érosion (Bird, 2008)
2.1.2. Régime de vagues	Modifications aux caractéristiques du régime de vagues	2	0	0	
<hr/>					
<b>2.2. Courants</b>		-	-	-	

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Catégorisation des effets observés	Description	Échelle de cause à effet			
		Géo	Eco	Socio	
2.2.1. Circulation	Modification de la circulation de l'eau en général (eddy current, courants circulaires, etc.)	3	2	0	<b>Géo</b> : Déplacement des sédiments par les courants longitudinaux et transversaux, et par la circulation hydrique à proximité de la côte (Bird, 2008). <b>Éco</b> : Les courants peuvent modifier les apports en nourriture et la dispersion des propagules. <b>Socio</b> : Engendre un risque de noyade pour les baigneurs (Bird, 2008)
2.2.2. Courants transversaux	Modification des courants transversaux vers le large ou la côte	3	2	0	
2.2.3. Dérive littorale	Modification des courants parallèles au rivage	3	2	0	
2.2.4. Courants de marée	Modification des courants causés par la variation du niveau de l'eau	0	2	0	
2.2.5. Courants d'arrachement	Création ou modification de courants d'arrachement	3	2	2	
<b>2.3. Eaux souterraines</b>		-	-	-	
2.3.1. Épaisseur de la zone de plage non saturée	Modification de l'épaisseur de la zone non saturée	2	0	0	<b>Géo</b> : Une plage saturée est plus sujette à l'érosion (Bird, 2008).
2.3.2. Infiltration/Percolation	Modification de l'infiltration et de la percolation de l'eau à la surface de la plage	2	0	0	
2.3.3. Niveau de la nappe phréatique	Modification du niveau de la nappe phréatique	2	0	0	
<b>2.4. Jet de rive</b>		-	-	-	
2.4.1. Backwash/Swash	Modification de l'incidence de la dissipation de la vague sur la plage (monté (swash/uprush) ou de la descente (backwash/downrush))	2	0	0	<b>Géo</b> : Modification de la dissipation des vagues affectant ultimement le transport sédimentaire.
2.4.2. Franchissement	Passage d'eau par-dessus un OPC	2	0	0	
2.4.3. Run-up	Modification du niveau atteint par une vague (run-up ou set-up)	2	0	0	
<b>2.5. Processus de dissipation</b>		-	-	-	
2.5.1. Déferlement	Modification du processus de déferlement des vagues	2	2	0	<b>Géo</b> : Augmentation de l'énergie et de la réflexion des vagues sont une cause d'érosion (Bird, 2008)
2.5.2. Diffraction	Modification du phénomène de diffraction	2	2	0	
2.5.3. Énergie des vagues	Modification en générale de la dissipation de l'énergie des vagues	2	2	0	<b>Éco</b> : Délogement/arrachage et abrasion des organismes.
2.5.4. Hauteur de vagues	Modification de la hauteur des vagues	2	2	0	
2.5.5. Réflexion	Modification de la réflexion des vagues	2	2	0	
2.5.6. Transmission	Modification de la transmission des vagues, soit le passage d'une partie de l'énergie de l'eau par-dessus un OPC.	2	2	0	
2.5.7. Réfraction	Modification de la réfraction des vagues	3	2	0	
<b>3. Écologique</b>		-	-	-	
<b>3.1. Biocénose</b>		-	-	-	
3.1.1. Biocénose qualitative	Modifications qualitatives de la biocénose d'un écosystème (présence/absence d'espèce, richesse,	0	1	0	Observation d'une variation de la biocénose

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Catégorisation des effets observés	Description	Échelle de cause à effet			Explication du niveau attribué
		Géo	Eco	Socio	
3.1.2. Biocénose quantitative	assemblages, diversité, indices d'oiseaux, espèces non indigènes, diversité génétique des organismes, perte d'espèce) Modifications quantitatives de la biocénose d'un écosystème (abondance, densité, concentration en chlorophylle a, pourcentage de couverture des herbiers)	0	1	0	
<hr/>					
<b>3.2. Biotope</b>		-	-	-	
3.2.1. Modification physico-chimique	Modification du biotope en termes de physico-chimie (humidité, température, pH, turbidité et qualité de l'eau)	0	3	0	
3.2.2. Modification structurelle	Modification du biotope en termes de structure (perte d'habitat, changement de type d'habitat, apparition de zone de sédiment nu, modification de la végétation ou de l'ombrage)	0	3	0	
3.2.3. Mouvement de la ressource	Modification du mouvement de la ressource	0	3	2	
3.2.4. Quantité et qualité de la ressource	Modification de la quantité et de la qualité de la ressource	0	3	0	
<hr/>					
<b>3.3. Processus biologiques</b>		-	-	-	
3.3.1. Fonction de croissance	Modification de la fonction de croissance des organismes (croissance, biomasse et biométrie)	0	2	0	
3.3.2. Fonction de locomotion	Modification de la fonction de locomotion des organismes (mouvement et enterrement)	0	2	0	
3.3.3. Fonction de nutrition	Modification de la fonction de nutrition des organismes (nutrition et réserves)	0	2	0	
3.3.4. Fonction de reproduction	Modification de la fonction de reproduction des organismes (reproduction, indices de pontes et recrutement)	0	2	0	
3.3.5. Fonction de respiration	Modification de la fonction de respiration des organismes	0	2	0	
<hr/>					
<b>4. Social</b>		-	-	-	
<hr/>					
<b>4.1. Pratique de loisirs</b>		-	-	-	
4.1.1. Loisirs aquatiques côtiers	Loisirs pratiqués dans l'eau à proximité de la côte	0	0	1	<b>Socio</b> : Observation d'une modification directe à la pratique de loisirs
4.1.2. Loisirs terrestres	Loisirs pratiqués sur la côte	0	0	1	
<hr/>					
<b>4.2. Qualité socio-culturelle</b>		-	-	-	
4.2.1. Esthétisme	Modification du paysage/beauté du paysage	0	0	1	

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Catégorisation des effets observés	Description	Échelle de cause à effet		
		Géo	Eco	Socio
4.2.2. Qualité de vie	Modification de la qualité de vie des résidents	0	0	1
				Explication du niveau attribué
				Socio : Observation d'une modification directe à la qualité socio-culturelle

## 2.3 Évaluation des effets observés

L'évaluation des effets observés est basée sur la hiérarchisation des sous-types d'effet observé et la pondération des affirmations.

### 2.3.1 Hiérarchisation des effets observés

Les affirmations d'effet observé ont été hiérarchisées en fonction de leur sous-type (tableau 2, niveau 3) et pour les trois principales catégories d'effet observé (géomorphologique, écologique et social). D'abord, la hiérarchisation est basée sur une échelle de cause à effet à trois niveaux ( $L_n$ ) : effet, cause directe et cause indirecte. Ainsi, le niveau 1 correspond à l'observation de l'effet direct d'un OPC. Le niveau 2 correspond à l'observation d'une cause menant directement à l'observation d'un effet (niveau 1). Le niveau 3 correspond à l'observation d'une cause indirecte.

Une distinction a été faite entre les trois principales catégories d'effet observé ( $L_i$ ) et la catégorie *hydrodynamique*, car cette catégorie ne présente aucun effet direct sur le système côtier. Les effets observés de catégorie hydrodynamique sont plutôt des causes, directes ou indirectes, d'un effet direct géomorphologique, écologique ou social.

Ainsi, pour chacune des trois principales catégories d'effet observé, une hiérarchisation des sous-types d'effet observé en fonction de l'échelle de cause à effet. Pour ces trois catégories d'effet observé, le tableau 3 présente ce qui a été considéré comme un effet direct, une cause directe et une cause indirecte.

Tableau 3. Échelle de cause à effet utilisée pour la hiérarchisation des effets observés

Niveau	Géomorphologique	Écosystème	Social
1 Effet direct	Observation de l'érosion ou de l'accumulation sédimentaire	Observation d'une variation de la biocénose	Observation d'une modification à la qualité socio-culturelle ou à la pratique de loisirs
2 Cause directe	Phénomène favorisant l'érosion ou l'accumulation sédimentaire	Phénomène favorisant la variation de la biocénose	Phénomène favorisant la variation de la qualité socio-culturelle ou à la pratique de loisirs
3 Cause indirecte	Phénomène qui survient dans le processus d'érosion côtière sans en être la cause directe.	Phénomène qui survient ayant un effet sur la biocénose sans en être la cause directe	Phénomène qui survient ayant un effet sur la qualité socio-culturelle ou à la pratique de loisirs sans en être la cause directe.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

### 2.3.2 Pondération des effets observés

Une méthodologie d'évaluation des effets des OPC a été développée afin d'être en mesure d'utiliser comme données de base les affirmations d'effets observés par des auteurs tirées de publications scientifiques. La majorité des affirmations sont qualitatives. Une échelle de pondération qualitative a donc été développée pour être en mesure de distinguer l'importance des effets observés.

L'effet d'un OPC sur le système socio-écologique côtier est évalué selon un indice de sensibilité qui permet de pondérer l'effet des OPC selon une échelle de pondération qualitative dont les niveaux varient entre 5 et -5. Le niveau attribué à l'effet d'un OPC sur le milieu est basé sur l'affirmation textuelle de l'auteur noté dans la base de données (tableau 4). Préalablement à l'attribution du niveau de l'indice de sensibilité, trois questions permettent de distinguer si l'effet observé est valable : (1) Est-ce une observation faite par l'auteur?; (2) Est-ce un changement au système côtier?; (3) Est-ce que le changement est provoqué par l'OPC ? Si la réponse est non à une de ces questions, l'affirmation est rejetée.

Pour les affirmations évoquant un résultat quantitatif, un ratio a été établi pour évaluer l'effet de l'OPC sur le système socio-écologique côtier. Puis, ce ratio a été transposé sur l'échelle de pondération qualitative.

Tableau 4. Échelle de pondération de base pour l'évaluation de l'effet d'un OPC sur le milieu

Échelon	Description	Ratio quantitatif	Exemples
5	Effet marqué positif de l'OPC sur le milieu par l'utilisation de termes amplificateurs ou une mention d'effet à long terme	> + 70%	<i>Efficiently traps sediment, Abundance of sediment in front of geotube LCBs, Significant sand accumulation, long term flanking effects</i>
3	Effet observé positif de l'OPC sur le milieu	40 - 70%	<i>wave energy is approximately reduced by 50%, control sediment transport</i>
1	Effet minime positif de l'OPC sur le milieu par l'utilisation de termes limitateurs ou une mention associée à une tendance	10 - 40%	<i>tends to cause accumulation, indeed covered by a thick layer of sediment</i>
0	Aucun effet de l'OPC sur le milieu	-10 - 10%	<i>No evidence of accretion</i>
-1	Effet minime négatif de l'OPC sur le milieu par l'utilisation de termes limitateurs ou une mention associée à une tendance	-10 - -40%	<i>minimizing the downdrift erosion associated with the groin</i>
-3	Effet observé négatif de l'OPC sur le milieu	-40 - -70%	<i>Erosion of the beaches, Lowered elevation of the beach toe</i>
-5	Effet marqué négatif de l'OPC sur le milieu par l'utilisation de termes amplificateurs ou une mention d'effet à long terme	> -70%	<i>Strong wave reflection, Heavy erosion in the gaps between breakwater</i>
NA	Le changement cité n'est pas applicable, car non observé par l'auteur	-	<i>Potential for scour, severe scour can be experienced</i>

L'échelle de pondération de base doit être précisée pour certains types d'effet observés. Ces ajustements sont présentés dans les sous-sections suivantes.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

### 2.3.2.1 Indice de sensibilité géomorphologique

L'indice de sensibilité géomorphologique permet de définir à quel niveau l'affirmation faite par l'auteur à un effet sur le phénomène d'érosion côtière. Les causes de l'érosion côtière utilisée comme base théorique ont été tirées du livre de Bird (2008). Le niveau et le fait que l'effet observé peut être jugé positif ou négatif peuvent nécessiter des précisions par rapport à l'échelle de pondération de base selon le type d'effet observé afin de spécifier si l'effet est positif ou négatif. Ainsi, le tableau 5 présente les précisions pour les types d'effet observé *courants* et *transport sédimentaire* et présente aussi les précisions pour le type d'effet observé *profil topo-bathymétrique*.

Pour la circulation hydrique et les courants, un principe de base de l'évaluation est que la présence de courant est associée à du transport sédimentaire. Ainsi, la création ou l'augmentation de courant a un potentiel de transporter davantage de sédiments. Par conséquent, les affirmations de ce type sont jugées négatives. Toutefois, des courants transversaux dirigés vers la côte sont considérés positifs, car ils ont le potentiel de transporter les sédiments vers la côte et de contribuer à de l'accumulation sédimentaire sur l'estran. L'évaluation des ajustements au profil topo-bathymétrique est réalisée en fonction de la capacité du profil à dissiper l'énergie des vagues.

Tableau 5. Précision de l'échelle de pondération de base

Pondération	Description et exemples
<b>Transport sédimentaire et courants</b>	
Positive	<u>Contrôle ou réduction</u> - <i>Effective in limiting offshore transport of sediment, control water circulation</i> <u>Déviation positive</u> - <i>Sediment is directed towards the salients, in the lee of the structures</i>
0	<u>Aucun effet</u> - <i>Current continued to flow alongshore</i> <u>Effet annulé</u> - <i>Onshore flow over the structure and offshore flow in the gaps</i>
Négative	<u>Création de courants négatifs</u> - <i>The resulting two eddies at both side of the structure</i> <u>Augmentation ou surintensité</u> - <i>Current velocity rapidly increases towards the gaps</i> - <i>Increase in turbulence</i> - <i>Circulation is particularly intense at the gaps</i> <u>Interruption</u> - <i>No flow through the groins is noticeable</i> <u>Déviation négative</u> - <i>Sediment is displaced seaward</i> - <i>High offshore sediment transport rates</i>
<b>Profil topo-bathymétrique</b>	
Positive	<u>Ajustement du profil de plage</u> - <i>adjustment of the profile</i> - <i>Smoothing of contours near the shoreline (bathymetry)</i> <u>Création de zones peu profondes</u> - <i>shallow nearshore</i> - <i>Elevated submerged profile</i>

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

---

	- <i>Rising of the bed offshore</i>
	<u>Augmentation de la largeur</u>
	- <i>increase surf zone width</i>
	<u>Atteinte d'un profil d'équilibre</u>
	- <i>Morphological equilibrium reached</i>
	<u>Création ou augmentation de la taille du système de barres</u>
	- <i>bar grows</i>
	- <i>offshore migration was inhibited</i>
0	<u>Aucun effet</u>
	- <i>no significant change in beach planform</i>
Négative	<u>Augmentation de la pente</u>
	- <i>Steeper profile</i>
	- <i>Beaches [...] were relatively steep</i>
	<u>Effets sur la variabilité</u>
	- <i>Affects beach slope variability</i>
	- <i>Bathymetry onshore [...] generally highly irregular and fragmented</i>
	- <i>Formation of a seaward trough</i>
	<u>Disparition ou diminution de la taille du système de barres</u>
	- <i>Offshore bar-trough system to flatten out</i>
	- <i>Strong offshore sandbar migration occurred</i>
	- <i>Resulting in bar splitting</i>

---

Les sous-types d'effet observé *Taille granulométrique* et *Redistribution sédimentaire* sont difficilement évaluables d'un point de vue géomorphologique. La redistribution se fait naturellement et n'est pas nécessairement associée à l'effet d'un OPC. Toutefois, elle a pour effet de modifier la taille granulométrique dans les différentes sections du profil de plage. Cette base a été utilisée pour l'évaluation de cet effet observé. Une modification de la taille granulométrique est notée négativement sur la base d'une modification des caractéristiques environnementales et sur les conséquences potentielles sur l'écosystème et sur les activités récréotouristiques. Il demeure que l'effet sur la taille et la redistribution granulométrique des sédiments est spécifique à chaque site, ainsi qu'aux caractéristiques des sédiments importés dans le contexte d'une recharge sédimentaire.

