



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences des écosystèmes  
et des océans

Ecosystems and  
Oceans Science

**Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)**

---

**Document de recherche 2019/004**

**Région du Pacifique**

**Établissement d'indicateurs fondés sur le risque pour la zone de protection  
marine des récifs d'éponges siliceuses du détroit d'Hécate et du bassin de la  
Reine-Charlotte**

Kate Thornborough  
Jason Dunham

Pêches et Océans Canada  
Station biologique du Pacifique  
3190, chemin Hammond Bay  
Nanaimo (C.-B.) V9T 6N7

---

## Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

### Publié par :

Pêches et Océans Canada  
Secrétariat canadien de consultation scientifique  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/  
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019  
ISSN 2292-4272

### La présente publication doit être citée comme suit :

Thornborough, K, and Dunham, J. 2019. Établissement d'indicateurs fondés sur le risque pour la zone de protection marine des récifs d'éponges siliceuses du détroit d'Hécate et du bassin de la Reine-Charlotte. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2019/004. vii + 141 p.

### **Also available in English :**

*Thornborough, K, and Dunham, J. 2019. Development of risk-based indicators for the Hecate Strait/Queen Charlotte Sound Glass Sponge Reefs Marine Protected Area. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/004. vii + 119 p.*

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	vii
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte .....	1
1.2 Indicateurs .....	2
1.3 Contexte régional.....	3
1.4 Objectif de conservation.....	4
1.5 Activités et gestion actuelles .....	5
1.6 État actuel des activités de surveillance et de recherche .....	6
1.7 Application du Cadre d'évaluation du risque écologique .....	7
1.8 Lacunes en matière DE données relevées lors de l'application du CERE .....	10
2 MÉTHODES : SÉLECTION DES INDICATEURS ET ÉTABLISSEMENT DES PRIORITÉS .....	10
2.1 Description générale du cadre de sélection des indicateurs.....	10
2.2 Sélection des indicateurs fondés sur le risque pour les CIE et les facteurs de stress..	11
2.2.1 Établissement de l'ordre de priorité des CIE/facteurs de stress .....	12
2.2.2 Critères relatifs aux indicateurs.....	12
2.2.3 Sélection des indicateurs pour les CIE et les facteurs de stress .....	13
2.3 Sélection des indicateurs fondés sur le risque pour les interactions entre les CIE et les facteurs de stress.....	13
2.3.1 Détermination de la mesure la plus représentative de l'interaction entre une CIE et un facteur de stress.....	14
2.3.2 Sélection des indicateurs pour les interactions entre les CIE et les facteurs de stress	14
3 RÉSULTATS : SÉLECTION DES INDICATEURS.....	15
3.1 Identification des indicateurs pour les CIE .....	15
3.1.1 Établissement de l'ordre de priorité des CIE .....	15
3.1.2 Indicateurs proposés pour les CIE .....	15
3.2 Identification des indicateurs pour les facteurs de stress.....	18
3.2.1 Établissement de l'ordre de priorité des facteurs de stress anthropiques.....	18
3.2.2 Indicateurs proposés pour les facteurs de stress anthropiques.....	18
3.3 Identification des indicateurs pour les interactions entre les CIE et les facteurs de stress	22
3.3.1 Établissement de l'ordre de priorité des interactions CIE/facteurs de stress .....	22
3.3.2 Indicateurs proposés pour les interactions entre les CIE et les facteurs de stress	24
3.4 Ensembles d'indicateurs .....	25
4 DISCUSSION.....	32
4.1 Ensembles d'indicateurs de surveillance.....	32
4.2 Collecte de données et comblement des lacunes dans les connaissances.....	34
4.3 Limites et développement futur de ce travail .....	35

---

4.3.1	Objectifs de conservation.....	35
4.3.2	Indicateurs écosystémiques.....	36
4.3.3	Facteurs de stress .....	36
5	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	37
6	RÉFÉRENCES.....	38
7	GLOSSAIRE ET ACRONYMES .....	41
	ANNEXE A : COMPOSANTES IMPORTANTES DE L'ÉCOSYSTÈME DE LA ZONE DE PROTECTION MARINE DES RÉCIFS D'ÉPONGES SILICEUSES DU DÉTROIT D'HÉCATE ET DU BASSIN DE LA REINE-CHARLOTTE ET JUSTIFICATION DE LEUR SÉLECTION (HANNAH <i>ET AL.</i> ) .....	45
	ANNEXE B : CRITÈRES DE SÉLECTION DES INDICATEURS FONDÉS SUR LES RISQUES POUR LES APPLICATIONS FUTURES DU CADRE DE SÉLECTION DES INDICATEURS FONDÉS SUR LES RISQUES AUX ZONES DE PROTECTION MARINE .....	50
	ANNEXE C : JUSTIFICATIONS DE LA SÉLECTION DES INDICATEURS DES CIE.....	52
	ANNEXE D : RÉSUMÉ DES CRITÈRES DES INDICATEURS DES CIE .....	56
	ANNEXE E : RÉSUMÉ DES CRITÈRES DES INDICATEURS DES FACTEURS DE STRESS	62
	ANNEXE F : INTERACTIONS CIE/FACTEURS DE STRESS ET RÉSULTATS DE LA MÉTHODE D'ÉTABLISSEMENT DE L'ORDRE DE PRIORITÉ .....	86
	ANNEXE G : INDICATEURS D'INTERACTION CIE/FACTEURS DE STRESS ET COMPOSANTES MESURABLES .....	95
	ANNEXE H : INDICATEURS D'INTERACTION CIE/FACTEURS DE STRESS, COMPOSANTES MESURABLES, RÉSUMÉ DES INTERACTIONS, ÉTAT DES DONNÉES ET MÉTHODES DE COLLECTE.....	103
	ANNEXE : RÉFÉRENCES .....	137

---

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composantes importantes de l'écosystème pour la ZPM DH-BRC.....	8
Tableau 2 : Activités (fournies par la Gestion des océans) et facteurs de stress connexes (identifiés grâce à l'élaboration de modèles des séquences des effets) pour la ZPM DH-BRC. Les facteurs de stress qui entraînent des changements <b>aigus</b> et/ou <b>chroniques</b> sont indiqués en caractères gras. ....	8
Tableau 3. CIE classées par ordre de priorité selon les cotes de risque cumulatif (annexe L dans Hannah et al, y compris les quantiles de 10 à 90 % (représentant l'incertitude).....	15
Tableau 4. Tableau récapitulatif des indicateurs des CIE et des composantes mesurables proposés.....	16
Tableau 5. Les activités de la ZPM DH-BRC et les sous-activités et facteurs de stress associés avec cotes de risque (Hannah et al. 2019). * indique des facteurs de stress potentiels.....	18
Tableau 6. Indicateurs proposés et composantes mesurables pour les activités et les facteurs de stress connexes dont les incidences sur la ZPM DH-BRC sont connues. * indique des facteurs de stress potentiels.....	19
Tableau 7. Interactions actuelles entre les CIE et les facteurs de stress qui subsistaient après la suppression des interactions de faible priorité, présentées avec la cote de risque médian et des quantiles de 10 à 90 % pour chaque interaction (annexe L dans Hannah et al. 2019).....	23
Tableau 8. Les interactions potentielles entre les CIE et les facteurs de stress qui subsistaient après la suppression des interactions de faible priorité, présentées avec la cote de risque médian et des quantiles de 10 à 90 % pour chaque interaction (annexe L dans Hannah et al. 2019). ....	24
Tableau 9. Ensembles d'indicateurs proposés pour les interactions actuelles entre des CIE et des facteurs de stress dans la ZPM DH-BRC, présentés d'après l'ordre approximatif des résultats de l'établissement des priorités.....	26
Tableau 10. Ensembles d'indicateurs proposés pour les interactions potentielles entre les CIE et les facteurs de stress, présentés d'après l'ordre approximatif des résultats de l'établissement des priorités. ....	30

---

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Aperçu du cadre de gestion adaptative du Secteur de gestion des océans du MPO, région du Pacifique (adapté de O et al. 2015). .....	2
Figure 2. Emplacement de la zone de protection marine des récifs d'éponges siliceuses du détroit d'Hécate et du bassin de la Reine-Charlotte. ....	4
Figure 3. Aperçu du cadre de sélection des indicateurs fondé sur les risques (Thornborough et al. 2016A, 2016B), basé sur les résultats de l'application du CERE. ....	11

---

## RÉSUMÉ

Le complexe de récifs d'éponges siliceuses du détroit d'Hécate et du bassin de la Reine-Charlotte (DH-BRC) est la dernière zone de protection marine (ZPM) de la région du Pacifique désignée par le gouvernement du Canada en février 2017. Le présent document propose des ensembles d'indicateurs fondés sur le risque utilisés pour surveiller la biodiversité dans la ZPM DH-BRC, et sélectionnés à l'aide d'un cadre de sélection d'indicateurs écologiques fondés sur le risque. Un cadre d'évaluation du risque écologique a été appliqué pour déterminer le risque relatif associé aux activités anthropiques menées dans l'écosystème de la ZPM. À l'aide des extraits d'un processus d'évaluation du risque écologique (fondé sur le Cadre d'évaluation du risque écologique de la région du Pacifique; O *et al.* 2015), un cadre de sélection d'indicateurs écologiques fondés sur le risque a alors été appliqué à la ZPM pour sélectionner et hiérarchiser les indicateurs écologiques fondés sur le risque. Ces indicateurs peuvent servir à surveiller le risque d'effets nocifs pour les composantes importantes de l'écosystème (CIE) occasionné par les activités anthropiques et les facteurs de stress qui leur sont associés. Le présent document propose des ensembles distincts d'indicateurs fondés sur le risque pour les facteurs de stress actuels (prévisibles, qui sont observés la plupart des années) et potentiels (imprévisibles, qu'on observe peu fréquemment), et les deux intègrent des indicateurs propres aux CIE, propres aux facteurs de stress et propres aux interactions entre les CIE et les facteurs de stress. Des mesures de l'abondance figurent régulièrement parmi les ensembles d'indicateurs proposés, ce qui fait ressortir la nécessité d'établir prioritairement des données de référence. Les ensembles d'indicateurs des facteurs de stress actuels et potentiels devraient être pris en considération lors de l'élaboration de stratégies et de plans de surveillance, et l'on devrait utiliser une combinaison d'indicateurs propres aux CIE et aux facteurs de stress, ainsi que des indicateurs d'interaction CIE/facteur de stress. Étant donné l'accès à distance et le coût associé aux indicateurs de suivi de la ZPM DH-BRC, bon nombre des indicateurs proposés peuvent être mesurés à l'aide de relevés visuels et, comme plusieurs CIE se chevauchent, de nombreux indicateurs peuvent être mesurés ou échantillonnés durant la même période d'opérations de levés. Dans la mesure où les données sont recueillies par le biais de la surveillance des indicateurs, elles peuvent être réintégrées dans le cadre de gestion adaptative pour les prochaines évaluations des risques et de certains indicateurs, ainsi que pour la sélection de nouveaux indicateurs et le perfectionnement des plans de surveillance.

---

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 CONTEXTE

Le complexe de récifs d'éponges siliceuses du détroit d'Hécate et du bassin de la Reine-Charlotte (DH-BRC) a été désigné zone de protection marine (ZPM) en vertu de la *Loi sur les océans* du Canada en février 2017 (*Gazette du Canada* 2017). La désignation comme ZPM offre une protection complète contre les activités humaines qui pourraient avoir des effets nocifs sur les récifs. Pêches et Océans Canada (MPO) a la responsabilité globale de la mesure et de l'évaluation du rendement relatif à la ZPM en tant qu'autorité principale de la ZPM. On détermine l'efficacité des mesures de gestion dans la ZPM par l'atteinte des objectifs de conservation, évalués par la surveillance des indicateurs écologiques et des seuils d'impact connexes élaborés selon une approche fondée sur le risque. Jusqu'à présent, un objectif de conservation général a été fixé pour la ZPM DH-BRC afin de « préserver la diversité biologique, l'habitat structurel et les fonctions écosystémiques des récifs d'éponges siliceuses », et un Cadre d'évaluation du risque écologique (CERE; O *et al.* 2015) a été appliqué à la ZPM DH-BRC pour évaluer le risque d'effets nocifs sur les composantes importantes des écosystèmes (CIE) associé aux activités anthropiques et aux facteurs de stress correspondants (Hannah *et al.* 2019). La prochaine étape du cadre de gestion adaptative des ZPM de la région du Pacifique (figure 1) consiste à choisir des indicateurs écologiques fondés sur le risque qui serviront à élaborer des stratégies de recherche et de surveillance, à préciser davantage les objectifs de conservation pour les rendre opérationnels et à élaborer des plans de surveillance. Comme les données sont recueillies par le biais de la surveillance des indicateurs, elles peuvent être réintégrées dans le cadre de gestion adaptative pour les prochaines évaluations des risques et de certains indicateurs, ainsi que pour la sélection de nouveaux indicateurs et le perfectionnement des plans de surveillance (figure 1).

Le présent document propose des ensembles d'indicateurs fondés sur le risque visant à surveiller la biodiversité dans la ZPM DH-BRC, qui ont été sélectionnés à l'aide d'un cadre de sélection d'indicateurs écologiques fondés sur le risque (Thornborough *et al.* 2016A, 2016B). Ce cadre a été évalué lorsqu'il a été appliqué à deux ZPM de la région du Pacifique : la ZPM des événements hydrothermaux Endeavour et la ZPM du mont sous-marin SGaan Kinghla-Bowie (Thornborough *et al.* 2016A, 2016B). Ici, il est appliqué à la ZPM DH-BRC à l'aide d'extraits de l'application du CERE (Hannah *et al.* 2019). La portée et la notation de l'application de ce CERE ont été établis à l'origine en 2014-2015, avant la désignation de la ZPM, et la sélection des indicateurs fondés sur le risque pour la ZPM DH-BRC avait été initialement élaborée en 2015-2016. Les deux ont intégré d'importantes mises à jour, en particulier dans les processus d'établissement de notation et de sélection afin de tenir compte des nouveaux règlements relatifs aux ZPM. Toutefois, en raison de l'augmentation rapide du nombre de publications sur la ZPM DH-BRC au cours des dernières années, il se peut que la documentation comporte des lacunes qu'il faudra combler dans les prochaines versions de ce document. Les indicateurs et leurs composantes mesurables (c.-à-d. la façon de mesurer l'indicateur) décrits dans le présent document sont axés sur les CIE écologiques (et non sur les aspects sociaux ou économiques) et ne visent pas à évaluer la conformité aux règlements, aux permis ou à d'autres mesures de gestion, bien que ces facteurs puissent influencer le choix final des indicateurs à surveiller.

Le présent document propose des ensembles d'indicateurs fondés sur le risque visant à surveiller la biodiversité dans la ZPM DH-BRC, et sélectionnés en fonction du risque associé aux facteurs de stress anthropiques s'appliquant aux CIE. Des ensembles d'indicateurs, plutôt qu'un ou deux, sont fournis afin d'offrir une connaissance plus approfondie de la structure et de la fonction de l'écosystème, ainsi que du risque d'effets nocifs causés par les facteurs de stress

anthropiques. Une meilleure connaissance favorise l'élaboration future de seuils d'indicateurs et de mesures de gestion adéquates.

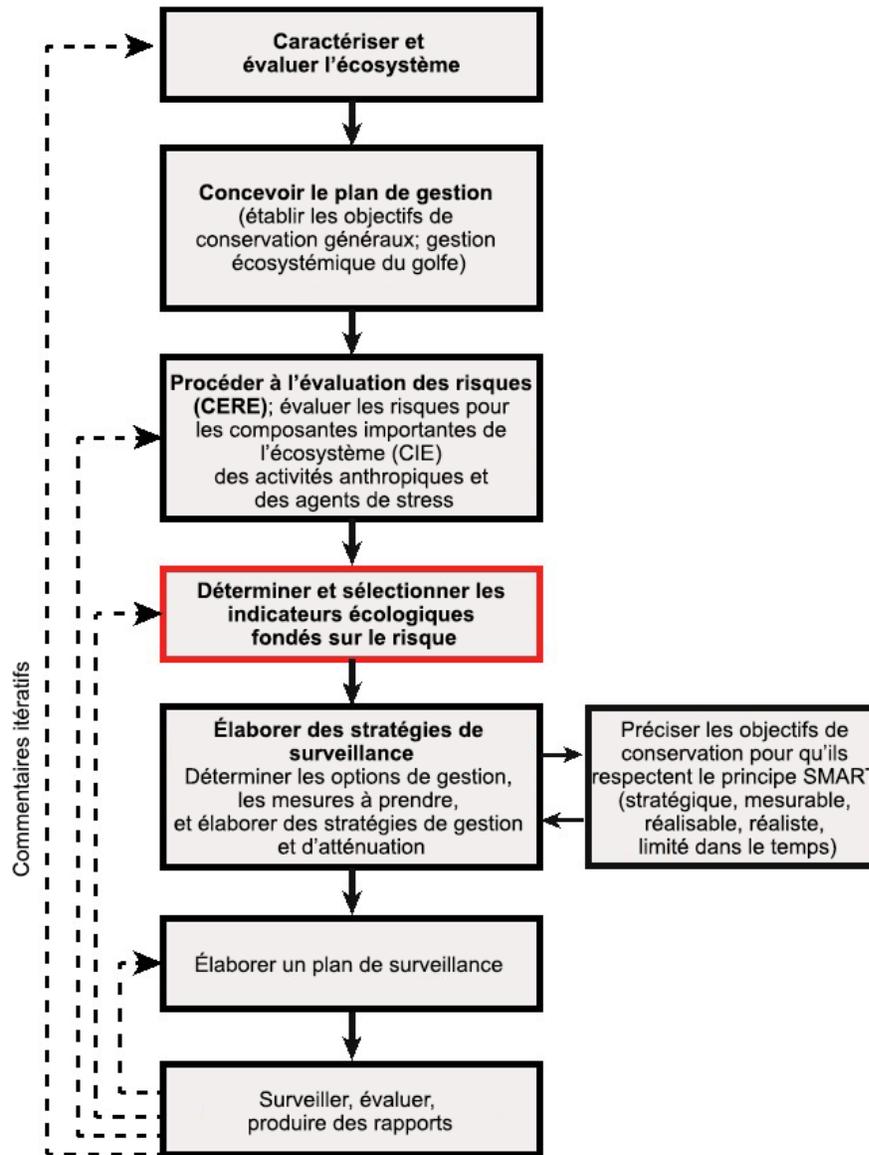


Figure 1. Aperçu du cadre de gestion adaptative du Secteur de gestion des océans du MPO, région du Pacifique (adapté de O et al. 2015). Ce processus est itératif et toute information recueillie au cours de la surveillance peut être réintégrée dans le cadre.

## 1.2 INDICATEURS

Un indicateur écologique est une composante particulière mesurable d'un écosystème que l'on utilise pour surveiller, évaluer et connaître l'état d'un écosystème, les effets des activités anthropiques et l'efficacité des mesures de gestion par rapport à l'atteinte des objectifs (adapté à partir de Rice et Rochet 2005). Les indicateurs les plus efficaces sont sensibles, répondent bien au changement, sont propres à une mesure de gestion et sont des mesures relativement simples qui peuvent être utilisées pour rendre compte d'une situation plus complexe (Rice et Rochet 2005). Le choix d'indicateurs appropriés fait partie intégrante du cadre de gestion

---

adaptative du Secteur de gestion des océans du MPO, région du Pacifique (figure 1), car le choix des indicateurs mène à l'élaboration de stratégies de surveillance qui, à leur tour, contribuent à préciser les objectifs généraux de conservation en objectifs opérationnels qui sont stratégiques, mesurables, réalisables, réalistes et limités dans le temps (SMART). Deux types d'indicateurs peuvent être utilisés dans ce cadre de gestion adaptative : les indicateurs fondés sur le risque et les indicateurs écosystémiques. Le présent document établit et discute des indicateurs fondés sur le risque.

Les indicateurs fondés sur le risque sont choisis d'après les résultats d'un CERE appliqué à une zone particulière et comprennent les CIE, les facteurs de stress et les interactions entre des CIE et des facteurs de stress, classés par risque relatif. Les incertitudes associées au risque relatif calculé aident à déterminer les lacunes dans les connaissances, et la division des facteurs de stress en facteurs de stress actuels (prévisibles et qui se produisent la plupart des années) et potentiels (imprévisibles et peu fréquents) permet de différencier l'approche en matière d'indicateurs de surveillance à différentes échelles temporelles (c.-à-d. événement unique ou série chronologique). Lorsqu'on choisit des indicateurs pour les interactions entre une CIE et un facteur de stress selon le risque, on peut fournir des avis scientifiques ciblés aux gestionnaires et accroître l'efficacité des stratégies de surveillance élaborées.

### 1.3 CONTEXTE RÉGIONAL

La ZPM DH-BRC est située entre Haida Gwaii et la partie continentale de la Colombie-Britannique (figure 2) dans la zone de gestion intégrée de la côte nord du Pacifique (ZGICNP) et la biorégion du plateau nord. La ZPM couvre une superficie de 2 410 km<sup>2</sup> et englobe quatre récifs distincts qui forment une bande discontinue de 390 km<sup>2</sup> à une profondeur de 165 à 240 m (Conway *et al.* 2004) dans trois zones : le récif nord, deux récifs centraux et le récif sud (figure 2). Les limites de la ZPM comprennent les récifs, la colonne d'eau, les eaux environnantes, le fond marin et le sous-sol (Boutillier *et al.* 2013). Les récifs sont composés de grandes colonies d'éponges hexactinellides (siliceuses) (MPO 2015) qui se trouvent au sommet d'éponges mortes qui ont été enfouies continuellement depuis 6 000 à 9 000 ans (Conway *et al.* 2001).