#### 2.3.2.1.1 Contexte d'une recharge sédimentaire

L'évaluation des effets observés de type géomorphologique est particulière pour les recharges sédimentaires en comparaison avec les autres OPC. Comme la structure d'une recharge s'apparente aux caractéristiques environnementales, les affirmations peuvent être confondues entre (1) un effet réel sur une composante du système côtier à moyen et long terme et (2) une modification structurelle instantanée et intrinsèque à la recharge sédimentaire.

Un seuil a été établi à 1 an pour discerner ces deux types d'affirmations, soit les effets instantanés et les effets à moyen, long terme. Dans le premier cas, les affirmations ont été évaluées avec le système de pondération de base (tableau 4). Dans le deuxième cas, les affirmations ont été rejetées. Ces rejets sont expliqués par le fait que les affirmations sont strictement liées au comportement de la recharge sédimentaire d'un point de vue structural durant ou suivant immédiatement les travaux de construction, sans égard à l'effet de la recharge sédimentaire sur le système socio-écologique côtier.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Ainsi, il est tout de même important de considérer l'effet positif d'une recharge de plage sur le bilan sédimentaire, le déplacement du trait de côte, l'accumulation sédimentaire ou d'autres effets géomorphologiques. Également, de distinguer les taux d'érosion des sédiments d'emprunt dus à l'équilibration de la recharge sédimentaire et l'effet de la recharge sur les taux d'érosion du secteur (tableau 6).

Tableau 6. Précision de l'échelle de pondération de base pour le type d'effet observé Érosion/accumulation dans le contexte d'une recharge sédimentaire

Pondération	Description et exemples
Positive	<p><u>Mention de diffusion des sédiments à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>The adjacent area to the west of the berm experienced sediment gain</i></li> <li>- <i>The sediment volume at the location of the initial peninsula has decreased during this first year by about 1,4 million m<sup>3</sup>, while adjacent coastal sections have shown a total increase in sediment volume of 0,9 million m<sup>3</sup>.</i></li> </ul> <p><u>Mention d'un effet à moyen ou long terme (&gt; 1 an)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>The volume of sediment remaining in the initial nourishment region after 3 years was about 90%.</i></li> </ul>
0	<p><u>Aucun effet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>During the subsequent 20 months of replenishment monitoring, net erosion continued to occur.</i></li> <li>- <i>The shoreface nourishment was expected to diffuse but surveyed data showed that the shoreface nourishment did not diffuse in the first 2 years.</i></li> </ul>
Négative	<p><u>Mention de diffusion des sédiments à l'échelle de la cellule hydrosédimentaire</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>In total, the area has lost a net sand volume of 230 000 m<sup>3</sup> after placement of the shoreface nourishment.</i></li> <li>- <i>Accretion of nourished material on the beach and dunes was accompanied by an appearance of erosion downstream of the nourished fields.</i></li> </ul>
NA	<p><u>Affirmation associée à la recharge en tant que telle et non à son effet sur le système côtier</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>The surveys show that the volumetric losses on the nourished peninsula were 1,8 million m<sup>3</sup>, i.e. about 10% of the added volume.</i></li> </ul>

### 2.3.2.2 Indice de sensibilité écosystémique

L'indice de sensibilité écosystémique permet de définir à quel niveau l'affirmation faite par l'auteur à un effet sur la biocénose dans lequel l'OPC est aménagée. Une affirmation associée à une augmentation de la biocénose est jugée positivement alors qu'une diminution est jugée négativement. Un changement d'espèce par l'arrivée d'espèces non indigènes et d'espèces envahissantes est également jugé négativement.

La majorité des affirmations sont basées sur des études biologiques comparant un OPC et un milieu naturel similaire à proximité (par exemple, comparaison d'un brise-lame avec un estran rocheux situé à proximité). Une situation de proximité est davantage reflétée dans ce type d'affirmation plutôt qu'une comparaison avant/après. D'un point de vue biologique, si un estran rocheux permet à un assemblage d'espèces de se développer dans des conditions hydrodynamiques données, il est attendu que ce même assemblage peut se développer sur un brise-lames implanté à proximité et dans les mêmes conditions hydrodynamiques. Ce type d'affirmation a donc été utilisé pour évaluer l'effet de l'OPC sur la biocénose.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Tableau 7. Précision de l'échelle de pondération de base pour l'indice de sensibilité écosystémique

Pondération	Description et exemples
- Biocénose : qualitative et quantitative	
Positive	<p><u>Présence et quantité de la biocénose (augmentation)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>These boulders also act as hard substrates for profuse settlement of barnacles and oysters</i></li> <li>- <i>Armored sites had greater Spartina coverage.</i></li> <li>- <i>Nine weeks after beach nourishment: Abundance increased a little.</i></li> </ul> <p><u>Création d'un habitat similaire ou identique pour la biocénose</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Dunes created from trapped sand contain vegetation and provide habitat for coastal birds and ground animals</i></li> <li>- <i>Many of the common mollusc that live in boulder-fields can successfully utilise these created habitats [...].</i></li> </ul>
0	<p><u>Aucun effet qualitatif ou quantitatif sur la biocénose</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Comparable species richness observed among all habitats (breakwater and natural reef), « Density of horseshoe crabs did not differ significantly ».</i></li> </ul> <p><u>Aucun effet sur l'habitat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>«The organic matter content was similar », « Light availability was similar».</i></li> </ul>
Négative	<p><u>Perte d'un habitat ou création d'un habitat différent pour la biocénose</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Dry upper beach zones were lacking on armored segments compared to adjacent unarmored segments.</i></li> </ul> <p><u>Affirmation en lien avec l'introduction d'espèces allochtones invasives ou non</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Increased abundance of gobies in riprap habitat (invasive).</i></li> </ul> <p><u>Absence ou diminution de la biocénose</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Absence of intertidal infauna at riprap</i></li> <li>- <i>Higher proportion (74%) of burrows occurred on the backshore of the reference section.</i></li> </ul>
NA	<p><u>Pas de changement au système</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>All studied species preferred sediment with a median grain size smaller than 250 mm.</i></li> </ul> <p><u>Ne permet pas de faire une distinction avant/après</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Recovery started after 8 years</i></li> </ul> <p><u>Comparaison de la présence d'espèce à différents endroits sur une même structure</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Higher species richness recorded landward of the breakwater.</i></li> </ul>

### 2.3.3 Échelles spatiales de l'effet observé

Deux échelles spatiales, longitudinale et transversale ont été utilisées pour amener une précision sur l'ampleur de la zone de l'effet observé. L'indice longitudinal de superficie impactée permet de considérer l'ampleur de l'effet mesuré le long de la côte (à proximité de l'OPC, cellule hydrosédimentaire, unité hydrosédimentaire). L'indice transversal permet de localiser l'effet observé sur le profil de plage (avant-côte, plage sous-marine, estran, haute/arrière-plage et profil de plage en général).

## 3 Algorithme d'identification

L'algorithme d'identification vise à : (1) caractériser le système socio-écologique côtier (volet I); (2) à évaluer un OPC en fonction des effets observés correspondants (volet II); (3) à déterminer la position des OPC dans le classement (volet III) (figure 1).

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

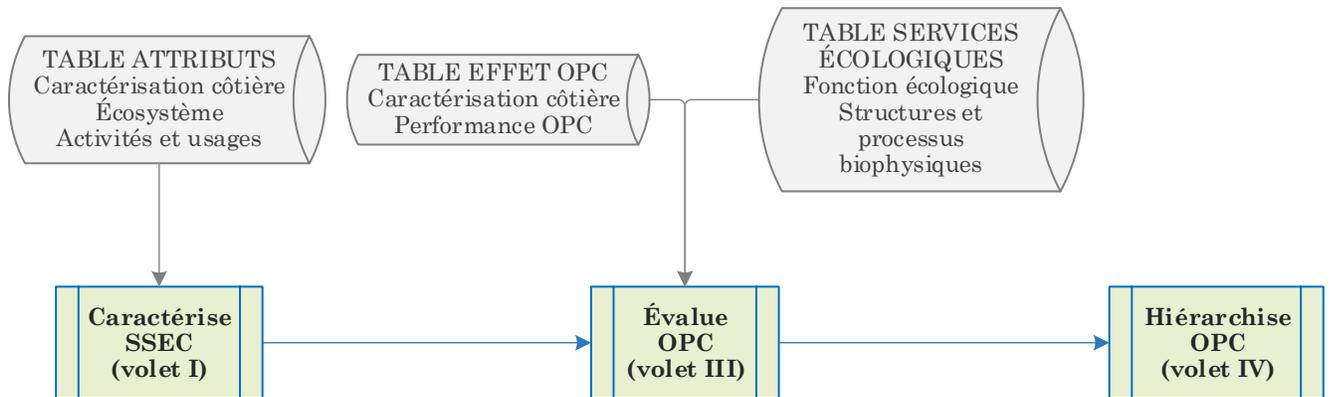


Figure 1. Schéma synthèse de l'algorithme d'identification

L'algorithme a deux modes : cellule hydrosédimentaire et manuel. Le mode cellule hydrosédimentaire permet d'évaluer les effets des OPC à l'échelle d'une cellule hydrosédimentaire en utilisant en intrant les tables d'attributs de la caractérisation côtière ainsi que des activités et usages côtiers. Le fonctionnement de l'algorithme pour ce mode est présenté dans les prochaines sections. Le mode cellule hydrosédimentaire permet d'évaluer les effets des OPC en sélectionnant dans une liste des caractéristiques d'un système côtier. Le fonctionnement de l'algorithme pour ce mode est brièvement présenté dans les prochaines sections.

### 3.1 Caractérisation du système socio-écologique

La caractérisation du système socio-écologique côtier est le premier volet de l'algorithme. Le regroupement  $reg.j$  des segments géomorphologiques homogènes contigus  $seg.i$  est la première étape de cette caractérisation (figure 2). Il est effectué afin de simplifier l'analyse en fonction de trois variables : types de côte  $TC$ , types de sol  $TS$  et directions de dérive littorale  $TD$ . Un regroupement est effectué lorsque plusieurs segments contigus présentent les mêmes valeurs de variable  $\{TC;TS;TD\}_{seg.i} = \{TC;TS;TD\}_{seg.i-1}$ . Un regroupement ne peut pas être inférieur à une longueur minimale  $L_{min}$  prédéfinie de 25 mètres. Un seul segment peut former un regroupement si sa longueur est supérieure à la longueur minimale et qu'il présente une différence dans une valeur de variable.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

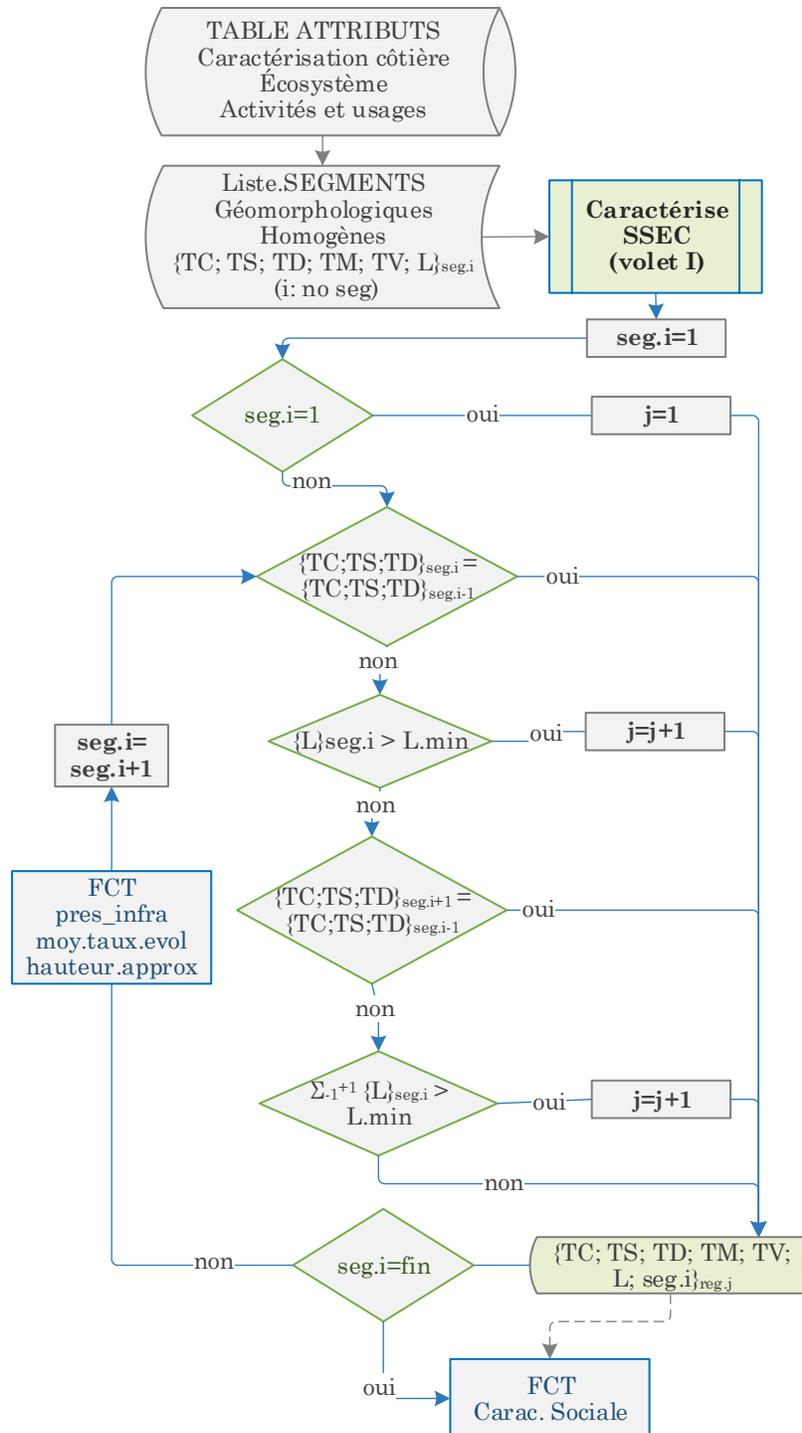


Figure 2. Schématisation du processus de regroupement et de caractérisation des segments géomorphologiques homogènes (volet I)

### 3.1.1 Présence d'infrastructure côtière

La présence d'infrastructure côtière est inscrite dans la caractérisation des regroupements FCT pres\_infra. Cette fonction permet de déterminer si des infrastructures côtières (bâtiments ou routes)

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

sont présentes sur un des segments du regroupement. Une analyse des OPC applicables au regroupement est effectuée lorsqu'il y a présence d'infrastructure côtière.

### **3.1.2 Évolution côtière**

Le taux d'évolution historique et la hauteur approximative de la côte sont également intégrés dans la caractérisation des regroupements. Cette information est utilisée pour calculer le potentiel d'apport sédimentaire d'un regroupement.

Le taux d'évolution historique est calculé à partir de lignes de rivage datant d'années différentes. Plusieurs méthodes statistiques peuvent être utilisées pour le calcul du taux d'évolution historique. Le choix de la méthode est spécifique à chaque site et dépend des caractéristiques de l'évolution historique et de l'état actuel de la côte. Une moyenne mobile est ensuite calculée afin de lisser l'évolution historique pour conserver une morphologie cohérente à l'échelle d'un site d'étude (Corriveau et al., 2019).

La moyenne mobile des taux d'évolution historique des segments a donc été utilisée pour établir une moyenne pour chaque regroupement `FCT moy.taux.evol`. Une moyenne de la hauteur approximative des segments est calculée pour chaque regroupement `fct hauteur.approx`.

### **3.1.3 Caractérisation sociale**

La caractérisation sociale est effectuée à l'échelle des regroupements de segments géomorphologiques homogènes. Pour chaque regroupement, la cartographie des usages de la côte est utilisée en intrant de l'algorithme (figure 3). Ces usages sont en fait des bénéfices dans la terminologie des services écologiques. Ainsi, l'algorithme permet d'associer chaque bénéfice `seg.ben.t` à un segment `seg.i`, puis à un regroupement `reg.j` et d'en faire le décompte `FCT cpt_benefices`. Chaque bénéfice est ensuite associé par définition à un service écologique (Annexe B – Services écologiques).

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

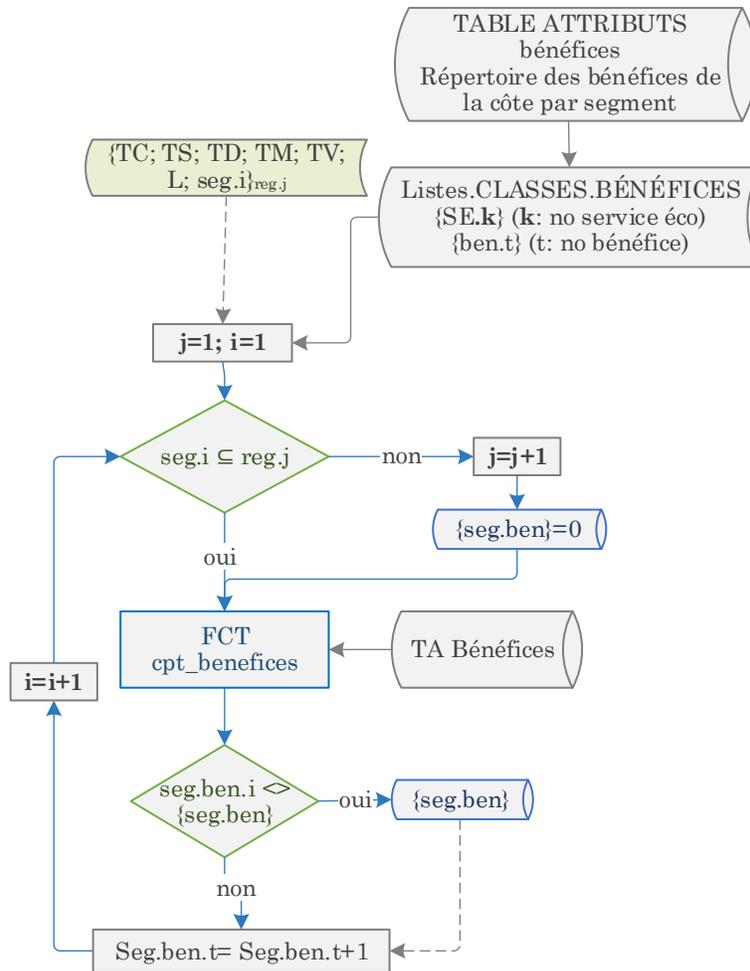


Figure 3. Schématisation de la fonction caractérisation sociale

### 3.2 Initialisation de l'algorithme

L'algorithme a été développé afin d'optimiser le temps de calcul. Ainsi, des ensembles de critères sont formés en fonction des valeurs attribuées afin d'être appliqués à un regroupement (en mode cellule hydrosédimentaire) ou à répondre à une interrogation précise de l'utilisateur (mode manuel). Les types de critères utilisés sont les ouvrages de protection côtière OPC, le type de côte TC, le type de substrat TS, le type de vague TV, le marnage TM et les catégories d'impact CI (figure 4).

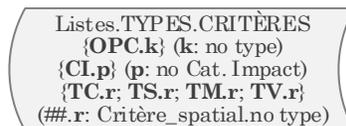


Figure 4. Critères d'évaluation utilisés dans l'algorithme

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

### 3.2.1 Attribution des valeurs aux critères d'évaluation

#### 3.2.1.1 Identification des OPC

Le choix des OPC à analyser est effectué manuellement par l'utilisateur. Ce choix est effectué à partir de la liste des OPC présente dans la feuille *requete* du tableur Excel. Les OPC inclus dans cette liste sont présentés et définis au tableau 13. Chaque OPC est analysé en fonction de la boucle  $OPC.k$ .

#### 3.2.1.2 Ensembles type de côte et type de substrat

En mode cellule hydrosédimentaire, une boucle permet de définir les différents ensembles de types de côtes et type de substrat (TC/TS) des regroupements de la cellule hydrosédimentaire  $ens.reg.m$ . Si plusieurs regroupements présentent des ensembles de mêmes valeurs, un enregistrement unique est effectué pour chaque ensemble afin d'effectuer l'analyse une seule fois (figure 5). En mode manuel, une succession de boucles permet de définir les différents ensembles de choix effectués par l'utilisateur.

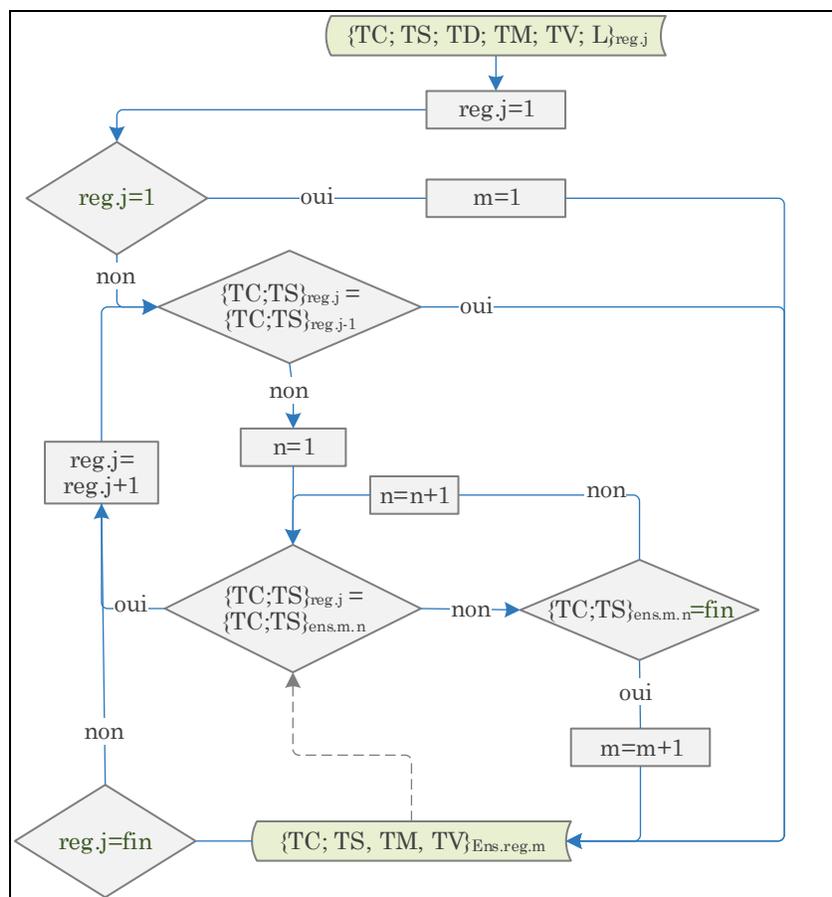


Figure 5. Formation des ensembles de regroupement en fonction des valeurs de TC et TS

#### 3.2.1.3 Type de vague et marnage

En mode cellule hydrosédimentaire, le type de vague et le marnage sont constants pour la totalité des regroupements. Les valeurs sont donc automatiquement jointes aux caractéristiques des ensembles de regroupement  $ens.reg.m$  (figure 5). En mode manuel, plus d'un type de vague TV et de marnage TM peuvent être sélectionnés par l'utilisateur.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

### 3.2.1.4 Catégorie d'impact

Les catégories d'impact CI géomorphologique, écosystémique et social à analyser sont sélectionnées manuellement par l'utilisateur à partir de la feuille requête du tableur Excel. Une analyse distincte est effectuée pour chaque OPC selon chaque catégorie d'impact sélectionnée en fonction de la boucle CI.p.

### 3.2.2 Liste de types de critères

L'élément central de l'algorithme est une liste des critères. Cette liste contient deux types de champs : champs de caractérisation et champs de stockage des résultats (tableau 8). Les champs de caractérisation correspondent aux critères OPC, TC, TS, TM, TV, CI de chaque ensemble de regroupement ens.reg.m.

L'algorithme est formé de trois boucles principales : OPC, CI et ens.reg. Chaque boucle est accompagnée d'un indice permettant de compter le nombre de fois que la boucle est parcourue : OPC.k, CI.p et ens.reg.m. La relation entre ces trois boucles peut se traduire ainsi :  $CI.p \subseteq OPC.k \subseteq ens.reg.m$ . De cette façon, cette relation de boucle permet de passer une à une les entrées de la liste et de subséquemment réaliser l'analyse correspondant à la catégorie d'impact CI. Les champs de stockage des résultats permettent donc d'enregistrer les résultats des différentes analyses pour ultimement établir une hiérarchisation des OPC pour chacun des regroupements.

Tableau 8. Champs de la liste des critères

Champs de caractérisation	Champs de stockage des résultats
- Ensembles de regroupement de segments ens.reg.m	- Nombre d'effets observés nb_EO
- Type de côte TC	- Degré d'élargissement atteint e
- Type de substrat TS	- Indice de correspondance IC
- Marnage TM	- Atteinte du pourcentage seuil pct.seuil
- Type de vagues TV	- Moyenne de pondération moy.pond
- Ouvrage de protection côtière OPC	- Position de l'OPC dans la hiérarchisation pour un regroupement donné
- Catégorie d'impact CI	

### 3.3 Évaluation des ouvrages de protection côtière

L'évaluation des effets observés des OPC est effectuée de façon distincte pour les trois catégories d'impact: géomorphologique, écosystémique et social (figure 6). Les détails de chaque élément du processus d'évaluation des OPC sont présentés dans les sous-sections suivantes.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

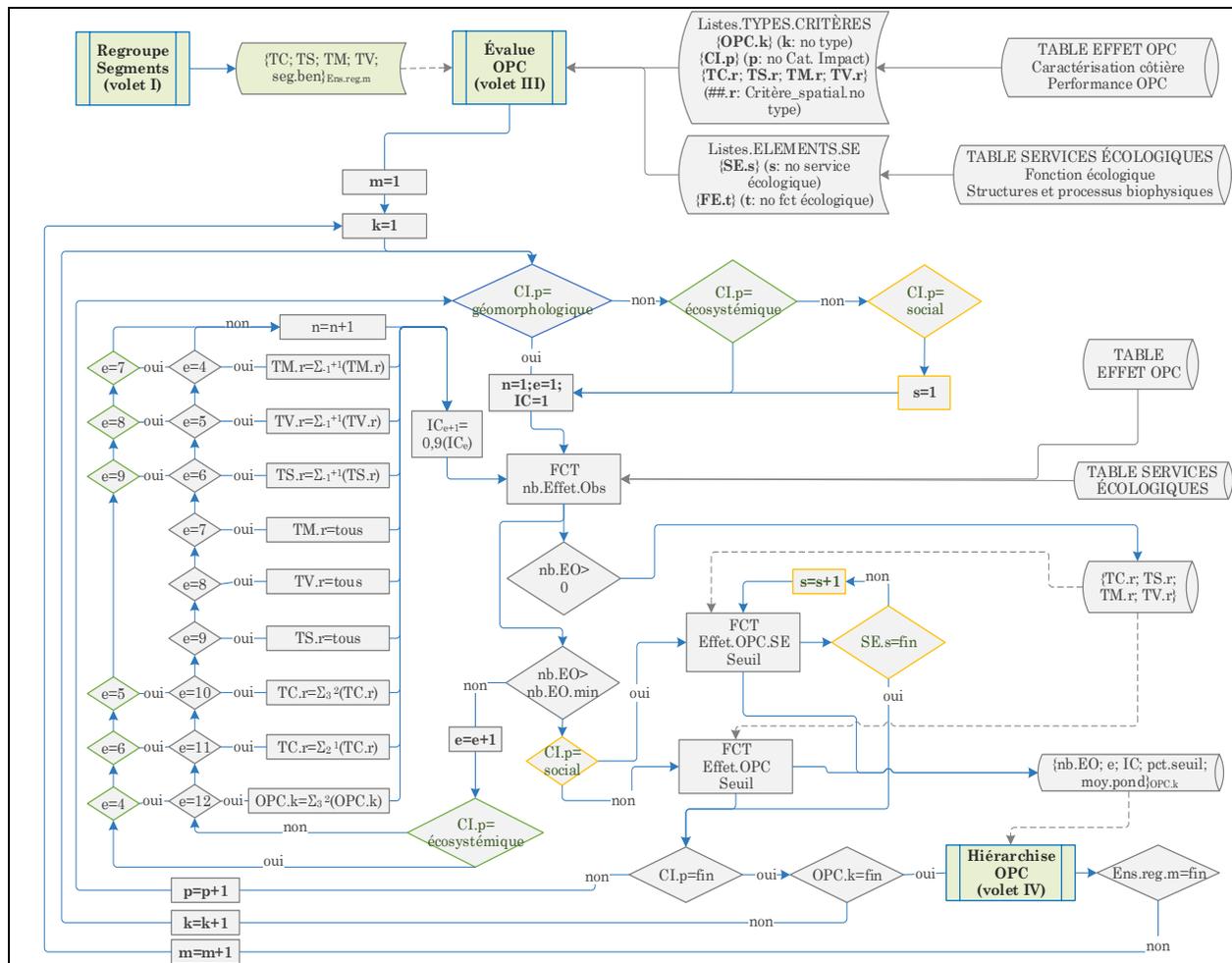


Figure 6. Schématisation du processus d'évaluation des ouvrages de protection côtière

### 3.3.1 Procédures algorithmiques de base

Certaines procédures sont utilisées à plusieurs endroits dans le volet de l'évaluation des effets observés de l'algorithme. Ces procédures sont présentées dans les sous-sections suivantes.