Les récifs d'éponges siliceuses du détroit d'Hécate et du bassin de la Reine-Charlotte ont été découverts par la Commission géologique du Canada entre 1987 et 1988 (MPO 2000) et ont été les premiers et les seuls exemples vivants de grands récifs d'éponges siliceuses comparables aux récifs qui existaient en abondance pendant la période jurassique (MPO 2015). Bien que des récifs d'éponges siliceuses aient été découverts ailleurs dans le Pacifique Nord-Est, la taille et l'étendue des récifs DH-BRC les rendent uniques et d'importance mondiale. Les récifs d'éponges siliceuses ont été désignés comme une zone d'importance écologique et biologique (ZIEB) de la zone de gestion intégrée de la côte nord du Pacifique (ZGICNP). Ils ont en outre obtenu la cote la plus élevée en ce qui a trait à l'unicité (Clarke et Jamieson 2006).

Les éponges vivantes affichent une hauteur de un à deux mètres et reposent sur des collines de squelettes enfouis qui mesurent en moyenne cinq à huit mètres de hauteur (mais peuvent atteindre jusqu'à 30 mètres) (Conway *et al.* 2007; Stone *et al.* 2014). Chaque colonie d'éponges peut vivre plus de 200 ans (MPO 2011), et les données suggèrent qu'elles poussent de 1 à 5 cm par année (Dunham *et al.* 2015). La croissance lente et la fragilité des espèces d'éponges rendent ces récifs particulièrement vulnérables aux perturbations, car leur rétablissement peut prendre des dizaines voire plusieurs centaines d'années. Après la mort du tissu vivant de l'éponge, la structure rigide laissée derrière permet aux juvéniles de s'installer sur le squelette exposé et de construire le récif vers le haut. La base des squelettes est remplie de sédiments qui les enferment dans une structure récifale rigide et continuent la croissance et la productivité du récif (Conway *et al.* 1991; Conway *et al.* 2001; Krautter *et al.* 2001; Conway *et al.* 2005; Leys

et al. 2007). Les récifs d'éponges offrent un refuge, un habitat et un lieu de croissance à d'autres espèces aquatiques, y compris les espèces de sébastes et d'autres espèces de poissons et de mollusques et crustacés (Conway 1999; MPO 2011), ainsi qu'un important service écosystémique comme mécanisme de filtration de l'eau (Chu et Leys 2010; Chu et al. 2011; MPO 2011; Kahn et al. 2015).

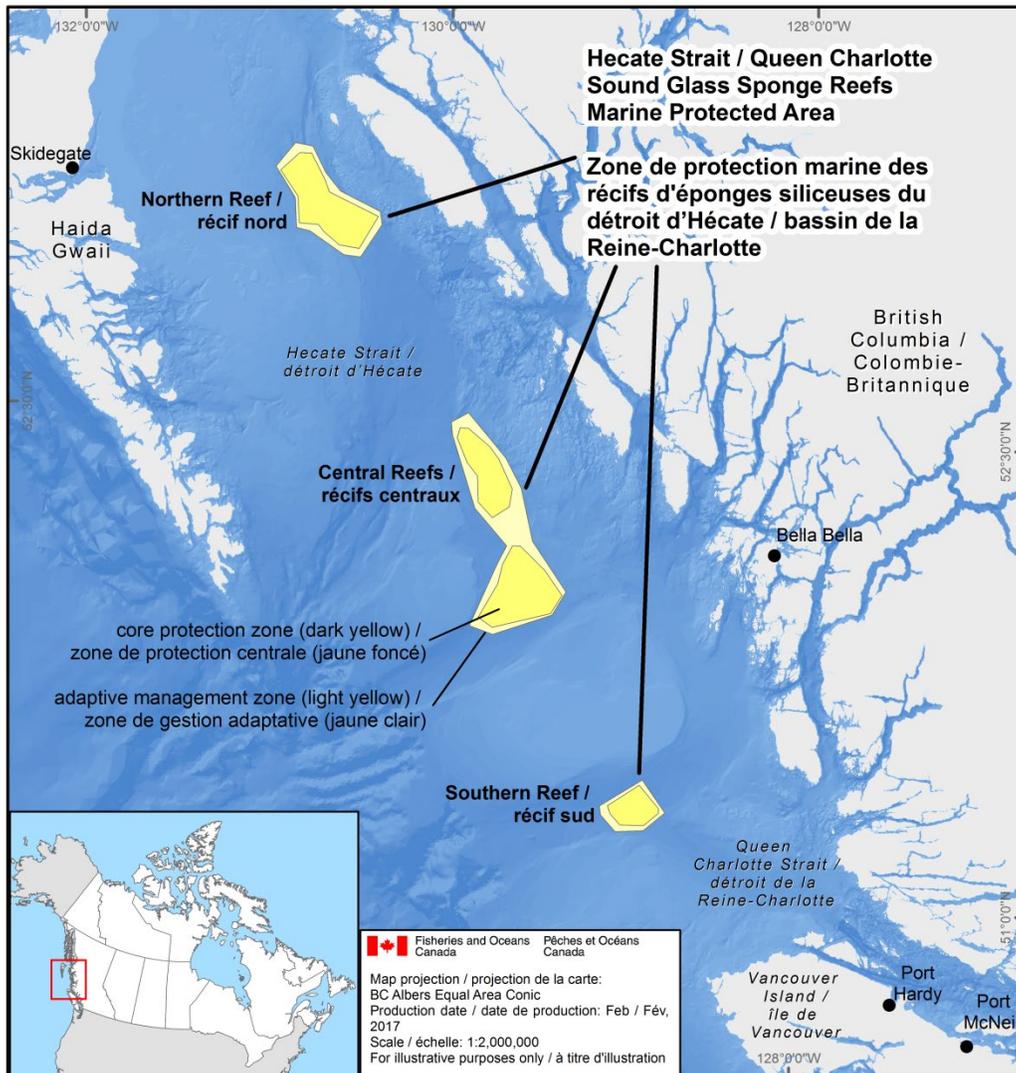


Figure 2. Emplacement de la zone de protection marine des récifs d'éponges siliceuses du détroit d'Hécate et du bassin de la Reine-Charlotte.

#### 1.4 OBJECTIF DE CONSERVATION

L'objectif de conservation de la ZPM DH-BRC est de préserver la diversité biologique, l'habitat structurel et les fonctions écosystémiques des récifs d'éponges siliceuses (Gazette du Canada 2017). Un plan de gestion de la zone de protection marine est en cours d'élaboration afin d'orienter la gestion quotidienne et la production de rapports, la gouvernance et la surveillance

---

de cette zone. Par conséquent, des objectifs de conservation et des objectifs opérationnels plus détaillés n'ont pas encore été élaborés.

Le Plan de conservation des coraux et des éponges d'eau froide de la région du Pacifique (MPO 2010A) définit les principaux objectifs, stratégies et mesures de conservation des coraux et des éponges d'eau froide qui s'appliquent à la ZPM DH-BRC pour guider les gestionnaires du MPO. Le Plan vise à appuyer le mandat du MPO qui consiste à élaborer et à mettre en place des politiques et des programmes à l'appui des intérêts scientifiques, écologiques, sociaux et économiques du Canada dans les océans et en eau douce.

Le but global du Plan s'harmonise avec l'objectif de conservation de la ZPM du DH-BRC :

*Préserver la santé et l'intégrité des espèces de coraux et d'éponges d'eau froide, de leurs colonies et de leurs habitats dans l'océan Pacifique du Canada, qui forment des composantes intégrantes d'un écosystème sain et productif, générant une valeur économique et écologique et une utilisation renouvelable.*

Le Plan de conservation des coraux et des éponges d'eau froide s'efforce d'atteindre trois objectifs :

1. Objectif de conservation : Préserver la santé, la composition et le fonctionnement des espèces de coraux et des éponges d'eau froide, de leurs colonies et de leurs habitats en appui à un écosystème sain.
2. Objectif de gestion : Gérer de manière effective et efficace, dans un cadre d'évaluation du risque, l'activité anthropique ayant des conséquences sur les colonies de coraux et d'éponges, dans un écosystème sain, porteur d'avantages économiques durables.
3. Objectif de recherche : Appuyer les prises de décision en s'en remettant aux avis scientifiques examinés par des pairs sur les causes anthropiques des effets sur les coraux et les éponges d'eau froide et sur la santé et l'intégrité de ces deux espèces et leur contribution à la conservation de la santé de l'écosystème.

Le Plan de conservation et l'objectif de conservation sont tous deux généraux, et il reste à définir des objectifs opérationnels plus précis. L'absence d'objectifs clairement définis empêche d'identifier et de défendre des exigences spécifiques en matière de surveillance sans donner l'impression qu'elles résultent d'un choix arbitraire (Davies *et al.* 2011). La mise au point d'objectifs de conservation SMART est essentielle à l'élaboration d'un programme de surveillance visant à mesurer les paramètres de l'écosystème qui sont utiles et pertinents pour la gestion des facteurs de stress anthropiques dans la ZPM.

## **1.5 ACTIVITÉS ET GESTION ACTUELLES**

La désignation de la zone de protection marine entraîne une gestion et une protection globales et à long terme pour ces récifs, et donne à Pêches et Océans Canada la possibilité de gérer efficacement la vaste gamme d'activités qui peuvent avoir des effets nocifs sur l'écosystème. À titre d'autorité fédérale principale chargée de la zone de protection marine, Pêches et Océans Canada assume la responsabilité générale d'assurer le respect et l'application du règlement. La ZPM DH-BRC est réglementée en vertu de la *Loi sur les océans* (DORS/2008-124).

Chacune des trois zones de récifs (nord, centre et sud) (figure 2) comporte trois zones de gestion interne pour la protection : la zone de protection centrale (ZPC), la zone de gestion adaptative (ZGA) et la zone verticale de gestion adaptative (ZVGA). La ZPC comprend les récifs d'éponges et vise à atténuer les risques de répercussions directes sur les récifs en interdisant les activités des fonds marins. La ZPC se compose du fond marin, du sous-sol jusqu'à une profondeur de 20 m sous le fond marin et de la colonne d'eau au-dessus, jusqu'à

---

une profondeur précise par rapport à la surface de la mer (cette profondeur dépend de chaque complexe de récifs). La ZVGA comprend la colonne d'eau qui se prolonge au-delà de la ZPC jusqu'à la surface de la mer. La ZGA comprend le fond marin, le sous-sol jusqu'à une profondeur de 20 m et les eaux au-dessus de chaque complexe de récifs de la ZPM ne faisant pas partie de la ZPC ou de la ZVGA.

En raison de l'éloignement et de la profondeur, il y a peu d'activités anthropiques à l'intérieur et autour de la ZPM DH-BRC. La zone a principalement été utilisée pour la pêche commerciale, y compris les casiers à crevettes, la pêche à la palangre de fond et au chalut pour les poissons de fond, et la pêche au chalut pélagique pour le merlu. En 2002, les quatre récifs ont été fermés au chalutage du poisson de fond en vertu de la *Loi sur les pêches*, et les fermetures ont été élargies en 2006 pour assurer une protection plus complète des récifs. La capture des crabes se pratique dans les eaux entourant les limites proposées de la ZPM, et l'effort dans ces zones a augmenté considérablement depuis 2010 (*Gazette du Canada* 2017). Aucune pêche (commerciale, récréative ou autochtone) n'est autorisée dans la ZPC. La ZVGA et la ZGA sont actuellement fermées à l'ensemble des activités de pêche commerciale entrant en contact avec le fond et visant la crevette, le crabe et le poisson de fond, ainsi qu'à la pêche au chalut pélagique pour le merlu, mais certaines pêches sont autorisées dans ces zones et pourraient faire l'objet d'un examen et d'une modification à l'avenir. Le chalut pélagique est actuellement interdit, mais il pourrait être autorisé dans la ZVGA (au-dessus de la ZPC) à l'avenir.

Les récifs d'éponges siliceuses de la région du Pacifique font l'objet d'un nombre croissant d'études scientifiques. Jusqu'à présent, la recherche scientifique menée dans la ZPM DH-BRC a été peu invasive. Bien que les secteurs des énergies renouvelables et non renouvelables soient tous deux intéressés à entreprendre des projets à l'intérieur des limites de la ZPM proposée (p. ex. l'installation de chemins de câbles), il n'y a actuellement aucune production en cours. Compte tenu du moratoire fédéral et provincial sur les activités de production de pétrole et de gaz extracôtières en Colombie-Britannique, il est peu probable qu'une extraction pétrolière extracôtière ait lieu dans un avenir proche (*Gazette du Canada* 2017). Il n'y a actuellement aucune activité commerciale de tourisme maritime à proximité des récifs (*Gazette du Canada* 2017).

Le Règlement sur les ZPM interdit : toute activité qui perturbe, endommage, détruit ou enlève tout organisme marin vivant ou toute partie de son habitat ou qui est susceptible de le faire; ou toute activité de recherche scientifique ou de surveillance, ou toute activité éducative, sauf si elle fait partie d'un plan d'activité approuvé par le ministre.

## **1.6 ÉTAT ACTUEL DES ACTIVITÉS DE SURVEILLANCE ET DE RECHERCHE**

Depuis la découverte des récifs au moyen d'outils de profil sismique en 1987, un certain nombre de croisières de recherche ont eu lieu dans la ZPM DH-BRC. Ces croisières ont permis d'obtenir des ensembles de données géologiques et biologiques, y compris des sonars à balayage latéral, des enregistrements sismiques à haute résolution, des carottes, des échantillons d'éponges, des échantillons ponctuels et des images fixes et mobiles (Chu et Leys 2010; Conway *et al.* 2001; Conway *et al.* 2005; MPO 2010A; Dunham *et al.* 2018; Krautter *et al.* 2001; Leys 2013). La faible fréquence des croisières de recherche dans la région est attribuable à plusieurs obstacles, notamment l'éloignement, la disponibilité limitée de navires appropriés, la difficulté d'effectuer des recherches en eaux libres (vagues et conditions météorologiques potentiellement difficiles) et le financement limité pour la recherche.

Il n'y a actuellement aucun programme de surveillance scientifique en cours dans la ZPM DH-BRC, et les données de base sur la composition des communautés et la population sont encore en cours d'établissement, de même que les données de base sur les activités et les facteurs de stress anthropiques (particulièrement sur l'exposition de l'écosystème aux facteurs

---

de stress). La recherche scientifique menée dans la ZPM DH-BRC s'est concentrée sur la géologie, l'écologie, la biologie, l'océanographie et la recherche halieutique dans le but de combler les lacunes actuelles dans les connaissances. Parmi les méthodes de collecte de données, on trouve la mesure des caractéristiques physiques et chimiques le long du fond marin, le déploiement d'équipement d'observation de séries chronologiques, la collecte d'échantillons de sédiments et de biote, l'échantillonnage sismique et acoustique, et la capture de séquences vidéo depuis des véhicules submersibles ou de caméras de stations fixes. Les relevés antérieurs ont fourni des renseignements préliminaires sur la richesse des espèces, la biodiversité, l'habitat et la couverture des espèces de la ZPM DH-BRC (Dunham *et al.* 2018), mais ils ne sont pas assez complets pour être considérés comme une étude de base. Un plan de surveillance complet sera mis en œuvre une fois que les objectifs opérationnels de conservation et de gestion auront été définis dans le plan de gestion.

La pêche commerciale du poisson de fond dans la ZPM DH-BRC est surveillée au moyen de journaux de bord, d'observateurs (observateurs en mer et/ou surveillance électronique), d'échantillonnage au port et de vérification à quai (MPO 2010B). Les pêcheurs commerciaux de poisson de fond sont tenus de tenir des registres de prises en mer dans leurs journaux de bord et par surveillance électronique afin de consigner les détails concernant les bateaux, les spécifications des lignes et des casiers, la durée d'immersion, le lieu de pêche et les prises conservées et relâchées par espèce (Davies *et al.*, 2011). En avril et en septembre, les pêcheurs de poisson de fond sont tenus d'avoir à bord un observateur des pêches en mer pour consigner la fréquence des longueurs, le rapport des sexes et recueillir des otolithes pour la composition selon l'âge. Tous les autres voyages font l'objet d'une surveillance électronique, et 10 % de la vidéo est examinée par un consultant indépendant (Davies *et al.* 2011) pour vérifier l'exactitude de la documentation des prises. Les échantillonneurs portuaires recueillent des données biologiques à partir des débarquements commerciaux chaque fois que c'est possible, et une tierce partie vérifie les prises débarquées des navires.

D'autres ministères fédéraux mènent d'autres activités de surveillance à proximité de la ZPM DH-BRC. Transports Canada surveille le renouvellement des eaux de ballast des navires de haute mer par l'entremise du Programme canadien d'eau de ballast, et le Programme national de surveillance aérienne surveille la pollution causée par les déversements de pétrole (Davies *et al.* 2011). Environnement Canada surveille également les déversements d'hydrocarbures et d'autres anomalies à la surface de l'océan dans le cadre du programme de Surveillance intégrée de la pollution par satellite.

## **1.7 APPLICATION DU CADRE D'ÉVALUATION DU RISQUE ÉCOLOGIQUE**

Avant cette étude, le CERE élaboré par la région du Pacifique (O *et al.* 2015) a été appliqué à la ZPM DH-BRC (Hannah *et al.* 2019). Le CERE comporte deux phases principales : l'établissement de la portée et l'évaluation des risques. La phase d'établissement de la portée a permis de déterminer les composantes importantes de l'écosystème (CIE) qui représentent adéquatement l'écosystème et les facteurs de stress anthropiques susceptibles d'avoir un impact sur l'écosystème de la ZPM DH-BRC. L'évaluation des risques a permis de calculer la probabilité qu'une CIE subisse des effets nocifs en raison de l'exposition à un ou plusieurs facteurs de stress décrits. Les résultats de l'application du CERE à la ZPM DH-BRC sont présentés dans Hannah *et al.* (2019) et résumés ci-dessous.

Parmi les CIE identifiées pour la ZPM DH-BRC, on compte six espèces et deux habitats (Tableau 1; les définitions et justifications de sélection de Hannah *et al.* 2019 sont présentées à l'annexe A. Des modèles des séquences des effets ont été élaborés pour les activités susceptibles d'avoir une incidence sur la ZPM DH-BRC (fournies par la Gestion des océans), en identifiant les facteurs de stress et les effets connexes sur l'écosystème (Tableau 2).

Tableau 1 : Composantes importantes de l'écosystème pour la ZPM DH-BRC.

Type de CIE	CIE
CIE relatives aux espèces	<i>Heterochone calyx</i> (éponge siliceuse hermatypique)
	<i>Aphrocallistes vastus</i> (éponge siliceuse hermatypique)
	<i>Farrea occa</i> (éponge siliceuse hermatypique)
	<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i> (éponge Rosselid/de Dawson)
	<i>Munida quadrispina</i> (galathée)
	<i>Sebastes paucispinis</i> (sébaste bocace)
CIE relatives aux habitats	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme)
	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)

Tableau 2 : Activités (fournies par la Gestion des océans) et facteurs de stress connexes (identifiés grâce à l'élaboration de modèles des séquences des effets) pour la ZPM DH-BRC. Les facteurs de stress qui entraînent des changements **aigus** et/ou **chroniques** sont indiqués en caractères gras.

Activité	Facteurs de stress
Rejet	<b>Piégeages/empêtements</b>
	<b>Introduction d'espèces aquatiques envahissantes</b>
	<b>Hydrocarbures/contaminants</b>
	Perturbation du substrat (tassement)
	Perturbation du substrat (objets étrangers)
Échouement	<b>Introduction d'espèces aquatiques envahissantes</b>
	Perturbation du substrat (objets étrangers)
Déplacement en cours	<b>Perturbation (bruit)</b>
Déversement d'hydrocarbures	<b>Hydrocarbures/contaminants</b>
Levés sismiques/canons à air	Perturbation (énergie sismique)
Utilisation d'engins sous-marins	<b>Perturbation (lumière)</b>
	<b>Introduction d'espèces aquatiques envahissantes</b>
	Hydrocarbures/contaminants
	Perturbation du substrat (tassement)
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)
Chalutage par le fond	<b>Introduction d'espèces aquatiques envahissantes</b>
	<b>Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)</b>
Palangre démersale	<b>Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)</b>
Casiers	<b>Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)</b>
	<b>Introduction d'espèces aquatiques envahissantes</b>
Chalutage pélagique	Piégeages/empêtements
	<b>Prélèvement de matières biologiques</b>
	<b>Collisions</b>
	<b>Perturbation du substrat (tassement)</b>
	<b>Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)</b>

---

Dans le cadre de l'évaluation des risques, on a examiné l'interaction entre les CIE et les facteurs de stress anthropiques identifiés lors de la détermination de la portée. Il s'agissait d'évaluer l'**exposition** (pourcentage de chevauchement entre les CIE et les facteurs de stress pour le secteur, la profondeur, l'échelle temporelle et l'intensité [quantité et fréquence] du facteur de stress), la **résilience** (**changement aigu** et **changement chronique**) et le **rétablissement** (d'après les caractéristiques du cycle biologique des CIE) pour chaque interaction entre les CIE (c) et les facteurs de stress (s), puis de calculer la cote de risque en multipliant les termes (équation 1).

$$Risque_{sc} = Exposition_{sc} \times Résilience_{sc} \times Rétablissement_{sc} \quad (\text{Équation 1})$$

L'incertitude pour chaque terme, soit l'**exposition**, la **résilience** et le **rétablissement**, a été évaluée à l'aide de la méthode décrite dans O *et al.* (2015) et transposée dans la cote de risque définitive en utilisant une version modifiée de la méthode d'incorporation de l'incertitude de O *et al.* (2015) telle que décrite dans Hannah *et al.* 2019). Des cotes d'incertitude distinctes ont été produites (quantiles de 10 à 90 % de l'ensemble de risque médian final) et présentées avec la cote de risque. Le risque cumulatif (additif) a été calculé à l'aide de la méthode décrite dans O *et al.* (2015) pour les CIE et les facteurs de stress. Il en a résulté des cotes de risque pour chaque interaction entre les CIE et les facteurs de stress, ainsi que les CIE et les facteurs de stress classés selon la cote de risque cumulatif (additif).