#### 3.3.1.1 Calcul du nombre d'Effets observés

Le calcul du nombre d'effets observés  $FCT\ nb.Effet.Obs$  permet de définir si l'information disponible pour un OPC dans un contexte de système côtier donné est suffisante pour être utilisée dans le processus décisionnel. Cette fonction vise à enregistrer dans une table distincte les effets observés d'un OPC  $OPC.k$  et les caractéristiques environnementales associées  $\{TC; TS; TM; TV; n\}EO.o$  présent dans la base de données, puis à compter le nombre d'occurrences  $nb.EO$  (figure 7).

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

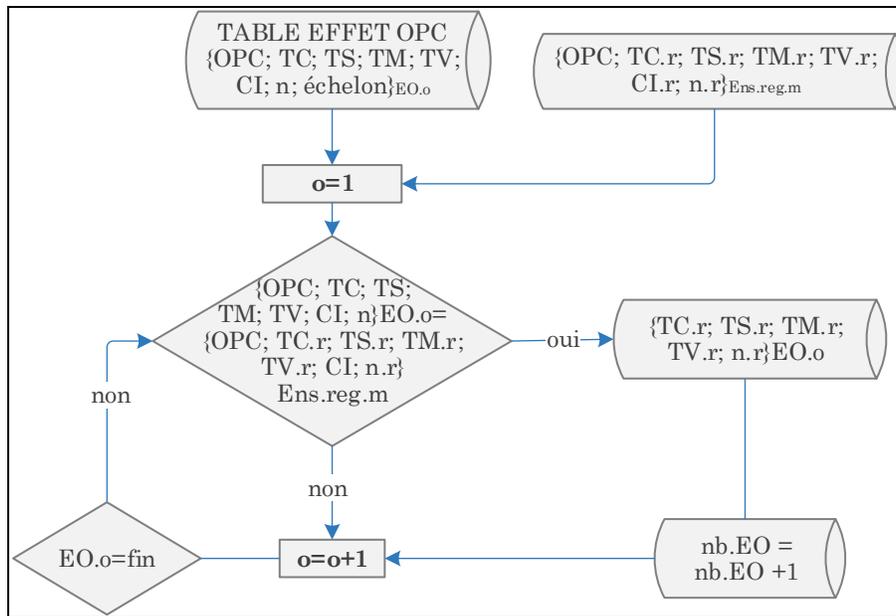


Figure 7. Détails de la fonction permettant de compter le nombre d'effets observés

### 3.3.1.1.1 Nombre d'effets observés minimal

Une comparaison est ensuite effectuée entre le nombre d'occurrences  $nb.EO$  et le paramètre nombre d'effets observés minimal  $nb.EO.min$ . Le nombre d'effets observés minimal est déterminé en regard du nombre total d'effets observés pour un OPC  $nb.EO.tot$ . Si le  $nb.EO.tot$  est inférieur à  $nb.EO.min$ , un élargissement  $e$  des critères de base est lancé et l'indice de correspondance  $IC$  est réduit.

Plusieurs équations ont été évaluées (équation 1 à équation 6) afin d'analyser l'évolution du ratio entre  $nb.EO.min$  et  $nb.EO.tot$  (figure 8). L'objectif est de sélectionner une équation permettant d'avoir un ratio décroissant en fonction de l'augmentation de  $nb.EO.tot$ . Ultimement, l'équation polynomiale a été sélectionnée. Les équations linéaires ont été rejetées, car elles ne répondent pas à l'objectif. L'équation polynomiale a été préférée à l'équation logarithmique, car elle présente un ratio plus faible lorsque  $nb.EO.tot$  est faible. Ainsi, l'analyse est basée sur un nombre d'effets observés plus faible, tout en conservant une meilleure correspondance avec les caractéristiques du secteur d'étude.

Linéaire 5 %	$nb.EO.min = 0,05 \cdot nb.EO.tot$	Équation 1
Linéaire 10 %	$nb.EO.min = 0,10 \cdot nb.EO.tot$	Équation 2
Linéaire 25 %	$nb.EO.min = 0,25 \cdot nb.EO.tot$	Équation 3
Linéaire 25 % avec seuil à $nb.EO.min = 25$	$nb.EO.min = \begin{cases} 0,25 \cdot nb.EO.tot & \text{si } nb.EO.min < 25 \\ 25 & \text{si } nb.EO.min \geq 25 \end{cases}$	Équation 4
Logarithmique	$nb.EO.min = 12,5 \cdot \ln(nb.EO.tot) - 22$	Équation 5
Polynomiale	$nb.EO.min = -0,0005 \cdot nb.EO.tot^2 + 0,32 \cdot nb.EO.tot - 0,5$	Équation 6

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

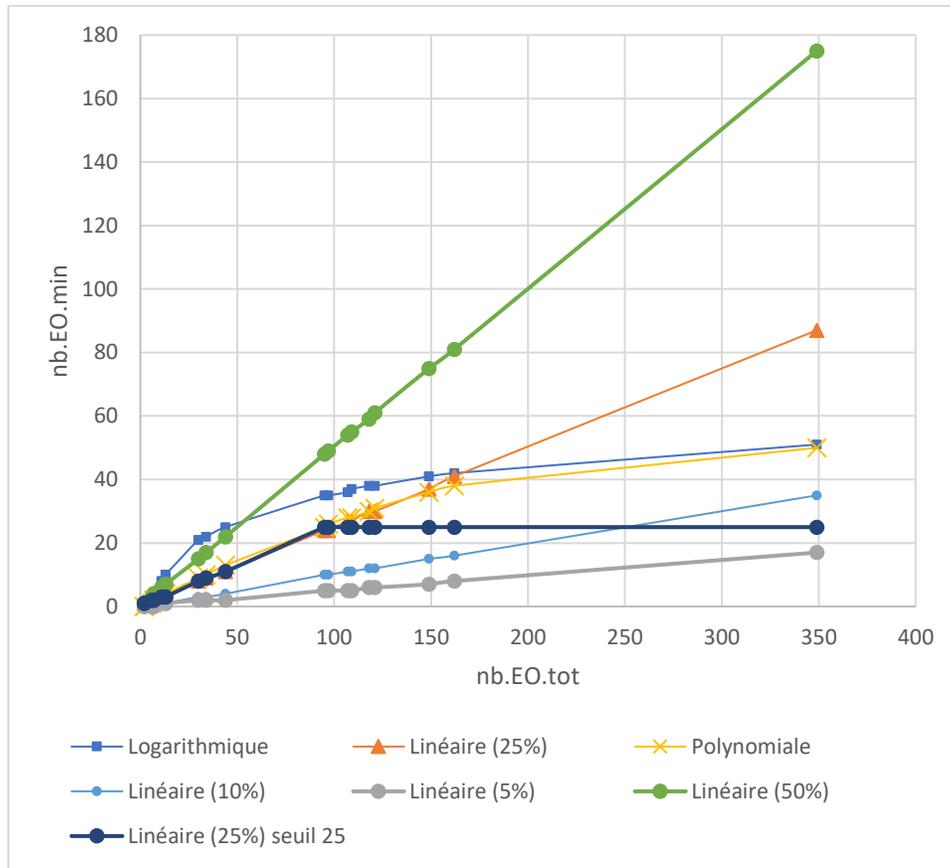


Figure 8. Équations évaluées pour le calcul du nombre d'effets observés minimal

### 3.3.1.1.2 Élargissement des variables de base

La littérature scientifique, quoiqu'abondante en ce qui a trait à l'étude de l'effet de certains OPC sur différents systèmes côtiers, est loin de couvrir l'entièreté des relations entre différents types d'OPC et différents types de systèmes côtiers. Une convergence est d'ailleurs observée vers des systèmes côtiers à côtes basses sableuses (Sauvé et al., n.d.). Dans ce contexte, il apparaît nécessaire d'établir une méthode d'élargissement des critères initiaux. L'objectif d'une telle méthode est d'élargir l'applicabilité de l'information disponible tirée de la littérature scientifique lorsque possible et de considérer une diminution de la précision de la correspondance entre cette information et les caractéristiques du secteur étudié (TC, TS, TM, TV, n, OPC). Ainsi, l'élargissement des critères initiaux est associé à une diminution de l'indice de correspondance IC. Douze degrés d'élargissement  $e$  ont été définis (tableau 9).

Une analyse de sensibilité a été effectuée afin d'évaluer l'effet de l'ordre des degrés d'élargissement sur la hiérarchisation des OPC ainsi que sur la valeur des indicateurs de performance de chaque OPC (Annexe C – Analyse de sensibilité). L'ordre des degrés d'élargissement est établi de manière à faire décroître progressivement la correspondance entre les critères de recherche actualisés et initiaux.

La partie supérieure des degrés d'élargissement ( $e = 1$  à  $3$ ) est occupée par les niveaux de l'échelle de cause à effet (tableau 3). La partie intermédiaire ( $e = 4$  à  $10$ ) est occupée par l'élargissement du type de marnage, du type de vague, du type de substrat et d'un premier élargissement du type de côte. La partie

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

inférieure (e = 11 et 12) est occupée par un second élargissement du type de côte et du type d'OPC. Trois scénarios ont été appliqués. Le scénario i est utilisé comme scénario de référence. Dans le scénario ii, les degrés d'élargissement de TM et de TV ont été interchangés. Dans le scénario iv, le premier élargissement du type de côte a été positionné dans la partie intermédiaire.

Tableau 9. Variation des degrés d'élargissement des critères de recherche initiaux selon les scénarios A, B et C

Description	Indice	Scénarios			
		i	ii	iii	iv
Conditions initiales du regroupement analysé et effets directs observés. IC inchangé	$n = n + 1$	1	1	1	1
Conditions initiales du regroupement analysé et ajout des causes directes aux effets directs observés (tableau 3)	$n = n + 1$	2	2	2	2
Conditions initiales du regroupement analysé et ajout des causes indirectes aux causes directes et aux effets directs observés (tableau 3)	$n = n + 1$	3	3	3	3
Intégration des classes de marnage inférieures et supérieures immédiates à la classe initiale (tableau 16)	$TM.r = \sum_{-1}^{+1}(TM.r)$	4	5	5	4
Intégration des classes de régime de vague inférieures et supérieures immédiates à la classe initiale (tableau 17)	$TV.r = \sum_{-1}^{+1}(TV.r)$	5	4	6	5
Intégration des classes de type de substrat inférieures et supérieures immédiates à la classe initiale (tableau 15)	$TS.r = \sum_{-1}^{+1}(TS.r)$	6	6	4	6
Intégration de l'ensemble des classes de marnage (tableau 16)	$TM.r = \text{tous}$	7	8	8	8
Intégration de l'ensemble des classes de régime de vague (tableau 17)	$TV.r = \text{tous}$	8	7	9	9
Intégration de l'ensemble des classes de type de substrat (tableau 15)	$TS.r = \text{tous}$	9	9	7	10
Intégration de l'ensemble des sous-types de côtes dans le type de côte initial (tableau 14)	$TC.r = \sum_{-3}^2(TC.r)$	10	10	10	7
Intégration de l'ensemble des sous-types de côtes dans la sous-catégorie de côte (tableau 14)	$TC.r = \sum_{-2}^1(TC.r)$	11	11	11	11
Intégration de l'ensemble des sous-types d'OPC inclus dans un même type (tableau 13)	$OPC.k = \sum_{-3}^2(OPC.k)$	12	12	12	12

Les résultats de l'analyse de sensibilité associés aux degrés d'élargissement sont présentés à l'annexe C. Dans une perspective d'élargissement du spectre d'applicabilité de l'algorithme, l'analyse de sensibilité devra être élargie afin d'augmenter la variabilité des caractéristiques environnementales des sites d'étude. Ainsi, la base comparative entre les sites d'étude pour un même scénario sera élargie et permettra un meilleur appui de l'ordre des degrés d'élargissement.

Tout de même, un constat temporaire a été établi dans le contexte des caractéristiques environnementales du projet actuel. Ainsi, selon les résultats de la comparaison entre le scénario i et les scénarios ii et iii, l'ordre de base des degrés d'élargissement est maintenu pour le type de marnage, de vague et de sol. De plus, selon les résultats de la comparaison entre les scénarios i et iv, le premier élargissement du type de côte a été déplacé à la position 7. Cette modification permet d'intégrer davantage d'effets observés dans l'analyse à un degré d'élargissement plus faible. Ainsi, il accentue la distinction entre les OPC plus rapidement et permet d'augmenter la pertinence de l'indice de correspondance. Ainsi, l'ordre des degrés d'élargissement du scénario iv a été utilisé.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

### 3.3.1.1.3 Indice de correspondance

Un indice de correspondance  $IC$  entre un secteur d'étude et les caractéristiques des milieux décrites dans la littérature scientifique a été développé pour élargir les critères initiaux lorsque le nombre minimal d'effets observés  $nb.eo.min$  n'est pas atteint. L' $IC$  a une valeur initiale de 1 et est réduite en fonction des 12 degrés d'élargissement  $e$  des variables de base (tableau 9). L'indice de correspondance permet de caractériser l'incertitude de l'information disponible dans un milieu donné et utilisé dans l'analyse des résultats. Trois équations ont été évaluées pour dicter le comportement de l'indice de correspondance : exponentielle, polynomiale (1<sup>er</sup> ordre) et polynomiale (3<sup>e</sup> ordre) (figure 9). Les trois équations se distinguent par le poids accordé à chaque degré d'élargissement en termes d'incertitude. En considérant l'équation polynomiale de 1<sup>er</sup> ordre, un poids égal est attribué à chaque degré d'élargissement (équation 9). Pour l'équation polynomiale de 3<sup>e</sup> ordre (équation 8), un poids inférieur est accordé aux premiers degrés et supérieur aux derniers. Pour l'équation exponentielle, un poids supérieur est accordé aux premiers degrés d'élargissement et inférieur aux derniers (équation 7). L'équation polynomiale a été choisie pour le calcul de l'indice de correspondance. Cette fonction est plus représentative de l'effet de l'augmentation du degré d'élargissement sur l'incertitude associé aux résultats.

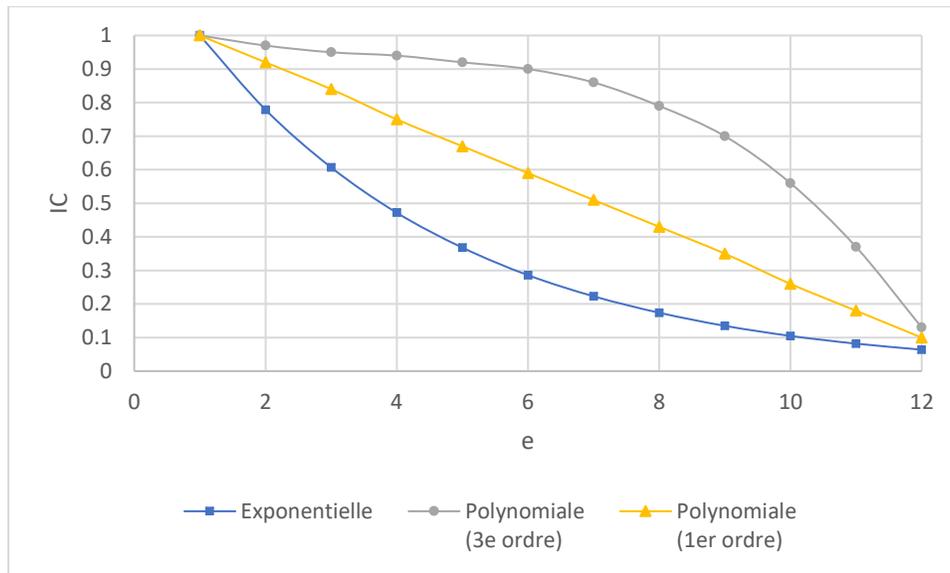


Figure 9. Équations évaluées pour le calcul de l'indice de correspondance

$IC = 1,284e^{-0,25e}$	Équation 7
$IC = -0,0013e^3 + 0,015e^2 - 0,07e + 1,06$	Équation 8
$IC = -0,0818e + 1,0818$	Équation 9

### 3.3.1.2 Évaluation de l'effet des OPC

L'évaluation de l'effet des OPC est basée sur la fonction  $FCT.Effet.OPC$ . À partir de la table des effets des OPC créée par la fonction  $nb.effet.obs$ , cette fonction permet de compter le nombre d'effets observés par échelon de pondération (-5 à 5), puis de les regrouper par sous-type, type et catégorie. La

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

somme du compte de plusieurs sous-types correspond au total d'un type, puis de plusieurs types au total d'une catégorie. Ainsi, le nombre d'effets observés  $n_{b.EO}$  est divisé par échelon de l'échelle de pondération.

### 3.3.2 Spécificité des catégories d'impact

L'évaluation des catégories d'impact géomorphologique, écosystémique et social est basée sur les procédures algorithmes de base. Cependant, des modifications ont été apportées afin d'adapter l'analyse aux spécificités de chacune des catégories d'impact.

#### 3.3.2.1 Catégorie d'impact géomorphologique

L'algorithme dans le contexte de la catégorie d'impact géomorphologique est basé entièrement sur les procédures algorithmiques de base présentées dans les sous-sections précédentes.

#### 3.3.2.2 Catégorie d'impact écosystémique

L'algorithme dans le contexte de la catégorie d'impact écosystémique est également basé sur les procédures algorithmiques de base à une exception : le nombre de degrés d'élargissement  $e$  est inférieur. Ce choix méthodologique est justifié par le fait que d'un point de vue biologique, les conditions environnementales doivent être similaires, voire identique, pour qu'un effet soit reproductible. Ainsi, l'élargissement des critères initiaux ne peut être aussi large que pour la catégorie d'impact géomorphologique afin de conserver une correspondance valable entre les milieux dans lesquels les effets ont été observés et le secteur d'étude. Idéalement, les degrés d'élargissement seraient limités à l'inclusion des causes directes et indirectes (degrés 2 et 3), puis aux OPC similaires (degré 11). De cette manière, les critères d'évaluation associés aux caractéristiques environnementales demeureraient les mêmes. Cependant, le manque d'étude de cas dans la littérature force l'ajout de degré d'élargissement afin d'intégrer dans l'analyse un nombre suffisant d'effets observés au détriment de l'augmentation de l'incertitude des résultats. Ainsi, l'ordre des degrés d'élargissement, initialement optimisé pour la catégorie d'impact géomorphologique, a été ajusté aux effets écosystémiques des OPC et le nombre total de degrés d'élargissement a été réduit à 9 (tableau 10). Les trois degrés d'élargissement rejetés par rapport aux degrés initiaux sont ceux associés à l'intégration de l'ensemble des classes de marnage, de types de vague et de types de sol. Ces trois degrés d'élargissement ont été ciblés afin de conserver une certaine correspondance entre les milieux intégrés dans l'évaluation et les caractéristiques environnementales du secteur d'étude.

Tableau 10. Degrés d'élargissement des critères de recherche initiaux pour la catégorie d'impact écosystème

Degrés ajustés	Degrés initiaux	Description
1	1	Conditions initiales du regroupement analysé et effets directs observés. IC inchangé
2	2	Conditions initiales du regroupement analysé et ajout des causes directes aux effets directs observés
3	3	Conditions initiales du regroupement analysé et ajout des causes indirectes aux causes directes et aux effets directs observés
4	12	Élargissement des OPC pour intégrer l'ensemble des OPC dans une même catégorie
5	7	Élargissement du type de côte pour intégrer l'ensemble des types de côtes dans le sous-regroupement

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

6	11	Élargissement du type de côte pour intégrer l'ensemble des types de côtes dans le regroupement
7	4	Élargissement des classes de marnage pour intégrer les classes inférieures et supérieures immédiates à la classe initiale
8	5	Élargissement des classes de régime de vague pour intégrer les classes inférieures et supérieures immédiates à la classe initiale
9	6	Élargissement des classes de type de substrat pour intégrer les classes inférieures et supérieures immédiates à la classe initiale

### 3.3.2.3 Catégorie d'impact social

L'évaluation de l'impact social de l'aménagement d'un OPC est basée sur le concept de services écologiques (SE). Théoriquement, le modèle en cascade (figure 10) permet de visualiser les liens entre les sous-ensembles d'idées qui font partie du concept de services écologiques ainsi que la façon dont ces sous-ensembles s'insèrent dans les aspects environnementaux et sociaux d'un système socio-écologique (tableau 11).

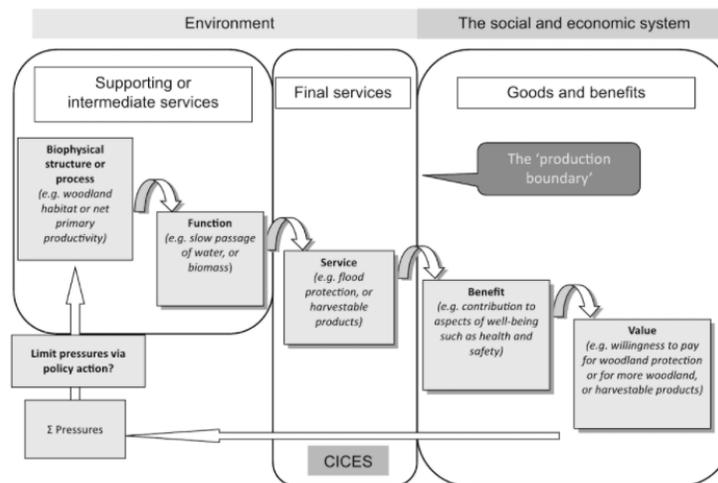


Figure 10. Modèle en cascade du concept de services écologiques (Potschin and Haines-Young, 2016)

Tableau 11. Définition des différentes composantes du modèle en cascade du concept de services écologiques

Composantes du modèle en cascade	Définition
Propriétés	Ensemble des conditions, des structures et des processus biophysiques déterminant si un service écologique peut être fourni (Van Oudenhoven et al., 2012).
Fonctions	Sous-ensembles de caractéristiques écologiques qui définissent la capacité d'un écosystème à fournir un service (de Groot et al., 2010; Potschin and Haines-Young, 2016). Une fonction est généralement associée à plusieurs services écologiques (Liquete et al., 2013).
Services	Activité ou fonction d'un écosystème qui fournit un bénéfice (Potschin and Haines-Young, 2016)
Bénéfices	Multiples façons que le bien-être humain est amélioré par les processus et les fonctions écosystémiques via les services écologiques (Potschin and Haines-Young, 2016)

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Valeurs	Valeur est accordée aux bénéfiques en fonction de l'importance que leur accordent les humains (Potschin and Haines-Young, 2016). Les valeurs sont les préférences, les principes et les vertus qu'une personne ou un groupe détient (Chan et al., 2012).
---------	--

En pratique, l'algorithme a été légèrement modifié pour être en mesure d'associer les effets observés des OPC aux fonctions écologiques de manière à évaluer l'effet de chaque OPC sur chaque SE (voir Annexe B – Services écologiques pour les relations établies).

Pour le calcul du nombre d'effets observés, l'algorithme a été divisé en deux étapes. D'abord, la procédure usuelle a été modifiée afin d'intégrer seulement les 4 critères TC, TS, TM, TV et de faire abstraction de la catégorie d'effet observé. Cette modification permet de créer une sous-base de données qui contient seulement les effets observés qui ont potentiellement une répercussion sur un des services écologiques. Les élargissements pour atteindre le nombre d'effets minimal sont effectués à cette étape. Ainsi, l'indice de correspondance n'est pas utilisé pour la hiérarchisation des OPC, car les effets observés sont extraits de la base de données pour l'ensemble des services écologiques.

Puis, pour chaque service écologique, l'évaluation de l'effet d'un OPC  $fct_{effet.OPC}$  est réalisée à partir d'un ensemble d'effet observé qui a une répercussion sur le service écologique actuel  $SE.s$ .

### 3.4 Présentation des résultats

Les résultats de l'algorithme sont présentés en cinq sections : un sommaire des caractéristiques du regroupement, un classement des OPC, une section de graphique indiquant le nombre d'effets observés par degré d'élargissement, un rapport d'analyse et une liste des résultats détaillée de l'évaluation des effets observés. L'utilisateur peut sélectionner à partir de la feuille *requête* du tableur Excel les sections à intégrer dans le rapport final.

#### 3.4.1 Sommaire des caractéristiques du regroupement

Une synthèse des caractéristiques du regroupement est présentée dans cette section du rapport final en trois sous-sections : caractéristiques environnementales, évolution côtière, portrait des services écologiques (tableau 12).

Tableau 12. Éléments présents dans chaque sous-section du sommaire des caractéristiques du regroupement

<b>Caractéristiques environnementales</b> : Type de côte, type de substrat, marnage, vague
<b>Évolution côtière</b> : Pourcentage d'artificialité, taux de déplacement moyen (m/an), hauteur moyenne (m), sens de la dérive littorale (°), apport sédimentaire potentiel (m <sup>3</sup> /an)
<b>Portrait de services écologiques</b> : Nombre d'usages (bénéfiques) par type de service écologique (>0)

L'apport sédimentaire potentiel du regroupement (m<sup>3</sup>/an) est calculé par la multiplication du taux de déplacement moyen (m/an), de la hauteur moyenne de la côte (m), de la longueur du regroupement (m) et du pourcentage de côte non-artificielle du regroupement (1 - % d'artificialité). Cette dernière variable permet d'intégrer dans le calcul de l'effet de rétention sédimentaire des structures réfléchives existantes.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

### 3.4.2 Hiérarchisation des OPC (Volet IV)

La hiérarchisation des OPC au moyen de l'algorithme est effectuée dans le processus global de conception des OPC. L'objectif de l'algorithme est de caractériser les ouvrages de protection côtière afin de subséquemment établir un pré-classement de manière à orienter, par la suite, l'identification d'un OPC adapté au contexte d'intervention.

Un classement est généré par catégorie d'impact (géomorphologique, écosystémique, social). Ce choix méthodologique a été fait afin d'éviter d'avoir à agréger les résultats de ces trois catégories dans un indice global et d'ainsi perdre de la précision par rapport aux données brutes.

Le classement des OPC est basé dans l'ordre sur trois critères : l'atteinte du pourcentage seuil  $pct.seuil$ , la moyenne pondérée  $moy.pond$ , puis l'indice de correspondance  $IC$ . La moyenne pondérée, puis l'indice de correspondance sont utilisés en cas d'égalité (figure 11).

Un OPC sélectionné par l'utilisateur est soustrait du classement lorsque le nombre d'effets observés est nul dans le contexte des caractéristiques environnementales du regroupement.

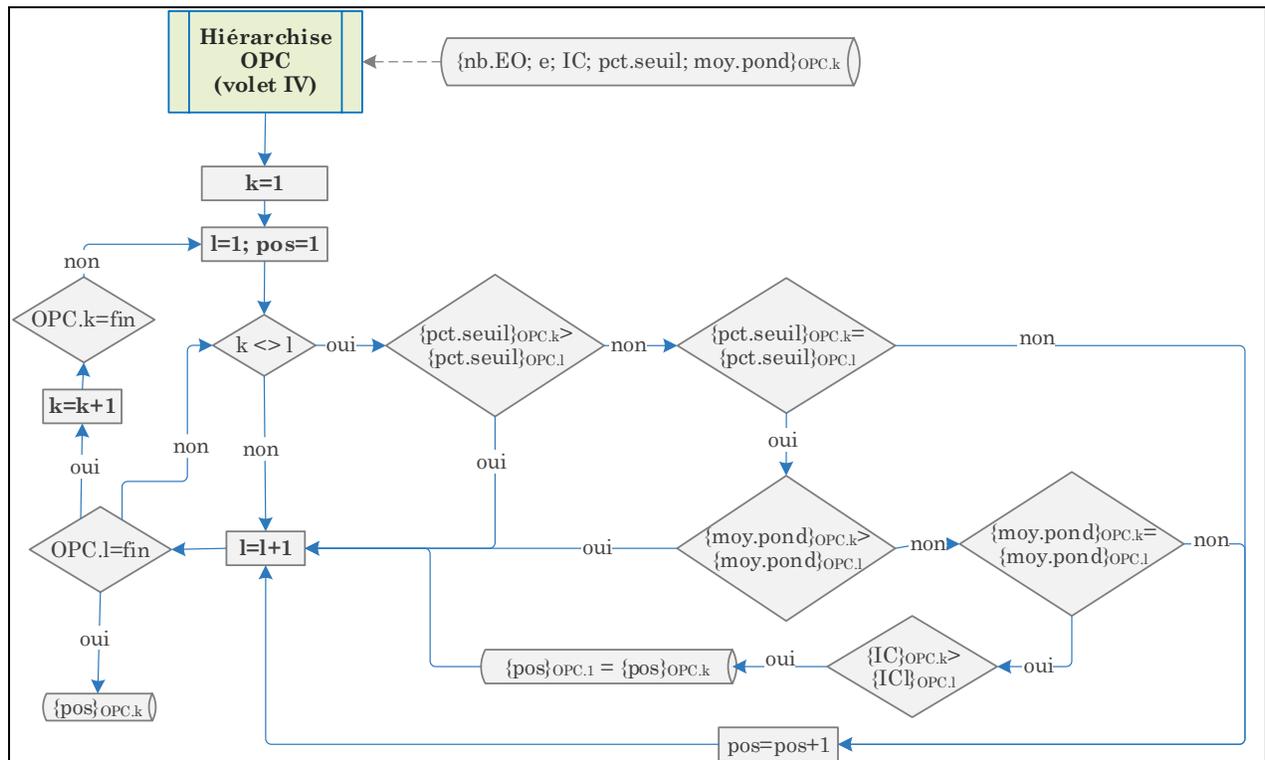


Figure 11. Processus de hiérarchisation des OPC en fonction de l'atteinte du pourcentage seuil, de la moyenne pondérée et de l'indice de correspondance.

Également, l'atteinte du pourcentage seuil  $pct.seuil$ , la moyenne pondérée  $moy.pond$  et l'indice de correspondance  $IC$  permettent d'obtenir de l'information complémentaire pour l'analyse d'un effet observé spécifique.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

#### 3.4.2.1 *Atteinte du pourcentage seuil*

Un pourcentage seuil `pct.seuil` est utilisé pour déterminer à partir de quel échelon sur l'échelle de pondération un certain nombre d'effets observés sont présents. La fonction permet de calculer de façon décroissante (-5 à 5), un échelon à la fois, le pourcentage cumulatif du nombre d'effets observés par rapport au nombre d'effets observés total pour le sous-type, le type ou la catégorie d'effet observé en question. Lorsque le pourcentage cumulatif est supérieur au pourcentage seuil, l'échelon est retenu et utilisé en tant qu'indicateur de performance de l'OPC.