Au cours de l'analyse des résultats de l'évaluation des risques, les facteurs de stress anthropiques ont été divisés en facteurs de stress *actuels* et facteurs de stress *potentiels*. Parmi les facteurs de stress *actuels*, on compte les activités et les facteurs de stress qui sont quelque peu prévisibles et dont on sait qu'ils se produisent dans la ZPM DH-BRC. Les activités et facteurs de stress *potentiels* comprennent ceux qui surviennent rarement ou à des intervalles imprévisibles. Les facteurs de stress *potentiels* relevés dans Hannah *et al.* (2019) comprenaient : les *hydrocarbures* (déversement d'hydrocarbures), l'échouement ou le naufrage (tous les facteurs de stress), le rejet (corps étranger, piégeage/empêchement, tassement, remise en suspension des sédiments), et les *espèces aquatiques envahissantes* (rejet, échouement, opérations submersibles, chalutage par le fond, casiers). Les facteurs de stress *potentiels* étaient plus susceptibles d'être mieux cotés que les facteurs de stress *actuels*, car la résilience a été cotée selon le pire des scénarios, conformément à l'approche de précaution. Par exemple, les *espèces aquatiques envahissantes* ont été évaluées comme étant l'établissement d'une espèce aquatique envahissante (plutôt que comme l'exposition aux propagules). Cette division des facteurs de stress est essentielle pour que les programmes de surveillance soient liés à la gestion actuelle et que le programme de surveillance soit bien équilibré et informatif (c.-à-d. qu'il ne soit pas dominé par des facteurs de stress *potentiels*).

Hannah *et al.* (2019) a constaté que les CIE des éponges vivantes (jardins d'éponges, *Aphrocallistes vastus*, *Heterochone calyx*, *Farrea occa* et *Rhabdocalyptus dawsoni*) présentaient le risque cumulatif le plus élevé, avec 15 facteurs de stress ayant un impact négatif sur la **résilience**. La CIE relative aux habitats de la matrice de squelettes d'éponges siliceuses présentait le deuxième risque cumulatif le plus élevé, mais avec une interaction en moins avec les facteurs de stress (14). Les CIE de deux espèces mobiles (*Sebastes paucispinis* et *Munida quadrispina*) présentaient le risque cumulatif le plus faible et seulement neuf facteurs de stress affectant la **résilience**.

Les facteurs de stress ayant obtenu les cotes de *puissance* les plus élevées (somme de toutes les cotes de risque pour un facteur de stress) étaient les *hydrocarbures* (déversement d'hydrocarbures), la *perturbation du substrat* (*remise en suspension des sédiments*) (chalut de fond), l'*enlèvement de matières biologiques* (chalut pélagique), les *hydrocarbures/contaminants* (rejet), l'*introduction d'espèces aquatiques envahissantes* (échouement), la *perturbation du*

---

*substrat (tassement)* (chalut pélagique) et la *perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)* (chalut pélagique). Hannah *et al.* (2019) a constaté que les cotes de risque les plus élevées étaient associées à l'incertitude la plus élevée.

## 1.8 LACUNES EN MATIÈRE DE DONNÉES RELEVÉES LORS DE L'APPLICATION DU CERE

L'application du CERE à la ZPM DH-BRC a relevé des lacunes de données qui devraient être comblées dans le cadre de futurs programmes de surveillance. Ces lacunes étaient liées à l'**exposition**, la **résilience** et la **rétablissement**.

L'**exposition** (superficie, profondeur et chevauchement temporel entre les CIE et les facteurs de stress) et l'intensité des facteurs de stress (quantité et fréquence) ont permis d'identifier des lacunes dans les connaissances sur la distribution et l'abondance des CIE. Il n'existe actuellement aucune donnée de base établie sur la population pour les CIE dans la ZPM DH-BRC, et l'information sur les facteurs de stress est limitée. Les facteurs de stress *potentiels* ont été cotés en fonction de l'hypothèse du pire scénario de chevauchement élevé avec les CIE pour les changements aigus et chroniques, ce qui a fait ressortir la nécessité d'établir des niveaux de référence des CIE afin de calculer plus précisément le chevauchement. L'incertitude entourant les facteurs de stress *actuels* variait.

La **résilience** a également mis en évidence une lacune en matière d'information, à savoir l'absence de données de base sur les populations pour les CIE des espèces, ainsi que le manque d'information sur les **changements aigus** (changement de la taille de la population ou de l'habitat) et **chroniques** (changement de l'état de la population ou de l'habitat) des CIE résultant des impacts des facteurs de stress. L'incertitude était la plus élevée pour les facteurs de stress *potentiels*.

La notation des facteurs de **rétablissement**, a permis d'identifier certaines lacunes dans les connaissances sur les caractéristiques du cycle biologique des CIE, un domaine dans lequel les recherches sont en cours.

## 2 MÉTHODES : SÉLECTION DES INDICATEURS ET ÉTABLISSEMENT DES PRIORITÉS

Afin de fournir aux gestionnaires des ZPM des avis scientifiques pertinents sur les interactions entre CIE et facteurs de stress qui nécessitent une surveillance plus poussée, des indicateurs appropriés sont choisis à l'aide d'un cadre de sélection des indicateurs écologiques fondés sur le risque (Thornborough *et al.* 2016A, 2016B), d'après les résultats de l'application du CERE (Hannah *et al.* 2019). Le cadre de sélection met l'accent sur les CIE et les facteurs de stress ayant les cotes de risque cumulatif les plus élevées, en supposant que les objectifs opérationnels sont fondés sur les espèces et les habitats les plus en péril, ainsi que sur les facteurs de stress, tant actuels que potentiels, ayant le plus grand impact sur l'écosystème.

### 2.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU CADRE DE SÉLECTION DES INDICATEURS

Le choix des indicateurs fondés sur le risque repose sur les cotes de risque et l'identification de la variable qui détermine cette cote de risque et l'incertitude associée, mais aussi sur la validité et les meilleures connaissances scientifiques disponibles. Les critères de sélection élaborés à partir des publications spécialisées sont utilisés pour choisir les indicateurs appropriés. Le produit final comprend des ensembles d'indicateurs, plutôt qu'un seul ou deux indicateurs, et permet de mieux comprendre la répartition et l'étendue des CIE ainsi que des impacts des

facteurs de stress de nature anthropique (Figure 3). La surveillance de ces indicateurs peut permettre l'élaboration subséquente de seuils et de mesures de gestion appropriées.

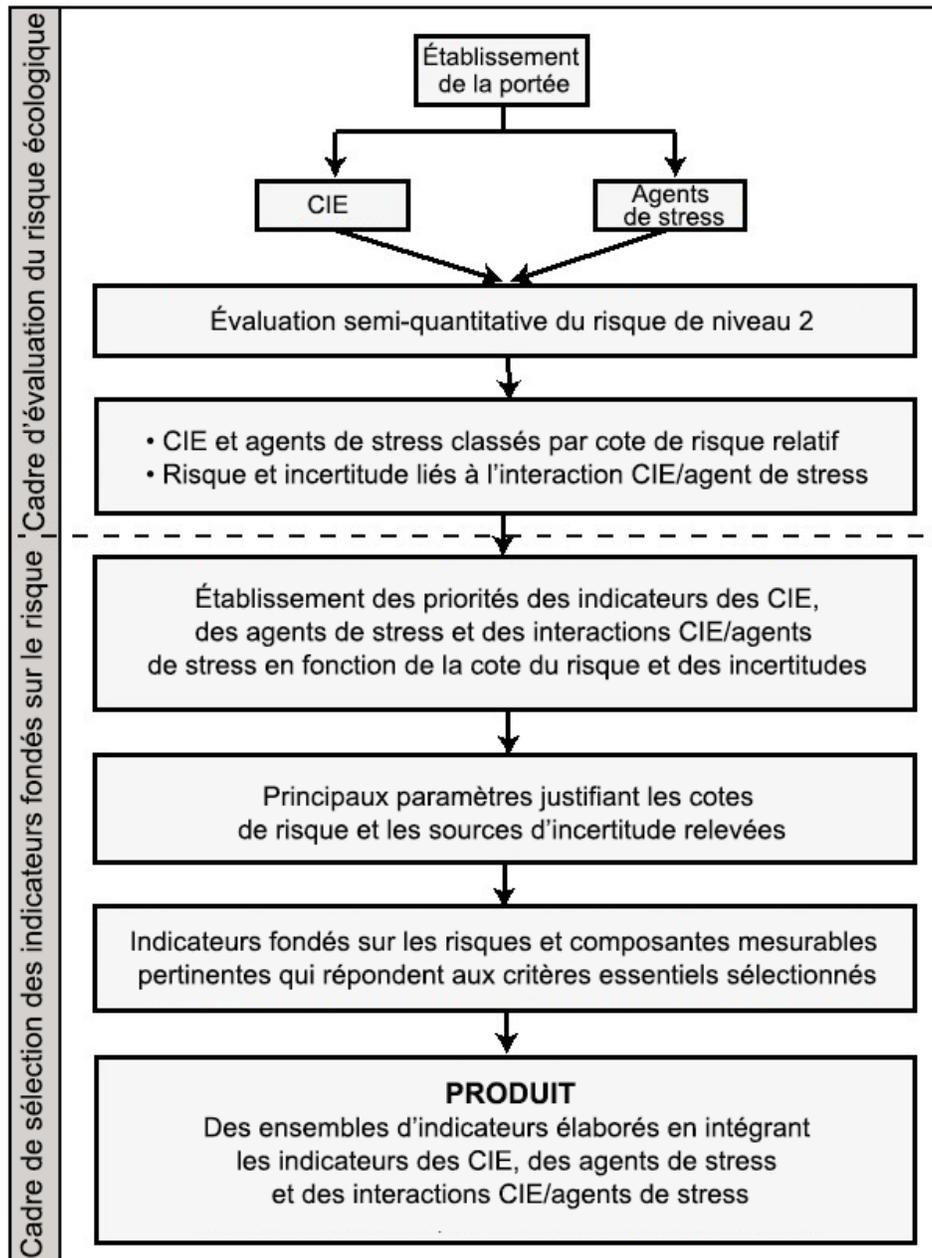


Figure 3. Aperçu du cadre de sélection des indicateurs fondé sur les risques (Thornborough et al. 2016A, 2016B), basé sur les résultats de l'application du CERE.

## 2.2 SÉLECTION DES INDICATEURS FONDÉS SUR LE RISQUE POUR LES CIE ET LES FACTEURS DE STRESS

Le cadre de sélection des indicateurs fondés sur les risques (Thornborough et al. 2016A, 2016B) peut être résumé en trois étapes :

1. l'établissement de l'ordre de priorité des CIE et des facteurs de stress d'après les résultats de l'application du CERE (cotes de risque cumulatif);

- 
2. l'établissement des critères que chaque indicateur doit remplir;
  3. le choix d'indicateurs qui remplissent ces critères en examinant la documentation scientifique disponible.

Les indicateurs des CIE ont été choisis d'après des attributs clés de la taille de la population (ou de l'habitat) et de l'état de la population (ou de l'habitat). Ces attributs sont directement reliés à la résilience qui découle de l'application du CERE, où des changements aigus et chroniques correspondent à la taille et à l'état de la population ou de l'habitat, respectivement. Les indicateurs des facteurs de stress sont choisis d'après l'exposition, y compris la répartition (zone/profondeur), la saisonnalité (dimension temporelle) et la portée et la fréquence de la perturbation (intensité). Des indicateurs ont été choisis pour toutes les CIE et pour tous les facteurs de stress. Ces indicateurs ont été intégrés à des ensembles d'indicateurs actuels et potentiels pour les interactions entre les CIE, le cas échéant.

### **2.2.1 Établissement de l'ordre de priorité des CIE/facteurs de stress**

L'établissement de l'ordre de priorité des CIE et des facteurs de stress est entièrement fondé sur les résultats de l'évaluation des risques de la ZPM DH-BRC (Hannah *et al.* 2019). L'application du CERE a donné lieu à l'établissement de listes de CIE et de facteurs de stress anthropiques classés par cote de risque cumulatif et incertitude associée (quantiles de 10 à 90 %) sur une échelle relative dans la ZPM. Ces classements relatifs ont servi à hiérarchiser les CIE et les facteurs de stress avant la sélection des indicateurs, où le risque élevé était corrélé avec la priorité élevée, et le risque faible avec la priorité faible. Il en résulte une liste de toutes les CIE et une liste de tous les facteurs de stress classés par ordre de priorité en fonction de la cote de risque; les CIE et facteurs jugés « de faible priorité » (selon les cotes de risque relatif faibles) n'ont pas été retirés de ce processus.

Toutefois, ce travail comporte une étape de tri supplémentaire qui n'était pas incluse dans les applications antérieures du cadre de sélection des indicateurs fondés sur le risque (Thornborough *et al.* 2016A, 2016B). Avant l'établissement des priorités, toutes les interactions entre les facteurs de stress et les CIE ayant des effets négligeables sur la résilience (c.-à-d. que les changements aigus et chroniques ont obtenu la cote 0) ont été retirées de l'analyse. Le filtrage des interactions pour lesquelles la résilience est négligeable était nécessaire pour que les indicateurs ne soient choisis que pour les interactions dont on sait qu'elles ont un impact sur la taille et/ou l'état de la population ou de l'habitat. L'inclusion des interactions pour lesquelles la résilience est négligeable dans l'analyse des risques constitue une modification de l'application du CERE pour la ZPM DH-BRC (Hannah *et al.* 2019), et l'analyse du CERE est basée sur ces données. Les applications antérieures du CERE (Rubidge *et al.* 2018; Thornborough *et al.* 2017) ont éliminé ces interactions avant l'analyse des risques et n'ont donc pas été incluses dans le processus de sélection des indicateurs. Dans le cadre du processus de sélection des indicateurs, on a utilisé les résultats filtrés des risques présentés à l'annexe L de Hannah *et al.* (2019)

### **2.2.2 Critères relatifs aux indicateurs**

Chaque indicateur doit répondre à un ensemble de critères essentiels et à privilégier de sorte qu'ils fournissent des mesures utiles des CIE, des facteurs de stress et des interactions entre les CIE et les facteurs de stress. Les critères que chaque indicateur est tenu de satisfaire sont décrits en détail dans le cadre de sélection des indicateurs fondés sur le risque (Thornborough *et al.* 2016A, 2016B). Il s'agit des critères suivants : *solide sur le plan théorique*, *mesurable/faisable*, *sensible* (non applicables aux indicateurs relatifs aux facteurs de stress) et *données historiques disponibles* (critère à privilégier, mais non essentiel). L'annexe B présente

---

une description complète des critères et d'autres considérations (élaborées pour les futures versions de la sélection des indicateurs).

### **2.2.3 Sélection des indicateurs pour les CIE et les facteurs de stress**

Les indicateurs et leurs composantes mesurables ont été choisis à partir des publications spécialisées. Si un indicateur approprié n'était pas établi ou ne pouvait être trouvé pour une CIE ou un facteur de stress en particulier, une espèce/un habitat ou un facteur de stress semblable a été utilisé respectivement. Chaque indicateur proposé devait répondre à tous les critères/sous-critères, à l'exception du critère sur les *données historiques*, qui est à privilégier, mais non essentiel, en raison de la disponibilité limitée des renseignements dans la ZPM DH-BRC. Cette méthode de sélection a été utilisée pour garantir la valeur scientifique des indicateurs de surveillance, d'évaluation et de compréhension de l'état des CIE dans la ZPM DH-BRC, des répercussions des facteurs de stress et, éventuellement, de l'efficacité des mesures de gestion pour atteindre les objectifs de conservation. Le critère de *sensibilité* n'a pas été appliqué aux indicateurs des facteurs de stress, car les facteurs de stress ne réagissent pas à des changements de paramètres précis de l'écosystème. Une plus grande importance a plutôt été accordée au critère de *données historiques*. Lors de la sélection des indicateurs, on a tenu compte du manque de données de référence sur les CIE dans la ZPM DH-BRC; on a donc privilégié les indicateurs pour les CIE qui pouvaient alimenter les données de référence sur la population. Il convient de noter que, même si les indicateurs choisis satisfont aux critères de *mesurabilité/faisabilité*, certains peuvent être difficiles à mesurer compte tenu de l'état actuel des ressources et de l'accès aux technologies en développement. Cet aspect devrait être pris en compte lors de l'élaboration des stratégies de surveillance.

Les indicateurs des CIE ont été divisés en deux catégories principales : la taille de la population ou de l'habitat et l'état de la population ou de l'habitat. Les indicateurs ont été rejetés s'il n'existait pas de technologie opérationnelle (ou quasi opérationnelle) capable de les mesurer ou s'il n'existait pas de méthode claire pour interpréter les données de surveillance d'une manière qui fournirait des renseignements utiles pour les décisions stratégiques et de gestion, comme le suggère Jennings (2005).

Piet et Jansen (2005) ont recommandé de commencer par un ensemble limité d'indicateurs, car un trop grand nombre d'indicateurs peut compliquer le processus de sélection. Plusieurs éléments ont permis de déterminer le nombre d'indicateurs choisis : le besoin d'indicateurs pour les CIE et les facteurs de stress (après Jennings 2005); le besoin d'indicateurs propres aux interactions entre les CIE et les facteurs de stress; et les principaux attributs (taille et état de la population) pour les CIE et les interactions entre les CIE et les facteurs de stress. La valeur des indicateurs sélectionnés peut être affectée par des erreurs de mesure, de processus et d'estimation. Par conséquent, des indicateurs différents, et les mêmes indicateurs mesurés à des échelles spatiales et temporelles différentes et de différentes façons (différentes composantes mesurables), donneront confiance dans la véracité des tendances détectées (Jennings 2005).

## **2.3 SÉLECTION DES INDICATEURS FONDÉS SUR LE RISQUE POUR LES INTERACTIONS ENTRE LES CIE ET LES FACTEURS DE STRESS**

Un nombre total de 106 interactions entre des CIE et des facteurs de stress ont été recensées comme ayant un impact sur la ZPM DH-DRC. Afin que l'on puisse fournir un avis scientifique pertinent, on a classé par ordre de priorité ces interactions entre des CIE et des facteurs de stress pour réduire le nombre d'interactions énumérées avant de choisir des indicateurs en utilisant la méthode décrite dans le cadre de choix des indicateurs fondé sur le risque (Thornborough *et al.* 2016A, 2016B). Ce processus divisait les interactions entre les facteurs de

---

stress et les CIE en interactions *actuelles* et *potentielles*, puis classait les résultats de l'évaluation des risques en fonction de la cote de risque et de l'incertitude, accordant aux interactions une priorité élevée, modérée ou faible. Les listes d'interactions qui en résultent, classées par ordre de priorité selon les cotes de risque et l'incertitude, sont présentées à l'annexe F. Les indicateurs ne sont choisis que pour les interactions de priorité élevée et modérée pour les interactions *actuelles* et les interactions *potentielles*, car chacun d'eux met en évidence des lacunes d'information et des besoins différents en matière de surveillance et de gestion.

Il est essentiel de diviser les interactions *potentielles* et les interactions *actuelles* pour fournir des ensembles complets d'indicateurs de surveillance. Il est presque impossible de mesurer les facteurs de stress *potentiels* au moment de l'événement; ils doivent donc être identifiés et regroupés. Bien qu'aucune pêche commerciale ne soit autorisée dans la ZPM en vertu des lignes directrices actuelles, il est possible que certaines activités de pêche soient réintroduites à l'avenir. Les activités de pêche sont analysées en tant que facteurs de stress *actuels* dans l'application du CERE (Hannah *et al.* 2019) et la sélection des indicateurs afin que les gestionnaires disposent de cette information dans le processus décisionnel. Les futures versions du CERE et les applications du cadre de sélection des indicateurs devront tenir compte des règlements mis à jour dans la ZPM pour déterminer quelles activités sont incluses.