Une analyse de sensibilité a été réalisée afin de déterminer l'effet de la variation de ce paramètre sur le classement en général (Annexe C – Analyse de sensibilité, tableau 19). Douze scénarios ont été réalisés afin de faire varier le paramètre entre 30 % et 85 % par incrémentation de 5 % selon les caractéristiques environnementales de deux sites. Deux constats ont été tirés de cette analyse.

Premièrement, les échelons de pondération 3 et -3 sont des pôles attractifs vers lesquels tend la valeur des échelons de pondération atteinte. Une diminution du paramètre `pct.seuil` engendre une augmentation du nombre d'OPC atteignant un échelon de pondération positif tendant vers 3 et vice-versa. Entre ces deux valeurs, peu importe le scénario, une zone intermédiaire contient entre un et trois OPC dont l'échelon de pondération atteint tend vers 0. La position de cette zone dans le classement croit en fonction de l'augmentation de `pct.seuil`. Elle peut d'ailleurs être utilisée comme indicateur pour calibrer `pct.seuil` afin que la zone intermédiaire soit approximativement positionnée dans le milieu du classement afin d'obtenir une proportion égale d'OPC dont l'échelon de pondération atteint tend vers un des pôles de 3 ou -3.

Deuxièmement, le paramètre `pct.seuil` a une faible incidence sur la position des OPC dans le classement. Les positions sont généralement conséquentes avec la décroissance de la moyenne `moy.pond`. Une variation de position due à la modification de `pct.seuil` est associée à une incohérence par rapport à la décroissance des valeurs moyennes. La complémentarité de ces deux indicateurs est d'ailleurs pertinente pour l'analyse de la distribution des poids de chaque échelon de pondération ainsi que pour l'analyse globale du classement. Lorsque le `pct.seuil` est calibré, l'échelon de pondération atteint représente l'élément tendant à être polarisant. La moyenne permet d'avoir une mesure de la tendance centrale de l'ensemble de données.

La valeur de `pct.seuil` a été établi par défaut à 60 %. Cette valeur était associée à une position de zone intermédiaire au centre du classement ainsi qu'à un classement cohérent avec la décroissance de la moyenne dans les scénarios de l'analyse de sensibilité.

#### 3.4.2.2 *Moyenne pondérée*

Une moyenne pondérée `moy.pond` est utilisée pour obtenir un pointage global sur l'échelle de pondération de l'effet d'un OPC. Pour chaque échelon, le nombre d'effets observés est multiplié par la valeur de l'échelon, puis la somme de ces multiplications est divisée par le nombre total d'occurrences de l'effet observé en question.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

### **3.4.3 Graphique du nombre d'effets observés par degré d'élargissement**

Cette section présente un graphique par catégorie d'impact CI. Chaque graphique est identifié par la couleur de la bordure extérieure correspondant à chaque catégorie d'impact (identique aux couleurs de la section classement soit, bleu pour géomorphologique, vert pour écosystémique et jaune pour social). Chaque OPC intégré dans l'analyse y est représenté par une ligne, à l'exception des OPC sans effet observé dans le contexte environnemental du regroupement. La valeur maximale de l'ordonnée des graphiques est adaptée au nombre maximal d'effets observés de l'ensemble des OPC.

Un OPC sélectionné par l'utilisateur est soustrait des graphiques lorsque le nombre d'effets observés est nul dans le contexte des caractéristiques environnementales du regroupement.

### **3.4.4 Rapport d'analyse**

Le rapport d'analyse permet d'apporter une précision sur les effets potentiels de chaque OPC sous forme de texte. Une sous-section est prévue pour chaque catégorie d'impact.

#### *3.4.4.1 Catégorie d'impact géomorphologique*

Pour la catégorie d'impact géomorphologique, le rapport d'analyse de base est un résumé des résultats présentés dans le classement, soit l'échelon auquel est atteint le pourcentage seuil, le nombre d'effets observés, ainsi que l'indice de correspondance. Ensuite, si le regroupement a un potentiel d'apport sédimentaire positif pour les regroupements en aval par rapport à la cellule hydrosédimentaire, une analyse est effectuée pour évaluer le potentiel effet de l'OPC sur cet apport sédimentaire en fonction des sous-types d'effet observé *bilan sédimentaire* et *réétention sédimentaire*. Si l'un ou l'autre de ces sous-types d'effet observé peuvent potentiellement avoir un effet, la mention « Une réduction de l'apport sédimentaire aux regroupements adjacents doit être considérée. » est ajoutée au rapport d'analyse.

La mention « Aucun effet n'a été répertorié dans un contexte similaire aux caractéristiques environnementales de ce regroupement. » est ajoutée au rapport d'analyse lorsque le nombre d'effets observés d'un OPC sélectionné par l'utilisateur est nul dans le contexte des caractéristiques environnementales du regroupement.

#### *3.4.4.2 Catégorie d'impact écosystémique*

Pour la catégorie d'impact écosystémique, le rapport d'analyse débute avec la mention d'avertissement suivante si le degré d'élargissement est supérieur à 6 : « Attention, élargissement de l'indice de correspondance élevé. ». Ensuite, comme pour la catégorie d'impact géomorphologique, un résumé est fait sur le pourcentage seuil, le nombre d'effets observés, ainsi que l'indice de correspondance.

#### *3.4.4.3 Catégorie d'impact social*

Pour la catégorie d'impact social, le rapport d'analyse de base est un résumé des résultats présentés dans le classement, soit l'échelon auquel est atteint le pourcentage seuil et le nombre d'effets observés.

### **3.4.5 Liste des résultats détaillés**

La section liste des résultats détaillés présente les résultats pour les trois niveaux de la hiérarchie des effets observés, soit les sous-types, les types et les catégories, puis une agrégation de l'ensemble des effets observés de la catégorie d'impact. Cette agrégation, noté *agr*, correspond au niveau supérieur de la

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

hiérarchie et présente l'information déjà indiquée dans la section classement. Les catégories d'impact sont présentées dans le second niveau de la hiérarchie en étant agrégées par niveau sur l'échelle de cause à effet, soit effet direct (EDir), cause directe (CDir) et cause indirecte (CInd) (tableau 3). Les types, puis les sous-types d'effet observé sont ensuite présentés au niveau 3 et 4 de la hiérarchie.

## 4 Analyse de l'algorithme d'identification

La hiérarchisation de l'information permet de détailler les résultats selon plusieurs paliers d'agrégation. Ainsi, l'analyse de l'effet des OPC peut être adaptée au besoin de l'utilisateur en conservant une proximité par rapport aux données brutes. L'idée est d'éviter de perdre de la sensibilité ou de déformer les données brutes par la présentation d'un résultat global basé sur une homogénéisation des catégories d'impact. Les données brutes, soit les caractéristiques du secteur d'étude et les effets observés des OPC, ont été traitées de manière à fournir de l'information pertinente pour le processus décisionnel.

La finalité d'une intervention avec un OPC est certainement anthropocentrique en raison d'un besoin de protection ou d'adaptation d'un milieu de vie humain. Dans ce contexte, l'évaluation des affirmations est réalisée avec une vision anthropocentrique. Toutefois, même avec une telle finalité, la méthode d'évaluation a été développée dans une optique de gestion à long terme du territoire côtier par l'intégration de l'ensemble des effets potentiels des OPC sur le système socio-écologique côtier.

### 4.1 Nombre d'effets observés

#### 4.1.1 Incertitude

Chaque OPC a un nombre total d'effets observés. Le paramètre nombre minimal d'effets observés  $nb.EO.min$  permet d'établir un seuil afin de baser l'analyse sur un nombre représentatif d'effets observés supérieur ou égal à ce paramètre. En considérant seulement l'indicateur nombre d'effets observés  $nb.EO$ , une augmentation de cet indicateur est associée à une baisse de l'incertitude des résultats. Ainsi, cette source d'incertitude est exogène à l'algorithme, car elle dépend du nombre d'effets observés total présent dans la littérature scientifique. Toutefois,  $nb.EO$  est associé au paramètre  $nb.EO.min$ , soit une équation mathématique impliquant  $nb.EO$ . Ce paramètre est une source d'incertitude endogène à l'algorithme, car la variation de cette équation mathématique peut avoir un effet sur les résultats finaux. Une analyse de sensibilité a donc été réalisée sur ce paramètre.

Un effet observé est associé à des caractéristiques d'un environnement côtier (TC, TS, TM et TV). Ainsi, l'indice de correspondance IC a été intégré dans l'algorithme afin d'élargir les critères initiaux en fonction des degrés d'élargissement  $e$  lorsque  $nb.EO.min$  n'est pas atteint. Une diminution de cet indicateur représente une augmentation de l'incertitude des résultats. Cette source d'incertitude est également exogène à l'algorithme, car elle dépend du nombre d'effets observés par ensemble de caractéristiques environnementales.

L'analyse de IC et de  $nb.EO$  ne peut être réalisé individuellement, car il y a une relation de dépendance entre les deux indicateurs : une diminution de l'IC est associée à une augmentation de  $nb.EO$  dans l'analyse. Cette relation amène donc instantanément une diminution et une augmentation de l'incertitude exogène. Or, ces deux indicateurs sont associés à un paramètre commun : le degré d'élargissement  $e$ . L'ordre des degrés d'élargissement  $e$  est une source d'incertitude endogène à l'algorithme.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

#### 4.1.2 Degré d'élargissement

Le degré d'élargissement  $e$  engendre un phénomène d'uniformisation des requêtes par rapport aux critères initiaux (OPC, TC, TS, TM, TV et n), tel qu'illustré à la figure 12 dans le contexte des critères initiaux suivants : (A) brise-lames émergé, terrasse de plage, sable, mésotidal, vagues modérées; (B) brise-lames submergé, flèches littorales, galet, microtidal, vagues élevées. L'analyse de  $e$  à l'échelle de l'évaluation d'un regroupement permet de constater que ce paramètre engendre une augmentation de l'incertitude comme démontré dans la section ci-haut. L'analyse de  $e$  à l'échelle de plusieurs regroupements permet de constater que l'augmentation de  $e$  engendre une uniformisation de l'évaluation d'un OPC. Ainsi, l'évaluation de deux OPC du même type dans la même sous-catégorie de côte aura une évaluation identique pour  $e = 12$ . De même, le seul point distinctif pour  $e = 11$  est le type d'OPC.

		Élargissement (e)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Indice de correspondance (IC)											
		1,000	0,900	0,810	0,729	0,656	0,590	0,531	0,478	0,430	0,387	0,349	0,314
Cause à effet	1	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB
	2		AB										
	3			AB									
Marnage	Sans marée				B	B	B	B	AB	AB	AB	AB	AB
	Microtidal	B	B	B	AB								
	Mesotidal	A	A	A	AB								
	Macrotidal				A	A	A	A	AB	AB	AB	AB	AB
	Mégatidal								AB	AB	AB	AB	AB
	NA								AB	AB	AB	AB	AB
	NSP								AB	AB	AB	AB	AB
Type de vague	Faible					A	A	A	A	AB	AB	AB	AB
	Modérée	A	A	A	A	AB							
	Élevée	B	B	B	B	AB							
	NA					B	B	B	B	AB	AB	AB	AB
	NSP									AB	AB	AB	AB
Type de substrat	Argile										AB	AB	AB
	Silt						A	A	A	A	AB	AB	AB
	Sable	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AB	AB	AB
	Gravier						AB						
	Galet	B	B	B	B	B	B	B	B	B	AB	AB	AB
	Bloc						B	B	B	B	AB	AB	AB
	NA										AB	AB	AB
	NSP										AB	AB	AB
Type de côte	Cordon littoral							AB	AB	AB	AB	AB	AB
	Flèche littorale	B	B	B	B	B	B	AB	AB	AB	AB	AB	AB
	Île barrière							AB	AB	AB	AB	AB	AB
	Terrasse de plage	A	A	A	A	A	A	AB	AB	AB	AB	AB	AB
	Côte dunaire											AB	AB
	Falaise meuble											AB	AB
	Marais maritime											AB	AB
OPC	Brise-lame émergé	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	AB
	Brise-lame à crête basse												AB

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

	Brise-lame submergé	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	AB
	seuil submergé												AB

Figure 12. Illustration du phénomène d'uniformisation des requêtes engendré par le processus d'élargissement des critères initiaux (*critères initiaux du scénario A, critères initiaux du scénario B*)

Également, un OPC peut présenter un indice de correspondance relativement élevé, tout en ayant un nombre d'effets observés très faible. Cette situation est expliquée par la méthode de calcul du nombre d'effets observés minimal qui permet d'intégrer dans l'analyse des OPC peut étudier, mais qui engendre des évaluations globales basées sur un nombre très faible d'effets observés.

#### 4.1.3 Nombre d'effets observés minimal

Une balance entre la correspondance des effets observés avec les caractéristiques du secteur d'étude et une précision dans les effets observés. Ainsi, plus le nombre d'effets minimal observés est élevé, plus la correspondance est élevée, mais moins les résultats sont basés sur un nombre d'EO élevé. Ainsi, étant donné que le nombre de publications par type d'environnement côtier est faible, il est préférable d'orienter le nombre d'effets minimal afin de conserver tout de même une correspondance élevée avec les caractéristiques du milieu. Ainsi, les résultats seront davantage variables en fonction des types d'environnements côtiers.

## 4.2 Limite de la méthode

La méthode proposée présente des résultats pour les OPC et les environnements côtiers ayant fait l'objet d'une publication scientifique dont les résultats ont été incorporés dans la base de données décrite à la section 2.2. Ainsi, d'autres solutions techniques peuvent être applicables.

L'algorithme d'identification proposé permet de réaliser une méta-analyse des études de cas portant sur les effets d'ouvrage de protection côtière. Or, les dimensions des OPC par rapport aux conditions environnementales sont rarement indiquées dans les études de cas. Ces paramètres ont toutefois une forte importance quant à l'effet d'un OPC sur le système côtier. Ainsi, l'algorithme ne peut tenir compte de ce manque d'information pour réaliser l'évaluation d'un OPC. La méthode mène donc à des résultats généraux de ce qui est présent dans la littérature.

Certains biais potentiels à la méthode d'évaluation sont engendrés par l'échelle de pondération des affirmations : adjectifs qualificatifs utilisés par les auteurs, subjectivité de l'évaluateur, inclusion de potentiel conflit d'intérêts.

L'évaluation est basée sur la pondération des affirmations des auteurs en fonction des adjectifs qualificatifs utilisés. De cette manière, il est considéré que l'ensemble des auteurs ont une sensibilité comparable lors de la rédaction quant à la qualification de leurs résultats. Or, il y a certainement une variation non considérée par l'algorithme. Également, l'évaluation des affirmations est sujette à une certaine subjectivité de l'évaluateur. Malgré un protocole prévu pour limiter ce biais, il demeure que chaque affirmation contient des particularités qui doivent être intégrées dans un cadre d'analyse général. Ainsi, l'évaluateur peut être amené à noter une affirmation au meilleur de ses connaissances. Une hypothèse soulevée est que le nombre d'affirmations associé à un sous-type, un type ou une catégorie

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

d'effet observé ait une influence sur ces deux biais. Ainsi, plus le nombre d'affirmations est élevé, moins le biais est important en raison de la dissolution du biais dans le volume d'affirmation.

Aussi, en étant appuyée sur des affirmations tirées de publications scientifiques, la méthode de pondération ne peut tenir compte des conflits d'intérêts potentiels des auteurs. Elle est basée sur le fait que ces conflits d'intérêts soient traités dans le processus de publication de chaque journal.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

## Références bibliographiques

- Bird, E., 2008. Coastal Geomorphology: An Introduction, Second ed. ed. Wiley. <https://doi.org/10.1029/01eo00219>
- Chan, K.M.A., Satterfield, T., Goldstein, J., 2012. Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. *Ecol. Econ.* 74, 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.11.011>
- Corriveau, M., Bernatchez, P., Arsenault, E., Bandet, M., 2019. Analyse de la dynamique des foyers d'érosion en bordure de la route 138 sur la Côte-Nord afin d'identifier des solutions d'adaptation pour la route 138.
- Davies, J.L., 1964. Geographical Variation in Coastal Development. Longman, New York, NY.
- de Groot, R., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Gowdy, J., Haines-Young, R., Maltby, E., Neuville, A., 2010. Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation, in: *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Ecological and Economic Foundations*. London, Washington, pp. 10–10.
- Friedman, G.M., Sanders, J.E., 1978. *Principles of Sedimentology*. Wiley, New York, NY.
- Levoy, F., Anthony, E.J., Monfort, O., Larsonneur, C., 2000. The morphodynamics of megatidal beaches in Normandy, France. *Mar. Geol.* 171, 39–59.
- Liquete, C., Zulian, G., Delgado, I., Stips, A., Maes, J., 2013. Assessment of coastal protection as an ecosystem service in Europe. *Ecol. Indic.* 30, 205–217. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.02.013>
- Potschin, M., Haines-Young, R., 2016. Defining and measuring ecosystem services, in: Potschin, M., Haines-Young, R., Fish, R., Turner, R.K. (Eds.), *Routledge Handbook of Ecosystem Services*. Routledge, New York, NY, pp. 25–42. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Sauvé, P., Moisset, S., Bernatchez, P., Glaus, M., Goudreault, M.-O., n.d. Case studies on coastal defence measures: A meta-analysis of literature to ultimately improve decision-making.
- Van Oudenhoven, A.P.E., Petz, K., Alkemade, R., Hein, L., De Groot, R.S., 2012. Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecol. Indic.* 21, 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.012>

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

## Annexe A – Tableaux de caractérisation

Tableau 13. Ouvrages de protection côtière inclus dans la catégorie des structures rigides (*sous-catégorie, type, sous-type*)

Nom	Définition
<b>1. Structure réflexive</b>	Catégorie d'OPC dont les composantes sont aménagées sur la côte et parallèlement à celle-ci, dont l'objectif est de maintenir le trait de côte à un endroit fixe et qui a pour effet de réfléchir l'énergie des vagues.
<b>1.1. Mur de protection</b>	Ouvrage aménagé sur la côte, parallèlement à celle-ci, composé de béton, de bois, d'acier, de pneus, etc., vertical ou avec une pente abrupte, dont l'objectif est de stabiliser la position du trait de côte.
<b>1.2. Enrochement</b>	Ouvrage aménagé sur la côte, parallèlement à celle-ci, recouvrant le talus d'une côte naturelle ou d'un remblai, composé de blocs de pierre, d'unités de béton préfabriquées, de béton, etc., dont l'objectif est d'arrêter le recul du trait de côte et de dissiper une partie de l'énergie des vagues.
<b>2. Structure de sédimentation</b>	Catégorie d'OPC aménagée sur l'estran ou l'avant-plage, dont l'objectif est d'ajuster la dynamique hydrosédimentaire afin de favoriser la sédimentation à des endroits déterminés.
<b>2.1. Brise-lames</b>	Ouvrage aménagé au large, parallèlement à la ligne de rivage, généralement composé de pierres imbriquées avec une certaine pente, dont l'objectif est d'atténuer l'énergie des vagues et de provoquer le dépôt de sédiments entre l'ouvrage et la ligne de rivage.
<b>2.1.1. Brise-lames émergé</b>	Brise-lames dont l'élévation de la crête est en tout temps supérieure au niveau de l'eau et qui est rarement franchi par les vagues.
<b>2.1.2. Brise-lames à crête basse</b>	Brise-lames dont l'élévation de la crête est approximativement égale au niveau de l'eau et qui est régulièrement franchi par les vagues.
<b>2.1.3. Brise-lames submergé</b>	Brise-lames dont l'élévation de la crête est en tout temps inférieure au niveau de l'eau.
<b>2.1.4. Seuil submergé</b>	Variante d'un brise-lames submergé, aménagé à proximité de la côte, conçu pour réduire le transport sédimentaire transversal en agissant comme une barrière.
<b>2.2. Épi maritime</b>	Ouvrage aménagé sur l'estran, perpendiculairement à la ligne de rivage, composé généralement de bois ou de pierres et dont l'objectif est de capter les sédiments transportés par les courants littoraux.
<b>2.2.1. Épi imperméable</b>	Épi maritime ne permettant pas le passage de la dérive littorale et du transport sédimentaire le long de la côte.
<b>2.2.2. Épi perméable</b>	Épi maritime permettant le passage de la dérive littorale et du transport sédimentaire le long de la côte.
<b>2.2.3. Jetée</b>	Ouvrage généralement rectiligne et aménagé perpendiculairement à la ligne de rivage, de plus grande envergure qu'un épi imperméable, visant à contrôler la dérive littorale ou à empêcher l'accumulation de sédiments à l'exutoire d'une rivière. Une jetée a généralement pour effet de créer une nouvelle cellule hydrosédimentaire.
<b>3. Autres ouvrages rigides</b>	Catégorie regroupant des OPC n'ayant pas les mêmes objectifs ou les mêmes effets sur la dynamique côtière que ceux des autres catégories de structures rigides.
<b>3.1. Rip-rap</b>	Revêtement de matériaux grossiers, généralement de la taille des galets et petits blocs (62-300 mm), disposés en pente douce sur une plage, afin de stabiliser le profil de plage et de maintenir les matériaux en place.
<b>3.2. Digue</b>	Remblai longitudinal, aménagé sur l'arrière-plage ou l'arrière-côte, généralement composé de terre compactée, parfois de béton, et visant à contrôler la submersion.
<b>4. Recharge sédimentaire</b>	Catégorie d'OPC consistant à déposer des sédiments d'emprunt sur une plage dans le but de reprofiler certaines sections de la plage afin d'augmenter sa capacité de dissipation de l'énergie des vagues, sa largeur et de rééquilibrer le bilan sédimentaire de la cellule hydrosédimentaire. Une recharge sédimentaire peut être localisée sur des secteurs précis du profil de plage (recharge de dune, recharge de plage, recharge d'avant-plage, etc.).
<b>4.1.1. Recharge de dune</b>	Dépôt de sédiments d'emprunt au niveau de la dune afin d'en augmenter le volume et la hauteur.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

4.1.2. <i>Recharge de plage</i>	Dépôt de sédiments d'emprunt sur la haute-plage, le haut estran ou le bas estran.
4.1.3. <i>Recharge d'avant-plage</i>	Dépôt de sédiments d'emprunt au niveau de la plage sous-marine, souvent du côté mer des barres subtidales, afin de provoquer le déferlement des vagues dans cette zone.
4.1.4. <i>Méga-recharge</i>	Dépôts d'une grande quantité de sédiments d'emprunt (de l'ordre de plusieurs millions de mètres cubes) afin de favoriser la répartition sédimentaire à l'échelle d'une cellule hydrosédimentaire sur plusieurs décennies.
4.2. <u>Mesure de dérivation sédimentaire</u>	Mesure permanente aménagée afin de rétablir le transport sédimentaire bloqué par un obstacle (p. ex. une jetée).
5. <b>Technique végétale</b>	Catégorie d'OPC basée sur l'utilisation de végétaux dont les systèmes racinaires retiennent les sédiments et les feuilles freinent les courants.
5.1. <u>Végétalisation</u>	Plantation de végétaux adaptés à la dynamique du secteur, dans des secteurs où la végétation est morcelée, peu dense ou absente, sans toutefois faire l'objet d'une conception de génie.
5.2. <u>Génie végétal</u>	Techniques végétales, étant le sujet d'une conception, basées sur l'utilisation de végétaux et d'autres matériaux principalement d'origine végétale comme armature.
6. <b>Autre technique douce</b>	Catégorie regroupant des OPC n'ayant pas les mêmes objectifs ou les mêmes effets sur la dynamique côtière que ceux des autres catégories de techniques douces.
6.1. <u>Capteur de sable</u>	Aménagements implantés sur les côtes sableuses, généralement dunaires, utilisés pour contrôler l'érosion éolienne par une obstruction du vent à proximité du sol et pour créer des zones propices à la déposition.
6.1.1. <i>Ganivelle</i>	Sous-type de capteur de sable, fait de lattes de bois jointes par un fil de fer.
6.2. <u>Système de drainage de plage</u>	Aménagements implantés sur les plages sableuses, sous la surface de la plage, utilisés pour drainer la plage afin de réduire le transport sédimentaire dirigé de la zone du <i>swash</i> vers la plage sous-marine.

Tableau 14. Classification des côtes (**Catégorie**, sous-catégorie, *type*, sous-type)

Classes
<b>1. Côte meuble</b>
<u>1.1. Côte basse meuble</u>
1.1.1. Cordon littoral
1.1.1.1. <i>Cordon littoral</i>
1.1.1.2. <i>Tombolo</i>
1.1.1.3. <i>Tombolo (base rocheuse)</i>
1.1.1.4. <i>Tombolo/cordon littoral</i>
1.1.2. Flèche littorale
1.1.2.1. <i>Flèche littorale</i>
1.1.2.2. <i>Flèche littorale (côté intérieur)</i>
1.1.3. Île barrière
1.1.3.1. <i>Île barrière</i>
1.1.4. Terrasse de plage
1.1.4.1. <i>Terrasse de plage</i>
1.1.4.2. <i>Terrasse de plage (base rocheuse)</i>
1.1.4.3. <i>Terrasse fluviale</i>
1.1.4.4. <i>Terrasse fluviale (base rocheuse)</i>
<u>1.2. Côte dunaire</u>
1.2.1. Côte dunaire

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

1.2.1.1. *Dunaire*

**1.3. Falaise meuble**

1.3.1. Falaise meuble

1.3.1.1. *Falaise meuble*

1.3.1.2. *Falaise meuble (base rocheuse)*

1.3.1.3. *Meuble sans falaise*

1.3.1.4. *Remblai*

**1.4. Marais maritime**

1.4.1. Marais maritime

1.4.1.1. *Marais maritime*

**2. Côte rocheuse**

**2.1. Côte rocheuse**

2.1.1. Rocheuse sans falaise

2.1.1.1. *Rocheuse sans falaise*

2.1.2. Versant rocheux

2.1.2.1. *Versant rocheux*

**2.2. Falaise rocheuse**

2.2.1. Falaise rocheuse

2.2.1.1. *Falaise rocheuse*

2.2.1.2. *Falaise rocheuse (sommet meuble)*

**3. Autre**

3.1.1.1. *Îlot*

3.1.1.2. *Exutoire d'un cours d'eau*

3.1.1.3. *Tourbière*

3.1.1.4. *Banc d'accumulation*

3.1.1.5. *Chenal de marée*

3.1.1.6. *Zone portuaire*

3.1.1.7. *NA*

3.1.1.8. *ND*

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

*Tableau 15. Classification des sédiments*

<b>Classes</b>	<b>Diamètre</b>
Argile	0,001 - 0,004 mm
Silt	0,004 - 0,063 mm
Sable	0,063 - 2 mm
Gravier	2 - 64 mm
Galet	64 - 256 mm
Bloc	> 256 mm
NA	-
NSP	-

*Tableau 16. Classification du marnage*

<b>Classes</b>	<b>Niveau d'eau</b>
Sans marée	0 m
Microtidal	< 2 m
Mesotidal	2 - 4 m
Macrotidal	4 - 6 m
Mégatidal	> 6 m
NA	-
NSP	-

*Tableau 17. Classification de l'énergie des vagues*

<b>Classes</b>	<b>Hauteur</b>
Faible	Hs < 1,0 m
Modérée	1,0 < Hs < 2,0 m
Élevée	Hs > 2,0 m
NA	-
NSP	-

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

## Annexe B – Services écologiques

			Superficie de plage	atténuation des vagues	Présence de courant	Captation du carbone	Matière en suspension	circulation eau	couverture végétale	Biocénose	Zone d'alimentation	Zone de repos	Zone de reproduction	Pouponnière
Structures et processus	Géomorphologiques	Topobathymétrie	x	x		x			x					
		type de sédiments	x						x	x	x	x	x	x
	Hydrodynamiques	régime de vagues		x			x	x	x	x	x	x	x	x
		niveau d'eau					x	x	x					
Écosystémique	habitats							x	x	x	x	x	x	
Services	Approvisionnement	Fins alimentaires							x	x				
		Fins artistiques, ornementales ou artisanales	x			x			x	x				
	Régulation maintenance	Purification de l'eau					x	x						
		Régulation du climat				x								
		Protection côtière	x	x					x					
		Maintenance du cycle de vie							x		x	x	x	x
	Culturels	Fins récréatives ou de loisirs	x	x	x									
		Fins esthétiques	x							x	x	x	x	x
		Fins de recherche ou d'éducation	x						x					
		Fins patrimoniales, symboliques, sacrées, spirituelles ou religieuses	x											
Écologique	Biocénose	Autres							x	x	x	x	x	
	Biocénose	Biocénose qualitative							x	x	x	x	x	
	Biocénose	Biocénose quantitative							x	x	x	x	x	
	Biotope	Modification physico-chimique							x	x	x	x	x	
	Biotope	Modification structurelle							x	x	x	x	x	
	Biotope	Mouvement de la ressource							x	x	x	x	x	
	Biotope	Quantité et qualité de la ressource							x	x	x	x	x	
	Processus biologiques	Fonction de croissance												
	Processus biologiques	Fonction de locomotion												
	Processus biologiques	Fonction de nutrition												
	Processus biologiques	Fonction de reproduction												
	Processus biologiques	Fonction de respiration												
	Géomorphologique	Érosion/Accumulation	Accumulation sédimentaire	x										
Érosion/Accumulation		Affouillement												
Érosion/Accumulation		Bilan sédimentaire	x											
Érosion/Accumulation		Déplacement du trait de côte	x											
Érosion/Accumulation		Effet de bout												
Érosion/Accumulation		Érosion	x											
Érosion/Accumulation		Hauteur de plage												
Érosion/Accumulation		Largeur de plage	x											
Érosion/Accumulation		Rétablissement géomorphologique	x											
Érosion/Accumulation		Rétention sédimentaire	x											
Profil topobathymétrique		Profil de plage	x	x		x			x					
Profil topobathymétrique		Système de barres	x	x		x			x					
Profil topobathymétrique		Topographie	x	x		x			x					
Profil topobathymétrique		Variation bathymétrique généralisée	x	x		x			x					
Profil topobathymétrique		Variation bathymétrique localisée	x	x		x			x					
Sédiments		Compaction sédimentaire												
Sédiments		Composition sédimentaire							x					
Sédiments		Liquefaction												
Sédiments		Mise en suspension												
Sédiments		Redistribution granulométrique							x					
Sédiments	Stabilité du sédiment													
Sédiments	Taille granulométrique							x						