### **2.3.1 Détermination de la mesure la plus représentative de l'interaction entre une CIE et un facteur de stress**

Pour déterminer si une mesure de la taille de la population, de l'état de la population ou des deux était la plus appropriée pour chaque interaction, on a examiné la notation et les justifications initiales de la **résilience (changement aigu et changement chronique)** de Hannah *et al.* (2019) Dans le CERE (O *et al.* 2015), un **changement aigu** représentait un changement dans la taille de la population ou de l'habitat, tandis qu'un **changement chronique** représentait un changement dans l'état de la population ou de l'habitat. Si la notation d'un **changement aigu** était de 0, seules les mesures de l'état de la population ont été choisies, et vice versa pour le **changement chronique** et la taille de la population. Si la notation pour le **changement aigu** et le **changement chronique** étaient semblables, des indicateurs ont été choisis pour les deux.

### **2.3.2 Sélection des indicateurs pour les interactions entre les CIE et les facteurs de stress**

Les indicateurs et leurs composantes mesurables ont été choisis à partir de la documentation disponible, comme le décrit la section 2.2.3. Chaque indicateur choisi devait satisfaire à tous les critères essentiels de l'annexe B et aux critères à privilégier (données historiques disponibles), le cas échéant. Des indicateurs n'ont été choisis que pour les interactions entre les facteurs de stress et les CIE ayant une priorité modérée à élevée, c.-à-d. les interactions dont la priorité se situe entre 1 et 6 à l'annexe F.

Les ensembles d'indicateurs dans lesquels les CIE sont regroupées par taxonomie et ceux dont les indicateurs sont similaires pour les interactions *actuelles* et *potentielles*. Le fait de proposer un ensemble d'indicateurs plutôt qu'un seul indicateur fournit des options et permet de saisir une plus grande gamme d'attributs écologiques. Les indicateurs des CIE et des facteurs de stress relevés dans le cadre du processus décrit à la section 2.2 ont été intégrés aux ensembles d'indicateurs propres à l'interaction entre une CIE et un facteur de stress. Cette démarche fait en sorte qu'un éventail d'attributs sont mesurés et offre des options de rechange pour la surveillance des interactions entre des CIE et des facteurs de stress. Les indicateurs propres aux CIE et aux facteurs de stress présentés dans l'ensemble final d'indicateurs ont fait

---

l'objet d'un processus de peaufinage supplémentaire, où seuls les indicateurs qui peuvent aider à éclairer l'interaction CIE/facteurs de stress ont été inclus.

### 3 RÉSULTATS : SÉLECTION DES INDICATEURS

#### 3.1 IDENTIFICATION DES INDICATEURS POUR LES CIE

##### 3.1.1 Établissement de l'ordre de priorité des CIE

L'ordre de priorité des CIE a été établi à partir du classement relatif des CIE selon la cote de risque de Hannah *et al.* (2019) (voir l'annexe L dans Hannah *et al.* 2019), où les cotes de risque cumulatif les plus élevées et les plus faibles correspondent respectivement à la priorité la plus élevée et la plus faible. Les CIE classées par ordre de priorité sont présentées au Tableau 3; aucune CIE n'a été enlevée au cours de ce processus.

Tableau 3. CIE classées par ordre de priorité selon les cotes de risque cumulatif (annexe L dans Hannah *et al.*, y compris les quantiles de 10 à 90 % (représentant l'incertitude).

CIE	Risque cumulatif	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %
<i>Aphrocallistes vastus</i>	434,41	77,41	79,27
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	429,57	76,29	78,39
<i>Farrea occa</i>	407,88	73,21	74,98
Jardin d'éponges	403,67	76,71	78,73
<i>Heterochone calyx</i>	399,87	77,60	80,21
Squelette d'éponge siliceuse	390,89	78,88	82,89
Sébaste bocace	329,96	63,46	64,91
<i>Munida quadrispina</i>	214,62	55,67	58,18

##### 3.1.2 Indicateurs proposés pour les CIE

Les indicateurs ont été choisis à partir de la documentation disponible sur les indicateurs écosystémiques, en mettant particulièrement l'accent sur les indicateurs déjà utilisés par le MPO, et des études sur le Pacifique Nord-Ouest (p. ex. Andrews *et al.* 2013; Chu et Leys 2010; Curtis *et al.* 2012; Levin *et al.* 2010; Samhuri *et al.* 2009; Thornborough *et al.* 2016A, 2016B), ainsi que des caractéristiques du cycle biologique des CIE. Lorsqu'il était impossible de trouver un indicateur approprié pour une CIE en particulier, une espèce ou un habitat semblable était utilisé(e). Chaque indicateur choisi répondait aux critères essentiels présentés à l'annexe B. Les indicateurs sélectionnés et leurs composantes mesurables pour les CIE sont présentés dans le Tableau 4.

Plusieurs indicateurs (trois en moyenne) ont été sélectionnés pour chaque CIE, ce qui a permis de dégager plusieurs alternatives. Les ensembles d'indicateurs pour les CIE sont fournis dans le Tableau 4 sous deux paramètres clés : la taille de la population ou de l'habitat et l'état de la population ou de l'habitat. Plusieurs indicateurs ont été répétés pour des types de CIE similaires, et les types de CIE similaires ont été regroupés. Les annexes C et D présentent les justifications du choix des indicateurs et la façon dont ces derniers satisfont à chaque critère, respectivement.

Tableau 4. Tableau récapitulatif des indicateurs des CIE et des composantes mesurables proposés.

CIE			Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable
Espèce	Éponges siliceuses hermatypiques	<i>Heterochone calyx</i> <i>Farrea occa</i> <i>Aphrocallistes vastus</i>	Taille de la population	Abondance (relative)	Densité des oscules (nombre d'oscules par m <sup>2</sup> ); couverture du surface (%); zone visée (m <sup>2</sup> )
			État de la population	Biomasse	Structure de taille; poids/unité de surface (à utiliser uniquement lorsque l'échantillonnage est déjà en cours ou que des données sur les prises accessoires sont disponibles)
				Santé/état liés aux maladies et aux espèces aquatiques envahissantes	Présence de maladie, d'espèces aquatiques envahissantes (p. ex. croissance démesurée de <i>Desmacella</i> spp.); % des colonies échantillonnées montrant des signes visibles de stress (remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance).
				Santé/état liés aux dommages physiques	Proportion de colonies ou de récifs (%) endommagés; preuve de fragments épars de squelettes d'éponges; preuve de rétablissement.
				Diversité génétique	Fréquence des allèles, loci polymorphes (applicables aux démosponges et aux éponges Rosselid, et pour comparer les éponges hexactinellides d'une zone à l'autre).
	Éponges Rosselid/ de Dawson	<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Taille de la population	Abondance	Répartition des fréquences de taille, prise par unité d'effort (données des journaux de pêche).
			Biomasse	Poids/unité de surface; prise par unité d'effort	
	Sébaste bocace	<i>Sebastes paucispinis</i>	État de la population	Coefficient de condition, k	P. ex. poids/longueur, âge, contenu de l'estomac, présence de maladies ou d'espèces envahissantes, charge parasitaire, structure de taille de la population
				Diversité génétique des populations	Délimitation génétique (fréquence des allèles, polymorphisme, etc.)
				Répartition spatiale	Répartition spatiale (domaine vital) des espèces dans la ZPM
				Abondance et densité des espèces	Densité moyenne/nombre d'organismes dans une aire de répartition donnée
	Galathée	<i>Munida quadrispina</i>	Taille de la population	Biomasse	Poids/unité de surface
État de la population			Santé/état	Blessures visibles à l'organisme ou indicateurs comportementaux (p. ex. comportement de redressement et alimentaire, réflexes)	

CIE			Paramètre clé	Indicateur	Composante mesurable
				Répartition spatiale des espèces	Répartition des espèces dans les zones de récifs
Habitat	Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Taille de l'habitat	Abondance (étendue et répartition)	Couverture du surface des jardins d'éponges (% de couverture, m <sup>2</sup> )
			État de l'habitat	Santé/état liés aux dommages physiques	% d'habitat modifié ou présentant des signes visibles de dommages
				Diversité et richesse des espèces	Mesures de la diversité, diversité alpha (p. ex. Shannon Simpson, redondance taxonomique, distinction taxonomique du biote associé) et diversité bêta; <i>H. calyx</i> a le squelette le plus robuste (Krautter et al. 2001). Il se peut que l'équilibre entre ces trois espèces hermatypiques puisse être utilisé pour indiquer dans quelle mesure un récif d'éponges a été exposé à des facteurs de stress, et la présence d'une espèce plus fragile telle que <i>F. occa</i> pourrait indiquer un récif en meilleur état. Un déclin rapide de <i>F. occa</i> dans une zone spécifique pourrait indiquer un changement important de l'état de l'habitat. Cet indicateur devrait être combiné aux données de base et aux tendances à long terme.
	Habitat biogénique	Jardins d'éponges	Taille de l'habitat	Abondance (étendue et répartition)	Couverture du surface des jardins d'éponges (% de couverture, m <sup>2</sup> )
			État de l'habitat	Santé/état liés aux dommages physiques	% d'habitat modifié ou présentant des signes visibles de dommages; modification du débit/de l'hydrodynamique
				Diversité et richesse des espèces	Mesures de la diversité (diversité alpha et bêta); Densité des éponges juvéniles près des éponges vivantes et des squelettes d'éponges. La superficie en 3D peut indiquer la diversité et la disponibilité de l'habitat (Santavy <i>et al.</i> 2013).

## 3.2 IDENTIFICATION DES INDICATEURS POUR LES FACTEURS DE STRESS

### 3.2.1 Établissement de l'ordre de priorité des facteurs de stress anthropiques

L'ordre de priorité des facteurs de stress a été établi à partir du classement relatif des facteurs de stress par risque produit comme résultat de l'évaluation du risque (annexe L dans Hannah *et al.* 2019), où la cote de risque cumulatif la plus élevée correspond à la priorité la plus élevée et le risque cumulatif le plus faible correspond à la priorité la moins élevée. Les extrants ont été utilisés pour établir l'ordre de priorité des facteurs de stress seulement, et aucun facteur de stress n'a été éliminé au moyen de ce processus. Les facteurs de stress classés par ordre de priorité en fonction du risque sont présentés dans le Tableau 5.

Tableau 5. Les activités de la ZPM DH-BRC et les sous-activités et facteurs de stress associés avec cotes de risque (Hannah *et al.* 2019). \* indique des facteurs de stress potentiels.

Activité	Facteur de stress	Risque (cumulatif)	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %
Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures*	943,95	118,79	121,83
Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	247,40	64,78	67,31
Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques*	235,50	52,58	55,80
Rejet	Hydrocarbures/contaminants	218,14	59,64	61,77
Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (tassement)*	197,40	52,07	54,96
Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes*	184,70	58,50	61,87
Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension)	159,56	43,75	46,66
Casiers	Perturbation du substrat (remise en suspension)	127,97	37,70	39,12
Chalutage par le fond	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes*	121,87	30,21	32,92
Rejet	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes*	107,16	39,31	42,40
Échouement	Piégeages/empêtements*	103,59	39,60	42,66
Palangres démersales	Perturbation du substrat (remise en suspension)	102,57	30,57	32,46
Utilisation d'engins sous-marins	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes*	68,07	24,28	25,71
Casiers	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes*	67,83	24,73	26,84
Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation du substrat (remise en suspension)	60,78	23,83	25,48
Chalutage pélagique	Collisions	27,08	17,23	18,11
Déplacement en cours	Perturbation (bruit)	25,26	23,48	25,25
Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation (lumière)	12,03	10,27	11,57

### 3.2.2 Indicateurs proposés pour les facteurs de stress anthropiques

En moyenne, trois indicateurs par facteur de stress ont été choisis dans la documentation disponible et sont présentés au tableau 6. Lorsqu'il était impossible de trouver un indicateur

approprié pour un facteur de stress précis, un facteur de stress similaire a été utilisé comme substitut. Chaque indicateur choisi répondait aux critères essentiels présentés à l'annexe B, et les justifications sont fournies à l'annexe E.1. Indicateurs des facteurs de stress cotés par rapport aux critères des indicateurs. Les indicateurs proposés et leurs composantes mesurables pour les facteurs de stress, ainsi que la description des critères qu'ils remplissent, sont présentés à l'annexe E.1 Indicateurs des facteurs de stress cotés par rapport aux critères des indicateurs.

Tableau 6. Indicateurs proposés et composantes mesurables pour les activités et les facteurs de stress connexes dont les incidences sur la ZPM DH-BRC sont connues. \* indique des facteurs de stress potentiels.

Activité	Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable
Chalutage par le fond	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de chaluts par unité de surface
		Richesse des espèces aquatiques envahissantes	Mesures de la diversité bêta
		Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	Nombre total d'espèces non indigènes ayant des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans la répartition); couverture du surface /zone visée; nombre par m <sup>2</sup>
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	p. ex. unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
		Composition du substrat	p. ex. pourcentage de particules du substrat < 6,35 mm
		Exposition maximale possible	Nombre de jours par année où la pêche est permise
Palangres démersales	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	p. ex. unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
		Composition du substrat	p. ex. pourcentage de particules du substrat <6,35 mm
Rejet	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km; Nombre de renouvellements de l'eau de ballast à proximité de la ZPM DH-BRC.
		Richesse des espèces aquatiques envahissantes	Mesures de la diversité bêta
		Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	Nombre total d'espèces non indigènes ayant des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans la répartition); couverture du surface /zone visée; nombre par m <sup>2</sup>

Activité	Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable
	Hydrocarbures/con taminants	Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	Poids/unité de surface
		Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km; Nombre de renouvellements de l'eau de ballast à proximité de la ZPM DH- BRC.
			Volume des rejets
		Proportion d'échantillons d'eau dépassant les normes pour les paramètres d'intérêt de la qualité de l'eau	p. ex. indice de la qualité de l'eau du CCME
	Piégeages/empêtr ements*	Abondance relative des débris	Fréquence d'occurrence (nombre/distance étudiée); poids/volume des débris récupérés (dans le cadre de programmes de nettoyage)
Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre d'échouements dans les limites de la ZPM DH-BRC.
		Richesse des espèces aquatiques envahissantes	Mesures de la diversité bêta autour du site de mise à la terre
		Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	Nombre total d'espèces non indigènes ayant des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans la répartition); couverture du surface /zone visée; nombre par m <sup>2</sup>
		Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	Poids/unité de surface
Casiers	Espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de casiers par unité de surface
		Richesse des espèces aquatiques envahissantes	Mesures de la diversité bêta
		Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	Nombre total d'espèces non indigènes ayant des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans la répartition); couverture du surface /zone visée/nombre par m <sup>2</sup>
		Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	Poids/unité de surface
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	p. ex. unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
		Composition du substrat	p. ex. pourcentage de particules du substrat <6,35 mm

Activité	Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable
Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques*	Prise par unité d'effort	Prises et prises accessoires consignées; prises et prises accessoires modélisées
		Exposition maximale possible	Nombre de jours par année où la pêche est permise; Nombre de navires x maximum de capture autorisée
	Collisions (avec des espèces mobiles)	Aucun indicateur actuel ne permet de mesurer de façon appropriée ce facteur de stress. Les incidents de collision entre des engins et des espèces mobiles pourraient faire l'objet d'un examen plus poussé.	Nombre d'incidents dans lesquels des chaluts entrent en collision avec des espèces mobiles (échantillon partiel collecté au moyen d'appareils photo fixés à l'engin)
	Perturbation du substrat (tassement)*	Superficie écrasée	Proportion (en %) de la zone écrasée/m <sup>2</sup>
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)*	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	p. ex. unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond
	Composition du substrat	p. ex. pourcentage de particules du substrat <6,35 mm	
Déplacement en cours	Perturbation (bruit)	Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM DH-BRC	Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km
		Fréquence du bruit dans la ZPM DH-BRC	Intensité des bruits de navires atteignant le benthos (en kHz)
Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/con taminants*	Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM DH-BRC	Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km
		Volume d'hydrocarbures déversés	Superficie x épaisseur minimale
		Type d'hydrocarbures	Détermine la superficie benthique, superficielle ou de la colonne d'eau P. ex. bitume – couverture superficielle des habitats benthiques, hydrocarbures – déversement en surface seulement
Utilisation d'engins sous-marins	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de sites de plongée par sortie; Existence de protocoles de nettoyage/rinçage de l'équipement entre les sites de plongée
		Richesse des espèces aquatiques envahissantes	Mesures de la diversité bêta
		Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	Nombre total d'espèces non indigènes ayant des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans

Activité	Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable
			la répartition); couverture du surface /zone visée; nombre par m <sup>2</sup>
		Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	Poids/unité de surface
	Perturbation (lumière)	Zone exposée à la lumière artificielle des engins sous-marins	Couverture du surface (%)
		Fréquence d'exposition	Nombre de plongées sous-marines pendant une campagne de recherche ou une période donnée
	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond
		Augmentation maximale de la turbidité	p. ex. unité de turbidité néphélogométrique (uTN), ou % du fond; mesure à court terme qui devrait être mesurée conjointement avec d'autres indicateurs de turbidité pour être significative.
		Fréquence d'exposition à des collisions potentielles	Nombre de collisions

### 3.3 IDENTIFICATION DES INDICATEURS POUR LES INTERACTIONS ENTRE LES CIE ET LES FACTEURS DE STRESS

#### 3.3.1 Établissement de l'ordre de priorité des interactions CIE/facteurs de stress

Le processus décrit à la section 3.3 a été appliqué à la fois aux interactions *potentielles* entre les CIE et les facteurs de stress (y compris les CIE touchées par les *hydrocarbures/contaminants* (déversement d'hydrocarbures), *les espèces aquatiques envahissantes* (toutes les activités) et les facteurs de stress liés au chalut pélagique benthique (*prélèvement de matières biologiques, perturbation du substrat [tassement], perturbation du substrat [remise en suspension]*), et les interactions *actuelles* entre les CIE et les facteurs de stress (toutes les interactions restantes).

L'application de la méthode d'établissement de l'ordre de priorité a réduit le nombre d'interactions CIE/facteurs de stress afin de ne sélectionner des indicateurs que pour celles dont la priorité est modérée à élevée. Sur les 59 interactions *potentielles* entre les CIE et les facteurs de stress, 51 ont été classées comme étant de faible priorité et ont été retirées de ce processus, ce qui a laissé 8 interactions *potentielles*. Sur les 47 interactions *actuelles*, seules 21 ne sont pas tombées dans le bas du classement et n'ont pas été supprimées. Les listes complètes de toutes les interactions et des résultats de l'application de la méthode d'établissement de l'ordre de priorité sont présentées à l'annexe F. Les interactions CIE/facteurs de stress de priorité modérée à élevée qui en résultent sont présentées dans le Tableau 7 et le Tableau 8.

Tableau 7. Interactions actuelles entre les CIE et les facteurs de stress qui subsistaient après la suppression des interactions de faible priorité, présentées avec la cote de risque médian et des quantiles de 10 à 90 % pour chaque interaction (annexe L dans Hannah et al. 2019).

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %
Sébaste bocace	Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	54,71	12,36	14,04
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	32,80	26,82	33,49
Jardins d'éponges	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	31,19	25,17	31,82
<i>Heterochone calyx</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	30,98	20,84	25,37
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	29,17	18,57	24,94
Jardins d'éponges	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	29,15	18,55	24,29
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	29,04	15,04	17,92
<i>Farrea occa</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	28,99	19,79	22,96
<i>Heterochone calyx</i>	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	28,86	18,60	24,51
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	28,85	14,89	17,65
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	28,75	17,90	24,64
Sébaste bocace	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	28,60	23,74	27,79
Jardins d'éponges	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	28,42	23,10	28,63
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	28,21	23,46	29,78
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	28,2	17,98	24,81
<i>Heterochone calyx</i>	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	26,87	18,63	23,12
<i>Farrea occa</i>	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	26,82	17,09	22,38
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	26,41	18,23	22,73
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	26,25	17,66	25,12
Sébaste bocace	Chalutage pélagique	Collisions	26,20	16,35	18,99
<i>Heterochone calyx</i>	Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	26,16	17,54	24,59
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	26,00	16,82	23,58
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	25,97	17,89	22,76
Jardins d'éponges	Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	25,94	16,56	22,19
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	25,87	17,45	24,68

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %
<i>Heterochone calyx</i>	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	25,59	16,12	22,42
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	25,40	15,22	20,14
Jardins d'éponges	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	25,06	15,93	21,22
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	24,88	14,68	20,54
<i>Farrea occa</i>	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	24,84	17,14	21,21
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	24,72	15,54	21,34
<i>Farrea occa</i>	Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	24,5	16,76	22,68
<i>Munida quadrispina</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	24,49	19,94	25,65

Tableau 8. Les interactions potentielles entre les CIE et les facteurs de stress qui subsistaient après la suppression des interactions de faible priorité, présentées avec la cote de risque médian et des quantiles de 10 à 90 % pour chaque interaction (annexe L dans Hannah et al. 2019).

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	136,96	41,32	52,19
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	135,83	42,37	51,89
Jardins d'éponges	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	134,28	41,80	49,95
<i>Farrea occa</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	128,31	38,70	46,85
Sébaste bocace	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	118,54	35,01	41,06
<i>Heterochone calyx</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	98,27	36,06	46,59
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	98,06	35,35	46,82
<i>Munida quadrispina</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	72,07	30,70	40,88

### 3.3.2 Indicateurs proposés pour les interactions entre les CIE et les facteurs de stress

Une fois que les interactions ont été classées par ordre de priorité et que les interactions entre des CIE et des facteurs de stress de faible priorité ont été supprimés, on a examiné chaque interaction restante pour établir le principal paramètre déclenchant le risque (taille ou état de la population) et obtenir de l'information détaillée concernant l'impact sur l'interaction entre la CIE et le facteur de stress d'après la notation d'origine attribuée durant l'application du CERE (Hannah et al. 2019). Les CIE ayant des groupes taxonomiques et des facteurs de stress similaires ont été regroupées, avec des indicateurs et des composantes mesurables choisis pour chaque groupe, présentés à l'annexe G. L'annexe H présente un résumé des

---

répercussions des facteurs de stress sur ces CIE, ainsi qu'une analyse des types d'indicateurs qui pourraient être appropriés.

### **3.4 ENSEMBLES D'INDICATEURS**

Des ensembles d'indicateurs sont fournis à la fois pour les interactions *actuelles* (Tableau 9) et *potentielles* (Tableau 10) entre les CIE et les facteurs de stress, qui incorporent des indicateurs sélectionnés pour les CIE et les facteurs de stress (Tableau 4 et Tableau 6, respectivement). Voir les annexes C-I pour les composantes mesurables associées et la justification des choix.

Tableau 9. Ensembles d'indicateurs proposés pour les interactions actuelles entre des CIE et des facteurs de stress dans la ZPM DH-BRC, présentés d'après l'ordre approximatif des résultats de l'établissement des priorités.

Activité	Facteur de stress	Groupe de CIE	CIE	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à le facteur de stress
Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	Sébaste bocace	Sébaste bocace	Abondance/densité de la population; biomasse des organismes enlevés	Abondance; diversité génétique; richesse et diversité en espèces	Prises par unité d'effort; exposition potentielle maximale
		Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i>	Abondance (étendue aréale) de cicatrices découlant de l'enlèvement d'habitat; structure des communautés; biomasse des éponges enlevées (données sur les prises accessoires)	Abondance (couverture du surface)	Prises accessoires par unité d'effort; exposition potentielle maximale
			<i>Farrea occa</i>			
			<i>Aphrocallistes vastus</i>			
	<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>					
	Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme)	Abondance (étendue aréale) de cicatrices découlant de l'enlèvement d'habitat; biomasse/type des matières enlevées (données sur les prises accessoires)	Abondance (couverture du surface)	Prises accessoires par unité d'effort; exposition potentielle maximale	
	Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	Abondance (étendue aréale) de cicatrices découlant de l'enlèvement d'habitat; biomasse des éponges enlevées (données sur les prises accessoires)	Abondance (couverture du surface); structure des communautés	Prises accessoires par unité d'effort; exposition potentielle maximale	

Activité	Facteur de stress	Groupe de CIE	CIE	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à le facteur de stress
	Collisions	Sébaste bocace	Sébaste bocace	Aucun indicateur actuel ne permet de mesurer de façon appropriée cet facteur de stress. Les incidents de collision entre des engins et des espèces mobiles pourraient faire l'objet d'un examen plus poussé.	Proportion d'espèces affichant des blessures visibles	Exposition potentielle maximale; proportion de chaluts qui entrent en collision avec des espèces mobiles (échantillon partiel collecté au moyen d'appareils photo fixés à l'engin); engins perdus
	Perturbation du substrat (remise en suspension)	Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i> <i>Farrea occa</i> <i>Aphrocallistes vastus</i> <i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Abondance (relative) de colonies affichant des signes visibles d'étouffement	Abondance (couverture du surface); diversité génétique entre les récifs	Augmentation maximale induite des sédiments en suspension; augmentation maximale de la turbidité
Chalutage pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension)	Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	Abondance (étendue aréale) d'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement; structure des communautés	Richesse en espèces et diversité des assemblages; état	Augmentation maximale induite des sédiments en suspension; augmentation maximale de la turbidité
		Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme)	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes d'étouffement/stress	Abondance (couverture du surface)	Augmentation maximale induite des sédiments en suspension; augmentation maximale de la turbidité
	Perturbation du substrat (tassement)	Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes de tassement	Abondance (couverture du surface)	Fréquence d'exposition potentielle; collisions

Activité	Facteur de stress	Groupe de CIE	CIE	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à le facteur de stress
			qu'elle renferme)			
		Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	Abondance (étendue aréale) d'habitat montrant des signes de tassement; structure des communautés	Abondance (couverture du surface); richesse en espèces et diversité des assemblages; état	Fréquence d'exposition potentielle; collisions
		Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i>	Abondance (relative) de colonies affichant des signes visibles de tassement	Santé/état; abondance	Fréquence d'exposition potentielle; collisions
	<i>Farrea occa</i>					
	<i>Aphrocallistes vastus</i>					
	<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>					
Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme)	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitats montrant des signes d'étouffement	Abondance (étendue et répartition); richesse et diversité en espèces associées avec le squelette	Augmentation maximale induite des sédiments en suspension; augmentation maximale de la turbidité; composition du substrat; exposition potentielle maximale
		Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes d'étouffement/stress	Abondance (étendue et répartition); santé/état lié à l'étouffement physique; richesse et diversité en espèces des communautés connexes	Augmentation maximale induite des sédiments en suspension; augmentation maximale de la turbidité; composition du substrat; exposition potentielle maximale

Activité	Facteur de stress	Groupe de CIE	CIE	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à le facteur de stress
		Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i>	Abondance des colonies affichant des signes d'étouffement; nombre de colonies affichant des signes d'étouffement (santé et étouffement visible)	Santé/état; abondance	Augmentation maximale induite des sédiments en suspension; augmentation maximale de la turbidité
			<i>Aphrocallistes vastus</i>			
			<i>Farrea occa</i>			
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>						
		Sébaste bocace	Sébaste bocace	Changement de l'état/effets sublétaux de l'étouffement sur les sébastes bocaces en tant que proportion de la population présente sur les récifs	Abondance; biomasse; coefficient de condition K	Augmentation maximale induite des sédiments en suspension; augmentation maximale de la turbidité
		Galathée	<i>Munida quadrispina</i>	Changement de l'état/effets sublétaux de l'étouffement sur <i>M. quadrispina</i> en tant que proportion de la population présente sur les récifs	Abondance/densité des espèces; biomasse; santé/état; répartition spatiale des espèces	Augmentation maximale induite des sédiments en suspension; augmentation maximale de la turbidité
Rejet	Hydrocarbures/contaminants	Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitat montrant des signes visibles de piètre état ou d'étouffement; richesse en espèces et diversité des organismes associés avec l'habitat	Abondance (étendue et répartition); santé/état lié à des dommages physiques; richesse et diversité en espèces	Fréquence de l'exposition potentielle; volume rejeté; proportion d'échantillons d'eau dépassant les normes de qualité de l'eau/les paramètres d'intérêt
		Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux)	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitats étouffés par la présence d'hydrocarbures; persistance	Abondance (étendue et répartition); richesse en espèces et diversité du biote connexe	Fréquence de l'exposition potentielle; volume rejeté; proportion d'échantillons d'eau dépassant les normes

Activité	Facteur de stress	Groupe de CIE	CIE	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à le facteur de stress
			qu'elle renferme)	d'hydrocarbures dans l'habitat		de qualité de l'eau/les paramètres d'intérêt
		Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i>	Abondance de colonies affichant des dommages visibles/des organismes morts (proportion); changement de l'état/effets sublétaux	Santé/état; abondance; richesse en espèces	Fréquence de l'exposition potentielle; volume rejeté; proportion d'échantillons d'eau dépassant les normes de qualité de l'eau/les paramètres d'intérêt
	<i>Aphrocallistes vastus</i>					
	<i>Farrea occa</i>					
	<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>					

Tableau 10. Ensembles d'indicateurs proposés pour les interactions potentielles entre les CIE et les facteurs de stress, présentés d'après l'ordre approximatif des résultats de l'établissement des priorités.

Activité	Facteur de stress	Groupe de CIE	CIE	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à le facteur de stress
Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	Éponges siliceuses et éponges Rosselid/boot formant des récifs	<i>Heterochone calyx</i>	Abondance de colonies affichant des dommages visibles/des organismes morts; changement de l'état/effets sublétaux; changement de la diversité génétique	Santé/état; abondance; richesse en espèces	Densité des navires à proximité de la ZPM DH-DRC: volume d'hydrocarbures déversés; type d'hydrocarbure
			<i>Aphrocallistes vastus</i>			
<i>Farrea occa</i>						
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>						
		Habitat biogénique	Jardins d'éponges	Abondance; richesse en espèces/présence de maladies	Santé/état; abondance; richesse en espèces	Densité des navires à proximité de la ZPM DH-DRC: volume

Activité	Facteur de stress	Groupe de CIE	CIE	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Indicateur propre à la CIE	Indicateur propre à le facteur de stress
						d'hydrocarbures déversés; type d'hydrocarbure
		Sébaste bocace	Sébaste bocace	Changement de l'état/ effets sublétaux; diminution de l'abondance	Abondance; diversité et structure génétiques; richesse et diversité en espèces	Densité des navires à proximité de la ZPM DH-DRC: volume d'hydrocarbures déversés; type d'hydrocarbure
		Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Proportion de l'habitat montrant des signes visibles d'étouffement par les hydrocarbures	Santé/état; abondance; richesse en espèces	Densité des navires à proximité de la ZPM DH-DRC: volume d'hydrocarbures déversés; type d'hydrocarbure
		Galathée	<i>Munida quadrispina</i>	Abondance d'organismes affichant des symptômes de stress; effets sublétaux	Abondance/densité; structure des tailles; répartition spatiale; santé/état	Densité des navires à proximité de la ZPM DH-DRC: volume d'hydrocarbures déversés; type d'hydrocarbure

---

## 4 DISCUSSION

Le choix d'indicateurs écologiques appropriés constitue une étape clé dans l'élaboration d'une gestion adaptative de la ZPM DH-BRC (Figure 1). En choisissant des indicateurs fondés sur le risque, on peut élaborer des plans de surveillance visant à mesurer les composantes jugées essentielles au fonctionnement de l'écosystème et celles qui sont menacées par les facteurs de stress anthropiques. Ce document présente des indicateurs fondés sur le risque pour les CIE, les facteurs de stress et les interactions CIE/facteurs de stress. Les interactions entre les CIE et les facteurs de stress ont été divisées en interactions *actuelles* et *potentielles*. Les Tableau 9 et Tableau 10 présentent les ensembles d'indicateurs représentant les interactions *actuelles* et *potentielles*, respectivement. Ces tableaux présentent les indicateurs pertinents des interactions CIE/facteurs de stress, ainsi que les indicateurs propres aux CIE et aux facteurs de stress (indépendants les uns des autres) qui fourniraient des données pertinentes pour cette interaction. Des ensembles d'indicateurs sont proposés, car aucun d'entre eux ne donne une image complète de l'état de l'écosystème. Les ensembles d'indicateurs se concentrent sur différents paramètres clés (taille et état de la population ou de l'habitat) en utilisant différents types et sources de données, afin de fournir de l'information sur les changements qui se produisent au sein de l'écosystème.

### 4.1 ENSEMBLES D'INDICATEURS DE SURVEILLANCE

Les indicateurs d'interaction CIE/facteurs de stress sont ceux qui sont les plus précis pour la mesure de l'impact d'un facteur de stress particulier sur une CIE ou un groupe de CIE. L'inclusion d'indicateurs propres à des CIE ou à des facteurs de stress particuliers et d'indicateurs d'interaction CIE/facteurs de stress dans un ensemble permet de répondre à deux objectifs : fournir des options de rechange si l'on ne peut pas mesurer des indicateurs propres à une interaction; l'information recueillie en surveillant les indicateurs propres à une CIE ou à un facteur de stress peut aider à établir des données de référence qui compléteront les ensembles de données existants. L'ordre de présentation des tableaux d'ensembles d'indicateurs (Tableau 9 et Tableau 10; indicateurs *actuels*, puis *potentiels*) ne reflète aucune hiérarchie des indicateurs *actuels* par rapport aux indicateurs *potentiels*, car chacun représente un type de risque, un état des connaissances et une approche de gestion différents. Les ensembles d'indicateurs des facteurs de stress *actuels* et *potentiels* devront être pris en considération lors de l'élaboration de stratégies et de plans de surveillance, et l'on devra utiliser une combinaison d'indicateurs de CIE, de facteurs de stress et d'interactions entre des CIE et des facteurs de stress.

Les indicateurs présentés dans l'ensemble d'indicateurs *actuels* mesurent en grande partie directement les interactions CIE/facteurs de stress et peuvent être surveillés en même temps que la collecte d'information générale afin d'établir les bases de référence de la population. Par exemple, lors de relevés visuels visant à établir des données de référence sur les populations de *Heterochone calyx*, il est possible de mesurer simultanément la proportion de CIE de *H. calyx* et/ou d'autres espèces des mêmes communautés (p. ex. *Farrea occa*, *Aphrocallistes vastus*) présentant des signes de perturbation. Les indicateurs les plus instructifs des interactions *actuelles* sont les indicateurs des interactions CIE/facteurs de stress, suivis par les indicateurs des CIE, puis les indicateurs des facteurs de stress. Les gestionnaires doivent noter qu'en utilisant seulement les indicateurs des CIE ou des facteurs de stress, le niveau d'incertitude entourant la spécificité d'une mesure par rapport à une interaction augmente. La surveillance des indicateurs *actuels* des facteurs de stress devrait recourir à une combinaison d'indicateurs d'interaction CIE/facteurs de stress, de CIE et de facteurs de stress pour établir des données de référence et mesurer les perturbations simultanément.

---

Les indicateurs présentés dans l'ensemble d'indicateurs *potentiels* sont généralement moins spécifiques à l'interaction CIE/facteurs de stress, et s'appuient davantage sur des méthodes distinctes de mesure du facteur de stress ou de la CIE affectée. Ce manque de spécificité est dû à la nature imprévisible des facteurs de stress (il existe une grande incertitude quant à l'exposition et aux conséquences de ces interactions) et à l'absence de mesures de référence établies. Une approche différente doit être adoptée pour surveiller les ensembles d'indicateurs *potentiels*, car les indicateurs propres aux interactions CIE/facteurs de stress ne peuvent souvent être surveillés que si/quand cet facteur de stress se manifeste. Si un facteur de stress *potentiel* se manifeste, des données de référence doivent déjà être établies afin de mesurer l'impact de la perturbation. Pour cette raison, les indicateurs des CIE sont plus étroitement liés aux mesures de l'abondance (pour établir les données de référence sur la population), et les indicateurs des facteurs de stress mesurent l'exposition ou l'exposition possible à le facteur de stress une fois que l'événement a eu lieu (p. ex. un déversement d'hydrocarbures, où la densité/fréquence des navires ou le volume d'hydrocarbures déversés peuvent être surveillés). La surveillance des ensembles d'indicateurs *potentiels* des facteurs de stress devrait se faire en deux étapes :

1. Établir des données de référence à l'aide des indicateurs propres aux CIE et aux facteurs de stress; et,
2. Si/lorsque le facteur de stress *potentiel* se manifeste, utiliser les indicateurs d'interaction CIE/facteurs de stress pour mesurer la perturbation et comparer ces valeurs avec les données de référence sur la population établies à l'étape 1.

En ce qui concerne le calendrier de surveillance, les indicateurs peuvent être divisés en deux volets de collecte de données : les séries chronologiques et les événements uniques. La surveillance des séries chronologiques (mesures répétées d'un événement au cours d'une période donnée) devrait être utilisée pour surveiller les interactions CIE/facteurs de stress, les CIE et les facteurs de stress classés très haut et pour recueillir des données de référence sur les facteurs de stress *potentiels*. La surveillance d'un événement unique devrait être utilisée pour recueillir des données dans le but de résoudre les sources de grandes incertitudes et de recueillir des données visant à déterminer les impacts inconnus des facteurs de stress. Les indicateurs propres aux CIE peuvent être affectés par une erreur de mesure, de processus et d'estimation (liée à des erreurs dans les quantités estimées). Par conséquent, des indicateurs différents, et les mêmes indicateurs mesurés à des échelles différentes et de manières différentes, permettront de détecter les tendances réelles sur des échelles de temps différentes (Jennings 2005).

Johannes (1998) a noté que lorsque les ressources sont très limitées, les indicateurs des facteurs de stress sont plus faciles et plus rentables à utiliser que les indicateurs des CIE. Toutefois, les données de base pour les CIE sont encore nécessaires à long terme, car il est peu probable que d'autres restrictions des activités autorisées à l'intérieur des limites de la ZPM DH-BRC soient acceptées sans qu'il soit prouvé que les restrictions proposées permettront d'atteindre les objectifs opérationnels (c.-à-d. le statut des CIE). De plus, étant donné les difficultés associées à la mesure des changements à court terme de la taille et de l'état de la population des CIE, il est probable que l'on se fiera aux indicateurs des facteurs de stress pour les rapports ou les évaluations annuels, les CIE étant mesurées moins fréquemment pour déterminer l'efficacité globale de la ZPM (Jennings 2005). Toutefois, bien qu'il soit plus rentable et plus facile de mesurer les indicateurs des facteurs de stress dans la plupart des cas, il faut trouver un équilibre en ce qui concerne la surveillance des indicateurs des CIE et des facteurs de stress, car la réussite de la gestion de la ZPM sera jugée en fonction de l'atteinte des objectifs de conservation liés à l'état des écosystèmes, et donc à celui des CIE (Jennings 2005).

---

## 4.2 COLLECTE DE DONNÉES ET COMPLEMENT DES LACUNES DANS LES CONNAISSANCES

Des indicateurs liés aux mesures de l'abondance sont proposés dans la plupart des ensembles d'indicateurs, soulignant la nécessité d'établir en priorité des niveaux de référence pour l'abondance de toutes les CIE dans la ZPM DH-BRC. Une fois les bases de référence établies, les changements dans la taille et l'état de la population ou de l'habitat pourront être mesurés et surveillés à l'avenir, et peut-être associés à des facteurs de stress naturels et anthropiques. Cette méthode est particulièrement importante pour les interactions CIE/facteurs de stress, puisqu'il est impossible de surveiller les incidences potentielles de ces interactions imprévisibles jusqu'à ce que l'événement se produise, p. ex. déversement d'hydrocarbures.

Les indicateurs ont été choisis en tenant compte des limites de la recherche et de la surveillance dans la ZPM DH-BRC. L'éloignement et la profondeur des récifs, ainsi que les coûts d'accès élevés qui y sont associés, sont des exemples de ces limites. Par conséquent, la surveillance dépend en grande partie de l'utilisation d'engins sous-marins et de caméras à distance (p. ex. les caméras sous-marines), des techniques d'échantillonnage et de surveillance disponibles pour chaque engin sous-marin et des ensembles de données existants (p. ex. études scientifiques, vidéo de plongées sous-marines précédentes, densité des navires, registres de plongée, etc.). Étant donné la nécessité de mesure de nombreux indicateurs au moyen de relevés visuels et le chevauchement de la répartition de plusieurs CIE (par exemple, les CIE relatives aux trois espèces d'éponges siliceuses), de multiples indicateurs peuvent être mesurés ou échantillonnés pendant la même période d'exploitation. Toutefois, il faut noter qu'à l'heure actuelle, les outils et les ressources nécessaires pour mesurer plusieurs des indicateurs choisis ne sont pas disponibles dans la ZPM DH-BRC et que la surveillance dépendra probablement beaucoup des techniques de relevé visuel. Au fur et à mesure que les technologies de recherche se développeront et que des bases de référence seront établies, la surveillance pourra s'étendre au-delà des relevés visuels et des programmes d'échantillonnage limités. Le recours aux relevés visuels pour surveiller plusieurs indicateurs réduit l'incidence de l'échantillonnage ou des mesures destructrices, ce qui est particulièrement important pour les écosystèmes sensibles comme la ZPM DH-BRC, qui présente de faibles taux de récupération.

Les ensembles d'indicateurs choisis dans le cadre de ce processus évolueront probablement au fil du temps, à mesure que d'autres ressources et renseignements deviendront disponibles (Jennings 2005). Au fur et à mesure que l'on recueille davantage d'information sur les CIE et les facteurs de stress surveillés et que les méthodes de surveillance s'améliorent, les indicateurs peuvent être supprimés ou intégrés au plan de surveillance pour la ZPM DH-BRC. Ces changements peuvent comprendre des indicateurs suggérés dans les tableaux des indicateurs des CIE et des facteurs de stress (annexes C et E) qui n'ont pas été inclus dans les ensembles d'indicateurs, ou de nouveaux indicateurs. Tout nouvel indicateur devrait satisfaire aux critères décrits à la section 3.2.2 et être évalué en fonction des critères plus détaillés présentés à l'annexe B.