Figure 13. Liens entre les propriétés, les fonctions et les services écologiques

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

			Superficie de plage	atténuation des vagues	Présence de courant	Captation du carbone	Matière en suspension	circulation eau	couverture végétale	Biocénose	Zone d'alimentation	Zone de repos	Zone de reproduction	Pouponnière
Géo	Transport sédimentaire	Dispersion sédimentaire	x											
	Transport sédimentaire	Transport longitudinal	x											
	Transport sédimentaire	Transport sédimentaire général	x											
	Transport sédimentaire	Transport transversal	x											
Hydrodynamique	Caractéristiques des vagues	Angle des vagues	x	x			x	x						
	Caractéristiques des vagues	Régime de vagues	x	x			x	x	x					
	Courant	Circulation	x		x		x	x						
	Courant	Courant d'arrachement	x		x		x	x						
	Courant	Courant de marée	x		x		x	x						
	Courant	Courant transversaux	x		x		x	x						
	Courant	Dérive littorale	x		x		x	x						
	Eaux souterraines	Épaisseur de la zone non saturée												
	Eaux souterraines	Infiltration/Percolation												
	Eaux souterraines	Niveau de la nappe												
	Eaux souterraines	Zone de résurgences (seepage face)												
	Jet de rive	Backwash/Swash	x	x										
	Jet de rive	Franchissement	x	x										
	Jet de rive	Run-up	x	x										
	Processus dissipation	Déferlement			x		x	x						
	Processus dissipation	Diffraction			x		x	x						
	Processus dissipation	Énergie des vagues			x		x	x	x					
	Processus dissipation	Hauteur de vagues			x		x	x	x					
Processus dissipation	Réflexion			x		x	x	x						
Processus dissipation	Réfraction			x		x	x	x						
Processus dissipation	Transmission			x		x	x							
Social	Pratique de loisirs	Loisirs aquatiques côtiers												
	Pratique de loisirs	Loisirs terrestres												
	Qualité socio-culturelle	Esthétisme												
	Qualité socio-culturelle	Qualité de vie												

Figure 13. Liens entre les propriétés, les fonctions et les services écologiques (suite)

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

## Annexe C – Analyse de sensibilité

Les analyses de sensibilité ont été effectuées en fonction des caractéristiques de deux sites (tableau 18).

Tableau 18. Caractéristiques environnementales des sites A et B

	Site A	Site B
Type de côte	Falaise meuble	Flèche littorale
Type de substrat	Sable (0,063 - 2 mm)	Sable (0,063 - 2 mm)
Marnage	Mesotidal (2 - 4 m)	Mesotidal (2 - 4 m)
Type de vague	Faible (Hs < 1,0 m)	Faible (Hs < 1,0 m)

### Atteinte du pourcentage seuil

Une analyse de sensibilité a été réalisée sur le paramètre du pourcentage seuil à atteindre. Des scénarios ont été réalisés afin de faire varier le paramètre entre 30 % et 85 % par incrémentation de 5 % selon les caractéristiques environnementales de deux sites (tableau 19).

Tableau 19. Analyse de sensibilité sur le paramètre du pourcentage seuil à atteindre selon deux sites (A et B). (Gris pâle = changement de valeur du % atteint en fonction du seuil par rapport à la valeur du scénario précédent ou changement de position dans le classement; gris foncé = zone intermédiaire entre les pôles 3 et -3)

Site A													Site B												
30 %																									
Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Mesure de dérivation sédimentaire	5	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	1	Mesure de dérivation sédimentaire	5	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
2	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	2	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
3	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	3	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
4	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	4	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	3	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	3	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	3	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	3	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	3	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	3	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	3	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	3	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	3	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	3	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	0	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	0	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	136	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%
35 %																									

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	3	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	3	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	3	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	3	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	3	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	3	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	3	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	3	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	0	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	1	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	0	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	0	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

40 %																									
Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	3	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	3	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	3	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	3	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	1	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	1	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	0	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	1	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Rip-rap	0	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	12	Brise-lame submergé	0	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Épi imperméable	-1	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	13	Rip-rap	0	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

45 %																									
Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	5	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	3	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	3	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	3	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	3	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	1	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	0	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	0	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	-1	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-1	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Rip-rap	-1	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	12	Rip-rap	-1	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
13	Épi imperméable	-3	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	13	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

50 %																									
Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8																	

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	5	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	3	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	3	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	3	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	3	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	0	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	0	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	-1	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	0	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Rip-rap	-1	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	11	Rip-rap	-1	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
12	Brise-lame à crête basse	-3	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	12	Brise-lame à crête basse	-3	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
13	Épi imperméable	-3	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	13	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

55 %																									
Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	5	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	3	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	3	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	1	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	3	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Rip-rap	-1	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	9	Rip-rap	-1	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
10	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	10	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
11	Brise-lame submergé	-3	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	11	Épi imperméable	-3	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
12	Brise-lame à crête basse	-3	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	12	Brise-lame à crête basse	-3	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
13	Épi imperméable	-3	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	13	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

60 %																									
Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,7479	0,3487	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,7479	0,3487	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,700	0,3487	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,700	0,3487	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,3487	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,5588	0,3874	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,5385	0,3487	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,5385	0,3874	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,000	0,3487	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,250	0,3874	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,9881	0,3487	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	3	2,0323	0,3874	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,750	0,3487	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	1	2,0258	0,3874	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	1	0,8737	0,3487	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	1	1,000	0,3874	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,3487	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,3487	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	-3	-0,2963	0,3487	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	-3	-0,250	0,3874	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,5567	0,3487	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,5167	0,3874	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	-3	-0,8938	0,3487	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	-3	-0,8511	0,3874	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	-3	-1,000	0,4783	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,000	0,3487	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,400	0,3487	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,7391	0,3874	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,2188	0,3487	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,300	0,3874	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

65 %																									
Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	1	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	1	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	1	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	1	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	0	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	0	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	-3	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	-3	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	-3	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

70 %

Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	1	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	1	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	1	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	1	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	-1	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	0	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	-3	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	-3	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	-3	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

75 %

Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	0	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	0	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	0	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	0	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	-3	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	-1	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	-3	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	-3	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	-3	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

80 %

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	0	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	0	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	0	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	0	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	0	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	0	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	-3	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	-3	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	-3	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	-3	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	-3	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-5	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-5	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

**85 %**

Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,349	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,349	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,349	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	1	2,559	0,387	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,349	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Recharge de dune	0	2,25	0,387	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
5	Recharge de dune	0	2,00	0,349	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge d'avant-plage	0	2,032	0,387	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
6	Recharge de plage	0	1,988	0,349	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge de plage	0	2,026	0,387	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
7	Recharge d'avant-plage	0	1,75	0,349	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Mesure de dérivation sédimentaire	-3	2,538	0,387	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
8	Épi perméable	-3	0,874	0,349	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	-3	1,00	0,387	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,349	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé	-3	-0,296	0,349	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	-3	-0,25	0,387	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,557	0,349	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,517	0,387	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,349	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,387	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	-3	-1,00	0,478	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,00	0,349	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,349	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-5	-2,739	0,387	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-5	-3,219	0,349	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-5	-3,30	0,387	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Degrés d'élargissement

Une analyse de sensibilité a été réalisée sur le paramètre degrés d'élargissement. Quatre scénarios ont été réalisés afin de faire varier l'ordre des degrés d'élargissement. Le scénario i est utilisé comme scénario de référence pour effectuer des comparaisons. Les modifications apportées à l'ordre des degrés d'élargissement entre les scénarios i et ii engendrent une réduction de un degré d'élargissement pour 11 OPC sur 15 ainsi qu'un changement de 3 OPC dans le classement final. Cependant, aucun constat ne peut être établi sur une base de comparaison entre deux sites d'étude. Ainsi, l'ordre de base est maintenu, soit l'élargissement du marnage, suivi de l'élargissement du type de vague. Le même constat est établi pour la comparaison entre les scénarios i et iii. Pour le scénario iv, peu de changements ont été observés sur le site A et plusieurs changements ont été observés sur le site B. Cette différence est expliquée par le plus grand nombre d'effets observés dans un contexte de côte basse meuble. En devant dans la hiérarchie un premier élargissement du type de côte, une augmentation de l'indice de correspondance IC et une diminution du nombre d'effets observés nb.EO intégré dans l'analyse sont observées pour les sous-catégories de côte ayant un nombre élevé d'effet observé total. Également, un changement de position de 4 OPC sur 15 est observé dans le contexte du site B.

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Tableau 20. Analyse de sensibilité sur le paramètre degrés d'élargissement selon deux sites (A et B). (Gris pâle = changement par rapport au scénario de base (i))

Site A												Site B													
Scénario i																									
Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,375	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,375	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,375	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,375	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,375	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,625	0,375	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,375	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,375	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,375	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,00	0,375	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,375	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge de plage	3	1,988	0,375	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,375	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,375	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%
8	Épi perméable	1	0,874	0,375	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	1	0,874	0,375	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,375	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,375	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé Brise-lame à crête	-3	-0,296	0,375	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Brise-lame submergé Brise-lame à crête	-3	-0,296	0,375	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%
11	basse	-3	-0,557	0,375	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	basse	-3	-0,557	0,375	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%
12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,375	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,375	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%
13	Rip-rap	-3	-1,00	0,794	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,00	0,794	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,375	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,40	0,375	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,375	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,219	0,375	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%
Scénario ii																									
1	Végétalisation	3	2,748	0,375	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,375	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,375	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,375	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,375	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,56	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,375	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,56	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,375	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,56	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,375	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	3	2,032	0,56	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,375	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	1	2,026	0,56	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	1	0,874	0,375	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	1	1,00	0,56	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,375	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,375	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé Brise-lame à crête	-3	-0,296	0,375	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	-3	-0,25	0,56	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	basse	-3	-0,557	0,375	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,517	0,56	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,375	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,56	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	-3	-1,00	0,859	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,00	0,375	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,375	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,56	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,375	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,56	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Scénario iii																									
1	Végétalisation	3	2,748	0,375	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,375	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,375	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,375	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,375	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Ganivelle	3	2,559	0,56	34	0,0%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%	70,6%	11,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,375	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,56	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,375	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,56	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,375	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant-plage	3	2,032	0,56	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant-plage	3	1,75	0,375	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	1	2,026	0,56	233	0,9%	3,9%	1,3%	20,2%	14,2%	46,4%	13,3%
8	Épi perméable	1	0,874	0,375	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	1	1,00	0,56	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,375	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,375	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
10	Brise-lame submergé Brise-lame à crête	-3	-0,296	0,375	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Épi imperméable	-3	-0,25	0,56	52	3,8%	42,3%	3,8%	9,6%	3,8%	30,8%	5,8%
11	basse	-3	-0,557	0,375	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,517	0,56	60	10,0%	45,0%	1,7%	1,7%	5,0%	26,7%	10,0%
12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,375	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	-3	-0,851	0,56	94	12,8%	44,7%	2,1%	2,1%	6,4%	25,5%	6,4%
13	Rip-rap	-3	-1,00	0,697	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,00	0,375	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,375	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,739	0,56	69	15,9%	63,8%	7,2%	11,6%	0,0%	1,4%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,375	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,56	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Scénario iv																									

Identification de solutions d'adaptation aux aléas côtiers pour augmenter la résilience des communautés des Premières Nations dans un contexte de changements climatiques:

Protocole de l'algorithme d'identification d'ouvrage de protection côtière

Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5	Pos.	OPC	% seuil	Moy	IC	N	-5	-3	-1	0	1	3	5
1	Végétalisation	3	2,748	0,375	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%	1	Végétalisation	3	2,748	0,375	119	0,0%	3,4%	0,8%	5,0%	5,9%	72,3%	12,6%
2	Méga-recharge	3	2,70	0,375	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%	2	Méga-recharge	3	2,70	0,375	30	0,0%	6,7%	0,0%	10,0%	0,0%	63,3%	20,0%
3	Ganivelle	3	2,625	0,375	40	0,0%	5,0%	2,5%	2,5%	5,0%	75,0%	10,0%	3	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,697	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%
4	Mesure de dérivation sédimentaire	3	2,538	0,375	13	7,7%	7,7%	0,0%	0,0%	0,0%	53,8%	30,8%	4	Ganivelle	3	2,529	0,859	17	0,0%	11,8%	0,0%	0,0%	5,9%	64,7%	17,6%
5	Recharge de dune	3	2,00	0,375	7	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	57,1%	14,3%	5	Recharge de dune	3	2,25	0,859	4	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%	0,0%
6	Recharge de plage	3	1,988	0,375	335	0,9%	6,0%	1,2%	17,0%	13,7%	48,7%	12,5%	6	Recharge d'avant- plage	3	2,032	0,697	31	0,0%	6,5%	0,0%	19,4%	9,7%	54,8%	9,7%
7	Recharge d'avant- plage	3	1,75	0,375	104	0,0%	13,5%	1,0%	13,5%	9,6%	52,9%	9,6%	7	Recharge de plage	1	1,793	0,859	111	0,9%	6,3%	0,9%	25,2%	10,8%	43,2%	12,6%
8	Épi perméable	1	0,874	0,375	95	8,4%	16,8%	6,3%	8,4%	9,5%	37,9%	12,6%	8	Épi perméable	1	1,00	0,697	36	8,3%	16,7%	2,8%	11,1%	2,8%	50,0%	8,3%
9	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,375	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%	9	Épi imperméable	-3	0,043	0,697	47	4,3%	36,2%	4,3%	10,6%	4,3%	34,0%	6,4%
10	Brise-lame submergé	-3	-0,296	0,375	162	8,6%	39,5%	2,5%	4,9%	7,4%	29,0%	8,0%	10	Brise-lame émergé	-3	-0,125	0,375	80	7,5%	38,8%	2,5%	5,0%	2,5%	38,8%	5,0%
11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,557	0,375	97	10,3%	43,3%	2,1%	3,1%	5,2%	28,9%	7,2%	11	Brise-lame à crête basse	-3	-0,588	0,859	51	11,8%	43,1%	2,0%	2,0%	3,9%	29,4%	7,8%
12	Épi imperméable	-3	-0,894	0,375	113	8,8%	47,8%	4,4%	7,1%	1,8%	24,8%	5,3%	12	Brise-lame submergé	-3	-0,676	0,859	68	11,8%	44,1%	1,5%	2,9%	4,4%	27,9%	7,4%
13	Rip-rap	-3	-1,00	0,697	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%	13	Rip-rap	-3	-1,00	0,375	7	0,0%	42,9%	14,3%	28,6%	0,0%	14,3%	0,0%
14	Mur de protection	-3	-2,40	0,375	135	14,1%	60,0%	8,9%	9,6%	2,2%	4,4%	0,7%	14	Mur de protection	-3	-2,586	0,697	58	13,8%	62,1%	8,6%	13,8%	0,0%	1,7%	0,0%
15	Enrochement	-3	-3,219	0,375	32	25,0%	65,6%	0,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	15	Enrochement	-3	-3,30	0,697	20	30,0%	60,0%	0,0%	10,0%	0,0%	0,0%	0,0%