Bien que les indicateurs aient été choisis en fonction des meilleures connaissances disponibles en matière de sélection et de surveillance des indicateurs (p. ex. critères de sélection appropriés, état actuel des connaissances au moment où l'examen a été entrepris, etc.), l'efficacité des indicateurs pour mesurer les changements des CIE causés par des interactions avec les facteurs de stress dans la ZPM DH-BRC ne sera pas pleinement atteinte avant le début de la collecte des données, de la réalisation d'expériences sur l'impact à plus petite échelle et de l'analyse des données chronologiques (voir « surveiller, évaluer et communiquer » dans le cadre de gestion adaptative; figure 1). L'efficacité des indicateurs d'interaction actuels peut être réévaluée plus tôt que les indicateurs d'interaction potentiels entre les CIE et les facteurs de stress, qui ne peuvent être évalués avant que le facteur de stress ne se manifeste

---

dans la ZPM DH-BRC. Tout plan de surveillance devra inclure un processus de réévaluation des indicateurs une fois que la collecte des données aura commencé, afin de déterminer les indicateurs les plus efficaces et les indicateurs qui seront suivis à long terme. Les essais de rendement des indicateurs devront être effectués au moyen d'une méthode d'évaluation officielle, comme des analyses rétrospectives fondées sur la théorie de détection de signaux (proposée par Rice et Rochet 2005), ou d'une gestion fondée sur des règles avec une surveillance et des mesures de contrôle (également proposée par Rochet et Rice [2003]). Le rendement des indicateurs doit être évalué en fonction de leur capacité à suivre les propriétés d'intérêt (dans le cas présent, les impacts des facteurs de stress et l'établissement de bases de référence sur la population pour les CIE), de leur capacité à fournir des indications sur la force du lien entre le facteur de stress et les répercussions, et de leur capacité à détecter ou à prévoir des tendances dans les paramètres mesurés (Jennings 2005).

La prochaine étape du cadre de gestion adaptative (figure 1) consiste à élaborer des stratégies de surveillance, qui comprendront habituellement des spécifications pour la collecte des données, les budgets et les limites des mesures de surveillance, le traitement et l'analyse des données, l'utilisation des résultats analytiques dans l'évaluation, la façon dont l'évaluation détermine toute règle de décision et la façon dont les décisions peuvent être appliquées (Jennings 2005). Les contraintes logistiques dicteront probablement les indicateurs qui pourront être incorporés dans les stratégies de suivi. En fin de compte, les indicateurs devraient être liés à des points de référence pour les CIE qui déclenchent des mesures de gestion dès qu'ils sont dépassés. Compte tenu de l'état actuel des connaissances sur les communautés de la ZPM DH-BRC, aucun point de référence précis n'a été pris en compte. Shin *et al.* (2010) ont conclu que la communauté scientifique est encore loin d'être en mesure de déterminer des points de référence pour les indicateurs écosystémiques et la même conclusion s'applique aux indicateurs fondés sur le risque. À ce stade, l'établissement de liens entre les points de référence et les indicateurs fondés sur les risques est un objectif ambitieux, mais qui ne devrait pas entraver la collecte de données par les programmes de surveillance.

### **4.3 LIMITES ET DÉVELOPPEMENT FUTUR DE CE TRAVAIL**

Les indicateurs sont assujettis aux limites des données disponibles ou existantes, ainsi qu'au plan d'échantillonnage et aux outils (Kenchington *et al.*, 2010). La nécessité d'établir des données de référence est cruciale pour déterminer l'efficacité des mesures de gestion et des indicateurs eux-mêmes. Pour les zones éloignées et difficiles d'accès comme la ZPM DH-BRC, le plan d'échantillonnage et les outils nécessaires pour recueillir l'information sur les indicateurs pertinents sont limités à la technologie, aux fonds et au temps disponibles. Chaque méthode comporte des limites lorsqu'il s'agit de mesurer des indicateurs, mais les ensembles d'indicateurs sont conçus de manière à ce que, à mesure que l'on recueille plus d'information, plusieurs méthodes différentes (composantes mesurables) soient utilisées pour valider les ensembles de données existants. La mise au point de nouveaux outils d'échantillonnage à l'avenir permettra de compléter ces ensembles de données.

#### **4.3.1 Objectifs de conservation**

L'objectif de conservation de la ZPM DH-BRC de « *préserver la diversité biologique, l'habitat structurel et les fonctions écosystémiques des récifs d'éponges siliceuses* » est général et il reste à définir des objectifs opérationnels plus précis. Dans leurs recommandations relatives à la sélection des indicateurs fondés sur le risque, Davies *et al.* (2011) ont indiqué qu'il est essentiel de peaufiner l'objectif de conservation pour en tirer des objectifs opérationnels SMART et ainsi élaborer un plan de surveillance qui mesurera les paramètres de l'écosystème qui sont utiles et pertinents pour la gestion des facteurs de stress anthropiques dans les ZPM

---

de la région du Pacifique. Bien qu'il aurait été préférable de disposer d'un plan de gestion complet et d'objectifs de conservation plus précis pour établir des liens avec les indicateurs sélectionnés et les utiliser comme critères de sélection potentiels tout au long de ce processus, l'absence d'objectifs opérationnels et de plan de gestion spécifiques n'a pas empêché la sélection des indicateurs proposés qui sont appropriés pour l'état actuel des connaissances dans l'écosystème de la ZPM DH-BRC.

### **4.3.2 Indicateurs écosystémiques**

Le présent document a proposé des indicateurs fondés sur le risque, basés sur les résultats de l'application du CERE à la ZPM DH-BRC. La phase d'établissement de la portée du CERE a permis d'identifier plusieurs CIE des communautés qui n'ont pu être incluses dans l'analyse des risques (Hannah *et al.* 2019). Il s'agit notamment de la communauté du squelette du récif des éponges siliceuses, de la communauté des jardins d'éponges, de la communauté de sébastes, de la communauté benthique du récif d'éponges siliceuses (vivantes), des surfaces glaciaires et de l'amélioration topographique de la fonction du récif, des bactéries et du picoplancton/débits d'eau entrants/courants, et de la fonction vivante du récif, la filtration. Il s'agit d'une combinaison de communautés et de propriétés/fonctions de l'écosystème. L'élaboration d'indicateurs écosystémiques devrait tenir compte des indicateurs qui permettraient de surveiller adéquatement ces CIE potentielles.

### **4.3.3 Facteurs de stress**

La phase d'établissement de la portée du CERE a permis d'identifier les facteurs de stress anthropiques ayant une incidence sur la ZPM DH-BRC grâce à l'élaboration de modèles des séquences des effets. Le choix d'indicateurs fondés sur le risque repose sur l'interaction de ces facteurs de stress associés aux CIE. Bien que ces facteurs de stress aient été jugés appropriés dans Hannah *et al.* (2019), les versions futures du présent document pourraient inclure le développement ultérieur des facteurs de stress. Par exemple, l'utilisation d'engins sous-marins peut être divisée par type et par taille de l'engin.

Les facteurs de stress à long terme n'ont pas été inclus dans ce document, puisqu'il s'appuie directement sur les résultats de l'application du CERE. Pour les prochaines versions du présent document, les critères de sélection des indicateurs (section 2.2.2; critères supplémentaires à l'annexe B) pourraient servir à choisir des indicateurs appropriés pour les impacts associés au transport à grande distance de la contamination atmosphérique (polluants organiques persistants) et les facteurs de stress liés aux changements climatiques (p. ex. acidification des océans, changements dans l'aire de répartition des espèces et variations de température). Toutefois, les indicateurs relatifs à ces impacts à long terme peuvent ne pas être sensibles aux changements dans l'écosystème et dépendre d'indicateurs propres aux facteurs de stress et des niveaux de référence établis pour la population.

Les facteurs de stress naturels n'ont pas été inclus dans l'application du CERE à la ZPM DH-BRC et n'ont donc pas été inclus dans cette sélection d'indicateurs fondés sur le risque. L'impact de ces facteurs de stress naturels peut brouiller les résultats des plans de surveillance conçus pour détecter les effets des facteurs de stress anthropiques et peut-être exacerber l'impact des facteurs de stress anthropiques relevés dans le CERE. Toute sélection future d'indicateurs écosystémiques devrait tenir compte des facteurs et des pressions naturels (y compris les changements climatiques), en particulier lorsqu'il s'agit d'inclure les attributs des communautés et les services écosystémiques.

Les impacts sur les CIE résultant de facteurs de stress historiques qui pourraient ne plus être présents dans la ZPM DH-BRC devraient être pris en compte dans l'élaboration des futurs ensembles d'indicateurs et la sélection des indicateurs écosystémiques. Par exemple, l'état de

---

dégradation actuel de certains récifs d'éponges siliceuses à la suite du chalutage effectué par le passé peut fausser les données de référence sur les populations pour la surveillance ou entraver le rétablissement des espèces associées. Les impacts résultant du passé pourraient être clairement identifiés dans de futures applications du CERE et intégrés dans les ensembles d'indicateurs.

## 5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le choix d'indicateurs écologiques fondés sur le risque constitue une étape clé dans l'élaboration d'un cadre de gestion adaptative du MPO pour la ZPM DH-BRC. Des ensembles d'indicateurs fondés sur les risques ont été proposés pour les facteurs de stress *actuels* (prévisibles, qui se produisent la plupart des ans) et *potentiels* (imprévisibles, qui se produisent peu fréquemment), et les deux intègrent des indicateurs propres aux CIE, propres aux facteurs de stress et propres à une interaction CIE/facteur de stress. Les indicateurs qui seront choisis durant ce processus seront utilisés pour que l'on puisse élaborer des stratégies de surveillance, mieux préciser les objectifs de conservation en définissant des objectifs opérationnels et élaborer des plans de surveillance. Dans la mesure où les données sont recueillies par le biais de la surveillance des indicateurs, elles peuvent être réintégrées dans le cadre de gestion adaptative pour les prochaines évaluations des risques et de certains indicateurs, ainsi que pour le choix de nouveaux indicateurs et le perfectionnement des plans de surveillance.

Les recommandations spécifiques découlant de l'élaboration du cadre de sélection d'indicateurs fondés sur le risque et de son application à la ZPM DH-BRC comprennent les suivantes :

- Les données de référence doivent être établies en priorité. Cela a été mis en évidence par la proposition de mesures de l'abondance pour tous les ensembles d'indicateurs.
- Les ensembles d'indicateurs des facteurs de stress *actuels* et *potentiels* devront être pris en considération lors de l'élaboration de stratégies et de plans de surveillance, et l'on devra utiliser une combinaison d'indicateurs de CIE, de facteurs de stress et d'interactions entre des CIE et des facteurs de stress.
- L'ensemble d'indicateurs *actuels* doit faire l'objet d'une surveillance, en même temps que la collecte d'information générale pour établir des lignes de base et mesurer les perturbations en utilisant des indicateurs de CIE et de facteurs de stress.
- L'ensemble d'indicateurs *potentiels* doit faire l'objet d'une surveillance en deux étapes : l'établissement de lignes de base de l'information reposant sur des indicateurs de CIE et de facteurs de stress; si et lorsque le facteur de stress potentiel se confirme, l'utilisation d'indicateurs de l'interaction entre une CIE et le facteur de stress pour mesurer la perturbation et effectuer une comparaison avec les lignes de base concernant la population.
- Les indicateurs doivent être mesurés en utilisant des méthodes non destructives, dans la mesure du possible, comme des relevés visuels et l'utilisation d'ensembles de données et d'échantillons existants. Plusieurs indicateurs peuvent être mesurés ou échantillonnés durant la même période d'activités en utilisant les relevés visuels.
- L'efficacité des indicateurs proposés à mesurer les changements des CIE qui résultent d'interactions avec des facteurs de stress ne sera pas pleinement établie avant le début de la surveillance. Les indicateurs de rendement doivent être évalués en fonction de leur capacité à suivre les propriétés d'intérêt (dans le cas présent, les impacts des facteurs de stress et l'établissement de lignes de base sur la population pour les CIE) et de leur capacité à détecter ou à prévoir des tendances dans les paramètres. Le présent processus d'évaluation pourrait se traduire par l'ajout ou la suppression d'indicateurs des plans de surveillance.

---

## 6 RÉFÉRENCES CITÉES

- Andrews, K.S., Harvey, C.J., and Levin, P.S. 2013. [Conceptual models and indicator selection process for Washington State's Marine Spatial Planning Process. Conservation Biology Division, Northwest Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service](#). NOAA. 120 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Boutillier, J., Masson, D., Fain, I., Conway, K., Lintern, G., O, M., Davies, S., Mahaux, P., Olsen, N., Nguyen, H., and Rutherford, K. 2013. [The extent and nature of exposure to fishery induced remobilized sediment on the Hecate Strait and Queen Charlotte Sound glass sponge reef](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/075. viii + 76 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Canada Gazette. 2017. Hecate Strait and Queen Charlotte Sound Glass Sponge Reefs Marine Protected Areas Regulations. (SOR/2017-15) P.C. 2017-110, February 13, 2017, 151:4.
- Chu, J.W. and Leys, S.P., 2010. High resolution mapping of community structure in three glass sponge reefs (Porifera, Hexactinellida). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 417: 97-113.
- Chu, J.W., Maldonado, M., Yahel, G., and Leys, S.P. 2011. Glass sponge reefs as a silicon sink. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 441:1-14.
- Clarke, C.L., and Jamieson, G.S. 2006. Identification of ecologically and biologically significant areas in the Pacific North Coast Integrated Management Area: Phase II – Final Report. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2686: v + 25 p.
- Conway, K.W. 1999. [Hexactinellid sponge reefs on the British Columbia continental shelf: Geological and biological structure with perspective on their role in the shelf ecosystem](#). Canadian Stock Assessment Secretariat Research Document 99/192. Fisheries and Oceans Canada. 20 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Conway, K.W., Krautter, M., Barrie, J.V., and Neuweiler, M. 2001. Hexactinellid sponge reefs on the Canadian continental shelf: A unique "Living Fossil." *Geosci. Can.*, 28(2): 71–78.
- Conway, K.W., Barrie, J.V., Austin, W.C., and Luternauer, J.L. 1991. Holocene sponge bioherms on the western Canadian continental shelf. *Cont. Shelf Res.*, 11(8-10): 771-790.
- Conway, K.W., Barrie, V.J., and Krautter, M. 2004. Modern siliceous sponge reefs in a turbid, siliciclastic setting: Fraser River delta, British Columbia, Canada. *Neues Jahrb. Geol. P.*, 6: 335–350.
- Conway, K.W., Barrie, J.V., and Krautter, M. 2007. Complex deep shelf habitat: sponge reefs in the Pacific Northwest, p. 259–269. In B. J. Todd and H. G. Greene (eds.), *Mapping the Seafloor for Habitat Characterization*. Geol. Assoc. Can., Special Paper 47.
- Conway, K.W., Krautter, M., Barrie, J.V., Whitney, F., Thomson, R., Reiswig, H., Lehnert, H., Mungov, G., and Bertram, M. 2005. Sponge reefs in the Queen Charlotte Basin, Canada: controls on distribution, growth and development. *Erlangen Earth Conf.*, 605–621.
- Curtis, J.M.R., Poppe, K., and Wood, C.C. 2012. [Indicators, impacts and recovery of temperate deepwater marine ecosystems following fishing disturbance](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/125. v + 37 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Davies, S.C., O, M., and Boutillier, J. 2011. [Recommendations for indicator selection for Endeavour Hydrothermal Vents Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/068. vi + 24 p. (Consulté le 21 décembre 2018)

- 
- Dunham, A., Pegg, J., Carolsfeld, W., Davies, S., Murfitt, I., and Boutillier, J. 2015. Effects of submarine power transmission cables on a glass sponge reef and associated megafaunal community. *Mar. Environ. Res.* 107: 50-60.
- Dunham, A., Mossman, J., Archer, S., Davies, S., Pegg, J., et Archer, E. 2018. [Récifs d'éponges siliceuses dans le Déroit de Georgie et la Baie Howe : évaluation de la situation et conseils sur la surveillance écologique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/021. x + 233 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Hannah, L., Thornborough, K., et Thiess, M.E. 2019. Évaluation des risques écologiques liés aux effets des activités humaines dans la zone de protection marine des récifs d'éponges siliceuses du déroit d'Hécate et du bassin de la Reine Charlotte. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/048. vi + 157.
- Jennings, S. 2005. Indicators to support an ecosystem approach to fisheries. *Fish Fish.*, 6: 212–232.
- Johannes, R.E. 1998. The case for data-less marine resource management: examples from tropical near- shore fin fisheries. *Trends Ecol. Evol.*, 13: 243–246.
- Kenchington, E., Lirette, C., Cogswell, A., Archambault, D., Archambault, P., Benoit, H., Bernier, D., Brodie, B., Fuller, S., Gilkinson, K., Lévesque, M., Power, D., Siferd, T., Treble, M., and Wareham, V. 2010. [Delineating Coral and Sponge Concentrations in the Biogeographic Regions of the East Coast of Canada Using Spatial Analyses](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/041. vi + 202 pp. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Kahn, A.S., Yahel, G., Chu, J.W., Tunnicliffe, V., and Leys, S.P. 2015. Benthic grazing and carbon sequestration by deep-water glass sponge reefs. *Limnol. Oceanog.*, 60:78-88.
- Krautter, M., Conway, K., and Barrie, J.V. 2001. Discovery of a “Living Dinosaur”: Globally unique modern hexactinellid sponge reefs off British Columbia, Canada. *Facies*, 44(1): 265–282.
- Levin, P., Damon, M., and Samhuri, J. 2010. Developing meaningful marine ecosystem indicators in the face of a changing climate. *Stanf. J. Law Sci. Policy*, (March): 36–48.
- Leys, S.P. 2013. [Effects of sediment on glass sponges \(Porifera, Hexactinellida\) and projected effects on glass sponge reefs](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/074. vi + 23 p. (Consulté le 21 décembre 2018).
- Leys, S.P., Mackie, G.O., and Reiswig, H.M. 2007. The biology of glass sponges. *Advances in Mar. Biol.*, 52: 1-145.
- Matabos, M., Tunnicliffe, V., Juniper, S.K., and Dean, C. 2012. A Year in Hypoxia: Epibenthic Community Responses to Severe Oxygen Deficit at a Subsea Observatory in a Coastal Inlet. *PLOS ONE*, 7(9): 1–15.
- MPO. 2000. [Report of the PSARC Habitat Subcommittee meeting December 7-8, 1999](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 1999/035. 24p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- MPO. 2010A. [Plan de conservation pour les coraux et les éponges d'eau froide de la Région du Pacifique, 2010-2015](#). DFO/2010-1663. (Consulté le 21 décembre 2018)
- MPO. 2010B. [Évaluation du crabe des neiges de la Nouvelle-Écosse \(4VWX\)](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis. sci. 2010/040. (Consulté le 21 décembre 2018)
- MPO. 2011. [Socio-economic implications of the proposed glass sponge reef Marine Protected Area](#). (Consulté le 21 décembre 2018)
-

- 
- MPO. 2015. Règlement sur les zones de protection marine des récifs d'éponges siliceuses du détroit d'Hécate et du bassin de la Reine-Charlotte. Gazette du Canada. Vol. 149, no 26.
- O, M., Martone R., Hannah, L., Grieg, L., Boutillier, J., and Patton, S. 2015. [An Ecological Risk Assessment Framework \(ERAF\) for Ecosystem-based Oceans Management in the Pacific Region](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/072. vii + 59 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Piet, G.J., and Jansen, H.M. 2005. Evaluating potential indicators for an ecosystem approach to fishery management in European waters. ICES J. Mar. Sci., 65: 1449–1455.
- Rice, J.C., and Rochet, M.J. 2005. A framework for selecting a suite of indicators for fisheries management. ICES J. Mar. Sci., 62: 516-527.
- Rochet, M.J., and Rice, J.C. 2005. Do explicit criteria help in selecting indicators for ecosystem-based fisheries management? ICES J. Mar. Sci., 62: 528–539.
- Rubidge, E., Thornborough, K., and O, M. 2018. [Ecological Risk Assessment for the SGaan Kinghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc 2018/012. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Samhuri, J.F., Levin, P.S., and Harvey, C.J. 2009. Quantitative evaluation of marine ecosystem indicator performance using food web models. Ecosystems, 12: 1283–1298.
- Santavy, D.L., Courtney, L.A., Fisher, W.S., Quarles, R.L., and Jordan, S.J. 2013. Estimating surface area of sponges and gorgonians as indicators of habitat availability on Caribbean coral reefs. Hydrobiologia, 707(1): 1-16.
- Shin, Y.J., Bundy, A., Shannon, L. J., Simier, M., Coll, M., Fulton, E. A., Link, J. S., Jouffre, D., Ojaveer, H., Mackinson, S., Heymans, J. J., and Raid, T. 2010. Can simple be useful and reliable? Using ecological indicators to represent and compare the states of marine ecosystems. ICES J. Mar. Sci., 67: 717–731.
- Stone, R.P., Conway, K., Csepp, D.J., and Barrie, J.V. 2014. The Boundary Reefs: Glass Sponge (Porifera: Hexactinellidae) Reefs on the International Border Between Canada and the United States. NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-264.
- Thornborough, K., Rubidge E., and O., M. 2017. [Ecological Risk Assessment for the Effects of Human Activities at Endeavour Hydrothermal Vents Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/068. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Thornborough, K., Dunham, J., and O, M. 2016A. [Development of risk-based indicators for the SGaan Kinghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/027 vii + 120 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Thornborough, K., Dunham, J., and O, M. 2016B. [Development of risk-based indicators for the Endeavour Hydrothermal Vents Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/028 vii + 124 p. (Consulté le 21 décembre 2018)

---

## 7 GLOSSAIRE ET ACRONYMES

**Abondance** – Concept écologique faisant référence à la représentation relative d'une espèce dans un écosystème particulier. On la mesure habituellement par le nombre d'individus trouvés par échantillon.

**Activité** – Une action qui peut imposer un ou plusieurs facteurs de stress à l'écosystème évalué.

**Changement aigu (CERE)** – Le pourcentage de variation du taux de mortalité à l'échelle d'une population (pour une CIE relative aux espèces exposée à un facteur de stress donné), de la perte de superficie et de capacité de production (pour une CIE relative à l'habitat) ou du pourcentage d'espèces touchées (pour une CIE relative aux communautés/écosystèmes). Ce terme correspond à un changement dans la taille de la population.

**Biodiversité** – Tout l'éventail de variété et de variabilité existant au sein d'organismes vivants provenant de toutes sources – qu'elle soit terrestre, marine ou d'un écosystème aquatique – et des écologies complexes dont ils font partie. La biodiversité s'entend aussi de la variation à l'intérieur des écosystèmes, de la collectivité, des espèces, des niveaux génétiques de ces composantes. La biodiversité comprend le nombre d'espèces et leur abondance (la richesse des espèces correspond au nombre d'espèces, tandis que l'abondance des espèces est une mesure de leur fréquence dans cet environnement).

**Habitat biogénique** – Habitat créé par un organisme vivant, p. ex. corail, éponge, varech.

**Changement chronique (CERE)** – La variation en pourcentage de la valeur adaptative à long terme (y compris la condition et la diversité génétique) d'une CIE relative aux espèces; de la solidité structurale, de la condition ou de la perte de la capacité de production d'une CIE relative à l'habitat; des groupes fonctionnels touchés pour une CIE de communauté/d'écosystème. Le changement chronique correspond à un changement dans l'état de la population.

**Communauté** – Un groupe d'espèces en interaction réelle ou potentielle qui vivent au même endroit. Une communauté est liée par le réseau d'interactions que les espèces entretiennent entre elles.

**COSEPAC** – Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada est un comité de spécialistes qui évalue et désigne les espèces sauvages risquant de disparaître du Canada.

**Impacts cumulatifs** – Le total combiné des effets différentiels que de multiples activités humaines dans l'espace et le temps peuvent avoir sur un environnement.

**Risque cumulatif ( $CRisque_c$ ; CERE)** – L'estimation du  $CRisque_c$  dans l'ensemble des CIE permet d'évaluer le risque relatif ( $Risque_{sc}$ ) pour les CIE dans le domaine évalué. On le calcule en additionnant les cotes de risque de tous les facteurs de stress qui ont un impact sur une CIE.

**Facteurs de stress actuels (CERE)** – Représente les activités qui se déroulent actuellement dans la ZPM, qui sont prévisibles et gérables à l'échelle de la ZPM.

**Cadre d'évaluation du risque écologique (CERE)** – Cadre élaboré par la région du Pacifique (O *et al.* 2015) afin d'évaluer et de classer par ordre de priorité les menaces uniques et cumulatives que les multiples activités anthropiques et facteurs de stress connexes représentent pour les CIE. Les éléments clés de ce cadre consistent en une phase initiale de détermination de la portée suivie d'une évaluation des risques. La détermination de la portée consiste à : (1) identifier les espèces, l'habitat et les CIE relatives aux propriétés des communautés; et (2) identifier les activités et les facteurs de stress anthropiques susceptibles de les affecter. L'évaluation des risques consiste à évaluer le risque que chaque activité et

---

chaque facteur de stress associé représentent pour chaque CIE à l'aide des critères et des méthodes de notation décrits dans O *et al.* (2015).

**Écosystème** – Dynamique complexe de communautés de végétaux, d'animaux et de microorganismes, de facteurs climatiques et de géographie physique, tous influencés par les perturbations naturelles et interagissant comme une unité fonctionnelle.

**Gestion écosystémique** – Approche intégrée de la prise de décisions concernant les activités océaniques, qui tient compte de l'impact environnemental d'une activité sur l'ensemble de l'écosystème, et non seulement sur la ressource spécifique visée. Elle prend également en considération l'effet cumulatif de toutes les activités humaines sur l'écosystème de la zone en question.

**Composantes écosystémiques** – Éléments d'un écosystème considérés comme représentatifs de cet écosystème.

**Groupes de composantes écosystémiques** – Utilisées pour représenter l'écosystème, trois catégories sont prises en compte dans ce processus : les espèces, les habitats et les propriétés des communautés/écosystèmes.

**Fonction de l'écosystème** – Processus physiques, chimiques et biologiques ou attributs qui contribuent à l'autosuffisance de l'écosystème, par exemple le cycle des éléments nutritifs.

**Indicateur écosystémique** – Indicateurs choisis dans le but de refléter les processus écosystémiques clés et de signaler qu'il se passe quelque chose de plus fondamental ou de plus compliqué que ce qui est réellement mesuré. Ils sont parfois appelés « indicateurs de l'état de l'écosystème ». Les indicateurs écosystémiques couvrent un large éventail de composantes de l'écosystème et vont des espèces individuelles aux services écosystémiques dans les catégories suivantes : indicateurs environnementaux, indicateurs fondés sur les espèces, indicateurs fondés sur la taille et indicateurs trophi-dynamiques.

**En voie de disparition** – Toute espèce exposée à une disparition ou à une extinction imminente (*Loi sur les espèces en péril*).

**Espèce endémique** – Espèce unique à une zone géographique définie et qui n'existe qu'à cet endroit.

**Exposition (CERE)** – L'ampleur estimée de l'interaction entre les facteurs de stress et les CIE. Sous-termes : chevauchement des zones, chevauchement des profondeurs, chevauchement temporel, intensité (quantité) et intensité (fréquence).

**Groupes fonctionnels** – Une façon de regrouper les organismes d'un écosystème en fonction de leur rôle, habituellement leur mode d'alimentation (par exemple les brouteurs, les filtreurs, les organismes limivores) et leur niveau trophique.

**Habitat** – « L'endroit où vit un organisme ». Les habitats représentent non seulement l'unité écologique fondamentale dans laquelle les espèces interagissent, mais c'est aussi la matrice des interactions physiques, chimiques et biologiques qui soutient un éventail essentiel de processus écologiques.

**Indicateur** – Un indicateur écologique est une composante particulière mesurable d'un écosystème que l'on utilise pour surveiller, évaluer et comprendre l'état d'un écosystème, les impacts d'activités anthropiques et l'efficacité des mesures de gestion vis-à-vis de l'atteinte des objectifs.

**Espèce clé** – Espèce qui exerce un contrôle sur l'abondance d'autres espèces en modifiant la structure de la communauté ou de l'habitat, habituellement par la prédation ou le pâturage, et

---

habituellement dans une mesure beaucoup plus grande qu'on ne pourrait le supposer d'après son abondance.

**Espèces importatrices/exportatrices d'éléments nutritifs** – Espèces qui jouent un rôle crucial dans le maintien de la structure et de la fonction de l'écosystème par le transfert d'énergie ou de nutriments qui, autrement, seraient limités à un écosystème, à partir de sources situées à l'extérieur des limites spatiales de l'écosystème vers ce système.

**Modèle de séquences des effets (SE)** – Un modèle SE est une représentation des relations de cause à effet entre les activités humaines, leurs sources connexes des effets (facteurs de stress ou pressions), et leur impact sur des composantes particulières de l'écosystème. Ces modèles illustrent les relations de cause à effet et déterminent les mécanismes par lesquels les facteurs de stress entraînent, au bout du compte, des effets dans l'environnement.

**Population** – Groupe d'individus d'une même espèce qui vivent au même endroit et qui interagissent (potentiellement) les uns avec les autres pour influencer leur réussite sur le plan de la reproduction.

**Puissance (« Puissance<sub>s</sub>; CERE)** – La *Puissance<sub>s</sub>* de chaque facteur de stress a été calculée en additionnant les cotes *Risque<sub>sc</sub>* de cet facteur de stress pour chaque CIE avec laquelle le facteur de stress a interagi.

**Facteurs de stress potentiels (CERE)** – Les facteurs de stress *potentiels* comprennent ceux qui se manifestent rarement et/ou de façon imprévisible.

**Productivité** – Une mesure du rendement actuel d'un habitat en matière biologique (MPO) – On a supposé que la richesse et l'abondance des espèces augmentent avec la productivité de l'écosystème.

**Rétablissement (CERE)** – Le temps nécessaire pour que la CIE revienne au niveau préalable à la période de stress une fois le facteur de stress éliminé. D'après les caractéristiques du cycle biologique de la CIE.

**Résilience (CERE)** – La variation du pourcentage de la CIE en réponse aux facteurs de stress (aigus et chroniques). Sous-termes : changement aigu et changement chronique

**Risque (risque écologique)** – Mesure de la probabilité que des effets écologiques négatifs puissent se produire, ou se produisent déjà, en raison de l'exposition à un ou plusieurs facteurs de stress.

**Risque – (« Risque<sub>sc</sub>; CERE)** – La probabilité qu'une composante importante d'un écosystème subisse des répercussions négatives inacceptables en raison de son exposition à un ou plusieurs facteurs de stress identifiés.

**Indicateur fondé sur le risque** – Les indicateurs fondés sur le risque participent d'une nouvelle approche visant à surveiller précisément le risque d'effets nocifs pour les CIE occasionné par les activités anthropiques et les facteurs de stress qui leur sont associés.

**LEP, Loi sur les espèces en péril** – La *Loi sur les espèces en péril* a été adoptée par le Parlement canadien en 2002 pour protéger légalement les espèces sauvages en péril au Canada. La LEP vise à prévenir la disparition des espèces sauvages au Canada, à permettre le rétablissement de celles qui, par suite de l'activité humaine, sont des espèces disparues du pays (n'existent plus à l'état sauvage au Canada), en voie de disparition ou menacées, et à favoriser la gestion des espèces préoccupantes pour éviter qu'elles ne deviennent des espèces en voie de disparition ou menacées.

**Composante importante de l'écosystème (CIE)** – Composantes de l'écosystème jugées d'une importance particulière du fait qu'elles satisfont à des critères ou qu'elles remplissent des

---

rôles précis. Bien que les CIE puissent être de nature écologique, socioéconomique ou culturelle, ce processus ne se concentre que sur celles qui ont une importance écologique, notamment les composantes biologiques, océanographiques et physiques qui sont importantes pour l'écosystème.

**Richesse des espèces** – Le nombre d'espèces différentes représentées dans une communauté écologique, un paysage ou une région. La richesse des espèces correspond simplement au dénombrement des espèces et ne tient pas compte de l'abondance des espèces ou de leur répartition relative.

**Espèce en péril** – Espèce sauvage disparue du pays, en voie de disparition, menacée ou préoccupante (autrefois appelée espèce vulnérable).

**Espèce préoccupante** – Espèce particulièrement sensible aux activités humaines ou aux événements naturels, mais pas nécessairement en voie de disparition ou menacée selon le COSEPAC (Comité sur la situation des espèces en péril au Canada). Espèce sauvage qui peut devenir une espèce menacée ou une espèce en voie de disparition par l'effet cumulatif de ses caractéristiques biologiques et des menaces signalées à son égard. Les espèces préoccupantes étaient autrefois désignées comme des espèces vulnérables.

**Facteur de stress** – Tout moyen physique, chimique ou biologique qui, à un niveau d'intensité donné, a le potentiel d'affecter un écosystème.

**Distinction taxonomique** – Indice de biodiversité univarié qui, dans sa forme la plus simple, calcule la « distance » moyenne entre toutes les paires d'espèces d'un échantillon communautaire, où cette distance est définie comme la longueur du trajet à travers un arbre Linnéen ou phylogénétique standard reliant ces espèces. Il tente de saisir la diversité phylogénétique plutôt que la simple richesse des espèces et est plus étroitement lié à la diversité fonctionnelle; il résiste à la variabilité des efforts d'échantillonnage et il existe un cadre statistique pour évaluer son écart par rapport aux « attentes »; dans sa forme la plus simple, il utilise seulement des listes simples des espèces (données de présence/absence).

**Espèce ciblée** – Espèce principale capturée dans le cadre d'une pêche dans la ZPM.

**Incertitude (CERE)** – Incertitude associée aux cotes de risque générées lors de l'application du CERE en raison du manque d'information disponible ou d'opinions contradictoires. L'incertitude a été évaluée lors de l'application du CERE et est exprimée en quantiles de 10 à 90 % (ensemble autour de la cote de risque médian) dans les résultats.

## ANNEXE A : COMPOSANTES IMPORTANTES DE L'ÉCOSYSTÈME DE LA ZONE DE PROTECTION MARINE DES RÉCIFS D'ÉPONGES SILICEUSES DU DÉTROIT D'HÉCATE ET DU BASSIN DE LA REINE-CHARLOTTE ET JUSTIFICATION DE LEUR SÉLECTION (HANNAH *ET AL.*)

Tableau A.1. CIE relatives aux espèces identifiées dans l'application du CERE (Hannah et al. 2019).

<b>CIE 1 relative à l'espèce <i>Heterochone calyx</i></b>	
<b>CIE 2 relative à l'espèce <i>Aphrocallistes vastus</i></b>	
<b>CIE 3 relative à l'espèce <i>Farrea occa</i></b>	
Les trois espèces d'éponges siliceuses hermatypiques ont été sélectionnées en tant que CIE relatives aux espèces. Ensemble, ces trois CIE comprennent également l'habitat des récifs d'éponges. Peu d'éléments distinguent actuellement ces espèces, même si <i>A. vastus</i> a fait l'objet d'études plus approfondies.	
Ces CIE satisfaisaient à l'ensemble des 6 critères originaux du CERE :	
Importateur/exportateur d'éléments nutritifs	Les espèces qui composent les récifs d'éponges siliceuses sont des importateurs/exportateurs d'éléments nutritifs très importants qui consomment de grandes quantités de bactéries et de picoplancton qui se trouvent au sein de la colonne d'eau.
Rôle clé/spécialisé dans le réseau trophique	Ces espèces d'éponges hermatypiques sont les espèces de base de l'écosystème, et c'est sur celles-ci que repose le réseau trophique.
Espèces créant un habitat structurel	Ces trois espèces créent un habitat structurel en trois dimensions complexes.
Espèces rares, endémiques ou uniques	Bien que ces trois espèces soient présentes dans d'autres régions, il est rare qu'elles soient toutes les trois présentes en même temps et seul un petit nombre de récifs semblables ont été trouvés. En particulier, il s'agit de l'une des rares régions où l'espèce <i>F. occa</i> peut être observée.
Espèces sensibles	Les espèces d'éponges siliceuses sont connues pour être sensibles aux impacts mécaniques et à l'apport de sédiments.
Espèces en déclin	Tous les récifs ont subi des dommages considérables du fait des activités de pêche, ce qui indique que ces espèces sont en déclin.
Ces CIE répondaient également aux 6 autres considérations pour cet écosystème et cette analyse :	
Espèce vivant sur le récif	Ces espèces sessiles vivent dans la région toute l'année.
Espèce dépendante	Ces espèces dépendent de la structure du récif (y compris les squelettes d'éponges) pour leur survie.
Espèce abondante	Ces espèces sont abondantes dans la zone d'étude.
Espèce observée sur le récif	Les relevés par VTG ont révélé que ces espèces constituaient le récif.
Espèce simple à surveiller	On s'attend à ce que les espèces sessiles qui composent ce récif soient relativement simples à observer et à surveiller.
Espèce faisant l'objet de nombreuses études	Il y a eu des études sur ces espèces, mais plus sur <i>A. vastus</i> que sur les deux autres; de nouveaux travaux de recherche sont en cours.
<b>CIE 4 relative à l'espèce <i>Rhabdocalyptus dawsoni</i></b>	
Cette éponge siliceuse ahermatypique de la famille des <i>Rossellidae</i> se trouve sur le récif d'éponges siliceuses de la ZPM DH-BRC et à la périphérie de ce récif. On l'a également trouvée sur des récifs d'éponges siliceuses dans d'autres régions de la Colombie-Britannique, dont le détroit de Georgie et les récifs limitrophes du nord de la Colombie-Britannique (Stone et al. 2014; Cook 2005; Cook et al. 2008).	
Cette CIE satisfaisait à 4 des 6 critères originaux du CERE :	
Importateur/exportateur d'éléments nutritifs	Ces éponges sont des importateurs/exportateurs d'éléments nutritifs qui consomment les bactéries et le plancton qui se trouvent dans la colonne d'eau.

<b>CIE 4 relative à l'espèce <i>Rhabdocalyptus dawsoni</i></b>	
Rôle clé/spécialisé dans le réseau trophique	Cette espèce peut avoir un rôle spécialisé car sa couche de spicules agit comme un microhabitat unique(Boyd 1981).
Espèces créant un habitat structurel	Cette éponge crée un habitat structurel et un microhabitat dans la « jungle » de spicules dont elle est recouverte, (Boyd 1981)ainsi qu'un habitat structurel ou un refuge pour des animaux comme les poissons.
Espèces sensibles	Les espèces d'éponges siliceuses sont sensibles aux impacts mécaniques et à l'apport de sédiments.
Cette CIE satisfaisait également aux 6 autres considérations pour cet écosystème et cet ensemble de données :	
Espèce vivant sur le récif	Cette espèce sessile vit dans la région toute l'année.
Espèce dépendante	Cette espèce vit dans les récifs d'éponges et à la périphérie de ces derniers.
Espèce abondante	D'après les observations par VTG, cette espèce est abondante.
Espèce observée sur le récif	Cette espèce a été observée dans les récifs d'éponges et à la périphérie de ces derniers.
Espèce simple à surveiller	On s'attend à ce que cette espèce sessile, facile à identifier, soit facile à surveiller.
Espèce faisant l'objet de nombreuses études	Un certain nombre de recherches ont été menées sur cette espèce, à un niveau comparable à celui de l'espèce <i>A. vastus</i> .

<b>CIE 5 relative à l'espèce <i>Munida quadrispina</i></b>	
<p>Cette espèce ne respecte que deux des six critères du CERE et n'était donc pas sélectionnée à l'origine en tant que CIE relative aux espèces. Cependant, un spécialiste en la matière (S. Leys, Université de l'Alberta) a fortement suggéré qu'elle soit incluse, car il considère qu'elle joue un rôle important dans cet écosystème en raison des facteurs suivants : i. elle représente probablement un lien important entre les éponges et les poissons; ii. des espèces « rares » ou « sensibles » pourraient ne pas exister en son absence; iii. c'est une espèce qui représente bien les décapodes mobiles, lesquels sont abondants sur le récif; iv. son abondance joue probablement un rôle clé dans le cycle des éléments nutritifs (son abondance diminue entre le récif vivant et le récif mort dans la ZPM du DH-BRC (Cook 2005), et elle est également plus abondante lorsque des éponges siliceuses sont présentes dans les récifs du détroit de Georgia [Chu 2010]); vi. bien qu'elle soit présente dans de nombreux endroits, il est inhabituel de la trouver dans les fonds vaseux qui entourent le récif d'éponges, de sorte qu'elle peut représenter un indicateur d'habitat pouvant faire l'objet d'une surveillance.</p>	
Cette espèce satisfaisait à 2 des critères originaux :	
Importateur/exportateur d'éléments nutritifs	Cette espèce devrait constituer un lien important entre le récif et les poissons (en tant que proie), et entre la communauté vivant dans les sédiments meubles et le récif (en tant que prédateur).
Rôle clé/spécialisé dans le réseau trophique	Le rôle de cette espèce abondante serait important dans le réseau trophique, en particulier en tant que lien entre le récif et les poissons.
Cette espèce satisfaisait aux 6 autres considérations :	
Espèce vivant sur le récif	Elle devrait vivre sur les récifs tout au long de l'année.
Espèce dépendante	Elle dépend du récif pour disposer d'un habitat, d'un refuge ou d'une source de nourriture.
Espèce abondante	Elle est observée en abondance sur tous les récifs.
Espèce observée sur le récif	Elle est observée sur tous les récifs dans le cadre des relevés par VTG.
Espèce simple à surveiller	Sa nature défensive signifie qu'en cas de perturbation, elle restera sur place et sortira ses griffes, ce qui peut simplifier la surveillance.

<b>CIE 5 relative à l'espèce <i>Munida quadrispina</i></b>	
Espèce faisant l'objet de nombreuses études	Cette espèce a bien été étudiée dans d'autres régions.

<b>CIE 6 relative à l'espèce Sébaste bocace (<i>Sebastes paucispinis</i>)</b>	
L'assemblage de sébastes n'a pas pu être inclus dans cette version en tant que CIE relative aux propriétés des communautés. Par conséquent, le sébaste bocace a été choisi pour représenter les sébastes dans l'évaluation des risques en tant que CIE relative aux espèces. Cette espèce a été sélectionnée parce qu'elle a été jugée comme l'espèce de sébastes la plus sensible de notre liste et que la cote qui lui serait attribuée serait donc la plus prudente. Cette espèce est l'une des rares espèces de poissons désignées comme étant en voie de disparition par le COSEPAC dans le bassin de la Reine-Charlotte (COSEWIC 2013). Le sébaste bocace a également une valeur commerciale et était pêché au chalut sur les récifs avant la fermeture des pêches (Jamieson and Chew 2002). Nous ne savons pas aujourd'hui dans quelle mesure cette espèce est étroitement associée aux récifs d'éponges benthiques, mais on suppose qu'elle est représentative des sébastes associés aux récifs d'éponges.	
Cette espèce satisfaisait à 4 des 6 critères originaux du CERE :	
Importateur/exportateur d'éléments nutritifs	Les sébastes utilisent le récif d'éponges comme une source importante de nourriture et on présume qu'ils se nourrissent des décapodes qui s'y trouvent et des organismes comme les vers qui composent la communauté des sédiments meubles dans les squelettes d'éponges.
Rôle clé/spécialisé dans le réseau trophique	Les sébastes seraient des prédateurs supérieurs influents dans cet écosystème.
Espèces sensibles	Inscription en tant qu'espèce en voie de disparition par le COSEPAC
Espèces en déclin	Cette espèce est en déclin continu au Canada depuis 60 ans, avec une baisse de 28 % dans les 10 ans qui ont suivi l'évaluation du COSEPAC. Les déclins récents ont eu lieu dans les zones où la biomasse est la plus élevée (côte ouest de l'île de Vancouver et dans la baie de la Reine-Charlotte). Les prises accessoires constituent la principale menace pour cette population.
Cette espèce satisfaisait à 5 des 6 autres considérations :	
Espèce vivant sur le récif	Cette espèce de sébaste passerait une partie importante de son cycle biologique sur le récif.
Espèce dépendante	On suppose qu'il existe une population de cette espèce propre au récif d'éponges, ce qui dépend dans une certaine mesure de la nourriture et de l'abri fournis par le récif.
Espèce abondante	Cette espèce a été pêchée sur trois des quatre récifs, et à proximité du quatrième, selon les données sur les prises du MPO (Jamieson and Chew 2002).
Espèce simple à surveiller	Bien qu'il s'agisse d'une espèce mobile, il est relativement facile d'identifier le sébaste et de recueillir des données sur les populations.
Espèce faisant l'objet de nombreuses études	En tant qu'espèce commerciale, elle a bien été étudiée et on dispose de données de base sur son cycle biologique (Love et al. 1990).

Tableau A.2. Habitats sélectionnés comme CIE pour la ZPM du récif d'éponges siliceuses du détroit d'Hécate et du bassin de la Reine-Charlotte identifiée dans l'application du CERE (Hannah et al. 2019).

**Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme)**

Considération	Justification
Habitats formés par des espèces biogènes	Bien que formés à partir d'éponges hermatypiques mortes, ils ont été créés par des organismes vivants et sont donc biogènes.
Habitats rares ou uniques	Il existe peu d'exemples de vastes habitats de squelettes d'éponges siliceuses faisant partie de récifs d'éponges siliceuses.
Habitats sensibles ou affichant une faible tolérance à l'égard des perturbations, des dégradations ou des pertes, lesquelles peuvent provoquer un impact direct sur les espèces, les communautés et la structure et la fonction de l'écosystème	Les squelettes d'éponges sont fragiles et sensibles aux perturbations physiques. Les parties plus anciennes et plus basses du squelette peuvent être moins fragiles une fois qu'elles sont remplies de sédiments. Ces squelettes soutiennent l'ensemble de l'écosystème du récif d'éponges siliceuses, de sorte que leur endommagement ou leur perte auraient des répercussions graves sur la structure et la fonction de l'écosystème.
Habitats essentiels au soutien d'espèces dont la conservation est préoccupante (menacées ou en déclin), d'espèces sensibles ou encore d'espèces endémiques ou rares	Le squelette des éponges siliceuses est essentiel à la survie et au soutien la partie vivante du récif, un écosystème sensible dont la conservation est une préoccupation. Les sédiments contenus dans le squelette contiennent des espèces <b>rares</b> pour le récif des éponges, comme des vers et des bivalves. La grande communauté de vers polychètes vivant dans les sédiments fournit de la nourriture aux poissons vivant sur le récif, comme les sébastes, parmi lesquels certains sont menacés. La communauté de foraminifères associée au squelette contient également certaines espèces que l'on croit propres à cet écosystème, voire à ce récif (Guilbault et al. 2006).
Habitats assurant des fonctions ou des services écosystémiques essentiels	Cet habitat est essentiel à la préservation du récif et est à la base de tout l'écosystème des récifs d'éponges. Tout comme les éponges vivantes, les squelettes d'éponges mortes représentent également une partie importante du cycle de la silice (Chu et al. 2011).
Comme dans les récifs de corail, la plus grande partie du récif d'éponges n'est pas constituée d'éponges vivantes, mais de squelettes d'éponges remplis de sédiments qui constituent la base du récif (Stone et al. 2014). Les sédiments qui remplissent les cavités des squelettes étayent la croissance du récif et ralentissent la dissolution de la silice des squelettes (Whitney et al. 2005). Les croûtes d'oxyde de fer découvertes récemment sur les squelettes d'éponges (dans les récifs du nord de la C.-B.) pourraient également jouer un rôle dans la préservation des récifs, car les squelettes siliceux se dissolvent plus lentement lorsqu'ils en sont recouverts (Stone et al. 2014).	

**Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ahermatypiques)**

Considération	Justification
Habitats formés par des espèces biogènes	Cet habitat se compose d'éponges siliceuses et de démosponges ahermatypiques.
Habitats essentiels au soutien d'espèces dont la conservation est préoccupante (menacées ou en déclin), d'espèces sensibles ou encore d'espèces endémiques ou rares	Les jardins d'éponges sont un habitat important à la périphérie des récifs (Freese and Wing 2003; Marliave et al. 2009), on les trouve aussi dans les récifs d'éponges. Les récifs d'éponges et les jardins d'éponges fournissent ensemble un habitat important pour les sébastes juvéniles, à différents stades, (Marliave et al. 2009; Stone et al. 2014), et plusieurs espèces dont la conservation est préoccupante ont été observées dans cette zone. Par exemple, les jardins d'éponges constituent un habitat important pour les jeunes

Considération	Justification
	recrues du sébaste à dos épineux, une espèce menacée selon le COSEPAC, en lui offrant à la fois un refuge et une source de nourriture (Marliave et al. 2009; Richards 1986). Certaines études indiquent également que d'autres associations entre les éponges et les poissons pourraient exister (Freese and Wing 2003). Les jardins d'éponges sont considérés comme un habitat très important, non seulement pour les poissons, mais aussi pour les crustacés (S. Leys, Université de l'Alberta, comm. pers.).
Habitats sensibles ou affichant une faible tolérance à l'égard des perturbations, des dégradations ou des pertes, lesquelles peuvent provoquer un impact direct sur les espèces, les communautés et la structure et la fonction de l'écosystème	Les éponges sont des espèces structurales fragiles dont la tolérance à l'égard des perturbations physiques est faible. Les dommages ou les pertes auraient un impact direct sur les communautés qui en dépendent.
Habitats qui appuient les stades biologiques critiques	Les jardins d'éponges fournissent un habitat de croissance important aux sébastes juvéniles nouvellement recrutés et offrent les apports alimentaires nécessaires aux jeunes sébastes de l'année (Marliave et al. 2009). Plusieurs espèces de sébastes que l'on trouve dans cette zone suscitent des préoccupations en matière de conservation.
On définit les jardins d'éponges comme des assemblages d'éponges siliceuses et de démosponges ahermatypiques se trouvant sur les récifs d'éponges ou à la périphérie de ces derniers. Dans d'autres travaux, le terme jardin d'éponges peut avoir d'autres définitions; par exemple, dans Marliave et al. (2009), ils sont définis comme « des colonies d'éponges moutonnées poussant sur la roche ». Les récifs d'éponges représentent un habitat essentiel pour certains poissons, comme les sébastes juvéniles à un stade de croissance avancé, car ils fournissent un couvert et des regroupements d'espèces proies (Collie et al. 1997; Stone et al. 2014). Dans le détroit de Georgie et la baie Howe, les sébastes juvéniles nouvellement recrutés pourraient préférer les jardins d'éponges siliceuses aux biohermes des récifs d'éponges en tant qu'habitats de croissance, car les jardins d'éponges offrent les apports alimentaires nécessaires et affichent une plus grande diversité d'espèces (Marliave et al. 2009).	

**ANNEXE B : CRITÈRES DE SÉLECTION DES INDICATEURS FONDÉS SUR LES RISQUES POUR LES APPLICATIONS FUTURES DU CADRE DE SÉLECTION DES INDICATEURS FONDÉS SUR LES RISQUES AUX ZONES DE PROTECTION MARINE**

<b>Critères</b>	<b>Sous-critères</b>	<b>Description</b>
Solide sur le plan théorique	Indicateur et composante mesurable établis dans les publications et les programmes de surveillance	Les résultats scientifiques examinés par des pairs devraient démontrer que les indicateurs agissent comme des substituts fiables des composantes et des facteurs de stress écosystémiques.
Mesurable et faisable	Mesurable en unités réelles (mesure concrète) (p. ex. le nombre d'individus par m <sup>2</sup> , etc.); mesuré à l'aide d'outils et de méthodes scientifiquement fondées; mesurable directement (contrairement à l'interprétation par la modélisation); simple sur le plan opérationnel; la méthode qui permet de surveiller plusieurs indicateurs dans le cadre d'un seul programme; la méthode devrait pouvoir être répétée sur différentes échelles de temps et appliquée à différents domaines	<p>Les méthodes d'échantillonnage, de mesure, de traitement et d'analyse des données des indicateurs doivent être techniquement réalisables et reproductibles.</p> <p>Les mesures quantitatives sont préférées aux mesures qualitatives et catégoriques, qui à leur tour sont préférées aux opinions de spécialistes et aux jugements professionnels.</p> <p>En raison de l'éloignement du site et donc des possibilités limitées de surveillance, il serait préférable de surveiller plusieurs indicateurs dans le cadre d'un même programme.</p> <p>Les méthodes de surveillance dans la ZPM DH-BRC se limitent en grande partie aux méthodes à distance (p. ex. relevés visuels par engins sous-marins, échantillons prélevés en caisse, etc.). Par conséquent, les indicateurs devraient pouvoir être mesurés à l'aide de méthodes réalisables à distance. L'avis tiré du processus d'examen pour Thornborough <i>et al.</i> (2016A, 2016B) recommandait d'élargir cette définition aux méthodes qui pourraient devenir disponibles dans la zone d'étude à l'avenir.</p>
Sensible	Réagit de façon prévisible et est suffisamment sensible aux changements d'attributs clés précis de l'écosystème.	Les indicateurs doivent réagir sans ambiguïté aux variations des attributs clés de l'écosystème qu'ils sont censés mesurer, que la réaction soit attendue sur le plan théorique ou empirique (non applicable aux indicateurs des facteurs de stress).
Données historiques	Appuyées par des données scientifiques et des pratiques exemplaires; des données ou des renseignements historiques sont disponibles.	Les indicateurs doivent de préférence s'appuyer sur des données existantes pour faciliter l'évaluation de l'état actuel (par rapport aux niveaux historiques) et l'interprétation des tendances futures.
Lié à la gestion de la ZPM	Lié aux objectifs de conservation/objectifs opérationnels; pertinents pour les questions de gestion	Les indicateurs doivent être liés aux objectifs opérationnels et fournir des renseignements relatifs aux objectifs et aux stratégies de gestion précis.
Autres considérations (Kershner et al. 2011; Rice)	Compréhensible pour le public et les décideurs	Les indicateurs doivent être simples à interpréter et faciles à communiquer; la compréhension qu'en a un public doit être cohérente avec les définitions techniques.

<b>Critères</b>	<b>Sous-critères</b>	<b>Description</b>
and Rochet 2005)	Historique des rapports publics	Les indicateurs que le grand public et les décideurs considèrent déjà comme fiables et pertinents doivent être à privilégier par rapport aux nouveaux indicateurs.
	Économique	Cela permet de garantir que les outils de mesure sont largement disponibles et que leur utilisation est peu coûteuse. L'échantillonnage, la mesure, le traitement et l'analyse des données des indicateurs doivent permettre d'utiliser efficacement les ressources financières limitées.
	Indicateur anticipé ou avancé	Un sous-ensemble d'indicateurs doit signaler les changements des attributs de l'écosystème avant qu'ils ne se produisent, et idéalement avec un délai suffisant pour permettre à la direction d'y réagir.
	Compatible à l'échelle régionale/nationale/internationale	Les indicateurs doivent pouvoir être comparés à ceux utilisés dans d'autres emplacements géographiques afin de remettre en contexte l'état des écosystèmes et les changements d'état.
	Complète les indicateurs existants	Ce critère s'applique à la sélection d'un ensemble d'indicateurs, effectuée après l'évaluation des indicateurs individuels dans une analyse post-hoc. Des ensembles d'indicateurs doivent être choisis pour éviter la redondance, accroître la complémentarité de l'information fournie et assurer la couverture des attributs clés.
	Les indicateurs peuvent être liés à des points de référence et des objectifs de progrès définis sur le plan scientifique.	Il devrait être possible de lier les valeurs des indicateurs à des points de référence quantitatifs ou qualitatifs et à des points de référence cibles, ce qui implique des progrès positifs vers les objectifs écosystémiques.

## ANNEXE C : JUSTIFICATIONS DE LA SÉLECTION DES INDICATEURS DES CIE

Tableau C.1. Indicateurs proposés pour les éponges siliceuses hermatypiques (*Aphrocallistes vastus*, *Heterochone calyx*, *Farrea occa*), et les éponges Rosselid/de Dawson (*Rhabdocalyptus dawsoni*).

Indicateur proposé	Composante mesurable	Justification
Taille de la population		
Abondance relative	Densité des oscules (par m <sup>2</sup> ); mesure de la densité; couverture du surface (%); zone visée (m <sup>2</sup> )	Mesure couramment utilisée pour l'abondance des éponges hermatypiques vivantes (Chu et Leys 2010; Dunham <i>et al.</i> 2018); Comparable d'une zone de récifs à une autre; Réalisable, quantitatif et reproductible. Approches visuelles vérifiées par collecte ponctuelle; L'abondance relative est proposée comme première mesure de l'abondance et peut être utilisée comme indice. Au fur et à mesure que le programme de surveillance recueille plus de données, l'abondance absolue peut également être estimée. L'abondance relative est proposée ici pour les programmes de surveillance initiaux.
État de la population		
Santé/état liés aux maladies et aux espèces aquatiques envahissantes	Présence de maladies et d'espèces aquatiques envahissantes. % des colonies échantillonnées montrant des signes visibles de stress (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance).	Les données existantes (relevés visuels) peuvent aider à préciser cet indicateur; Très sensible à l'effort d'échantillonnage ainsi qu'à la sélectivité du dispositif d'échantillonnage (s'il n'est pas visuel).
Santé/état liés aux dommages physiques	Proportion de colonies ou de récifs (%) endommagés; preuve de fragments épars de squelettes d'éponges; preuve de rétablissement.	Mesure couramment utilisée (Dunham <i>et al.</i> 2018); Les données existantes (relevés visuels) peuvent aider à éclairer cet indicateur, complétées par des relevés postérieurs à l'événement; Très sensible à l'effort d'échantillonnage ainsi qu'à la sélectivité du dispositif d'échantillonnage (s'il n'est pas visuel); les éponges sont connues pour se remettre de dommages à petite échelle (p. ex. imiter des morsures de poissons ou de nudibranches) sur une année, mais pas du tassement sur une vaste superficie (p. ex. 1,5 x 2 m <sup>2</sup> ) même au bout de trois ans (Kahn <i>et al.</i> 2015) Les « souches » des éponges et l'abrasion des extrémités distales sont des signes de dommages mécaniques causés par le chalutage (Conway <i>et al.</i> 2001).
Diversité génétique	Fréquence des allèles; loci polymorphes	Quantifiable et reproductible; Indice bien utilisé, comparable d'un écosystème à l'autre; Très sensible à l'effort d'échantillonnage ainsi qu'à la sélectivité du dispositif d'échantillonnage. Il a été indiqué qu'un « mélange génétique » se produisait parmi les récifs d'éponges dans le détroit de Georgie par l'intermédiaire d'une vaste dispersion des larves (Brown <i>et al.</i> 2017). Bien qu'à l'intérieur d'un récif et de l'autre côté du détroit de Georgie, la distance génétique entre les individus ne variait pas selon la

Indicateur proposé	Composante mesurable	Justification
		distance géographique, les populations des récifs du détroit de Georgia et du bassin de Barkley étaient génétiquement distinctes (Brown <i>et al.</i> 2017). Par conséquent, la diversité génétique peut ne pas être utile au niveau des récifs pour les éponges siliceuses. Pour les démosponges, on constate une diversité génétique au sein des populations, ainsi qu'une différenciation entre les populations et entre les régions géographiques (Blanquer et Uriz 2010).

Tableau C.2. Indicateurs proposés pour le sébaste bocace (*Sebastes paucispinis*).

Indicateur proposé	Composante mesurable	Justification
Taille de la population		
Abondance	Répartition des fréquences de tailles; prise par unité d'effort (pour les espèces ciblées)	Mesure couramment utilisée; Comparable d'un écosystème à l'autre; Quantitatif et reproductible; réalisable par relevé visuel.
Biomasse	Poids/unité de surface; prise par unité d'effort	La biomasse est un indicateur fréquemment employé. Andrews et al. (2013) indiquent que les changements dans la biomasse/les individus au fil du temps peuvent mener à une mauvaise interprétation et devraient être utilisés conjointement avec l'abondance; Peut être déterminé à l'aide des données existantes; Quantitatif et reproductible; Les changements dans la biomasse sont détectables selon la fréquence de la collecte des données; La biomasse est assujettie à la sélectivité des engins d'échantillonnage
État de la population		
Coefficient de condition, k	P. ex. poids/longueur, âge, contenu de l'estomac, présence de maladies ou d'espèces envahissantes, charge parasitaire, structure de taille de la population	Mesure couramment utilisée pour les poissons. Solide en théorie, puisque l'état du poisson est directement lié à la croissance et à la fécondité (Andrews et al. 2013; Hooff and Peterson 2006).
Répartition spatiale	Répartition spatiale de l'espèce dans la ZPM	Le domaine vital de l'espèce peut être un indicateur de l'état des poissons (Kramer et Chapman 1999).
Diversité génétique des populations	Délimitation de la population ou du stock	Fortement appuyé dans la documentation (Andrews <i>et al.</i> 2013); La diversité génétique est un élément important pour déterminer la santé et le succès d'une population.

Tableau C.3. Indicateurs proposés pour la galathée (*Munida quadrispina*).

Indicateur proposé	Composante mesurable	Justification
Taille de la population		
Abondance et densité des espèces	Densité moyenne/nombre d'organismes dans une aire de répartition donnée	Mesure couramment utilisée; Comparable d'une zone ou d'un récif à l'autre; Quantitatif et reproductible; Réalisable par relevé visuel
État de la population		
Biomasse	Poids/unité de surface	Mesure couramment utilisée; Comparable d'un écosystème à l'autre; Quantitatif et reproductible
Santé/état	Blessures visibles à l'organisme ou indicateurs comportementaux (p. ex. comportement de redressement et alimentaire, réflexes)	Mesure couramment utilisée; Comparable d'un écosystème à l'autre; Quantitatif et reproductible; Appliqué auparavant aux galathées
Aire de répartition de l'espèce	Répartition spatiale	Les variations de la répartition sont détectables en fonction de la fréquence de la collecte des données; Reproductible et quantitatif; La détermination de l'aire de répartition de l'espèce est directement liée à la couverture de la méthode d'échantillonnage; Cet indicateur est assez insensible et réagit lentement après une perturbation; souvent, au moment où des changements importants sont documentés, les autres conséquences écologiques habituelles ont déjà eu lieu.

Tableau C.4. Indicateurs proposés pour la matrice de squelettes d'éponges siliceuses.

Indicateur proposé	Composante mesurable	Justification
Taille et étendue de l'habitat		
Abondance (étendue et répartition)	Superficie occupée par la communauté (% de couverture, m <sup>2</sup> )	Mesure couramment utilisée (Dunham <i>et al.</i> 2018); Comparable d'un écosystème à l'autre; Quantitatif et reproductible
État et fonction de l'habitat		
Dommages physiques	Proportion (%) de la matrice du squelette modifiée	Mesure couramment utilisée pour d'autres types d'habitats; Reproductible; Quantifiable
Diversité et richesse des espèces	Mesures de la diversité (diversité alpha et bêta); <i>H. calyx</i> a le squelette le plus robuste (Krautter <i>et al.</i> 2001). Il se peut que l'équilibre entre ces trois espèces hermatypiques puisse être utilisé pour indiquer dans quelle mesure un récif d'éponges a été exposé à des facteurs de stress, et la présence d'une espèce plus fragile telle que <i>F. occa</i> pourrait indiquer un récif en meilleur état. Un déclin rapide de <i>F. occa</i> dans une zone spécifique pourrait indiquer un changement important de l'état de l'habitat.	Mesure couramment utilisée pour d'autres types d'habitat; Reproductible et quantifiable; Suggéré dans la documentation. La présence d'éponges juvéniles pourrait être utilisée comme indicateur d'une zone d'établissement appropriée (Kahn <i>et al.</i> 2015).

Indicateur proposé	Composante mesurable	Justification
	Cet indicateur devrait être combiné aux données de base et aux tendances à long terme. La densité/concentration des éponges juvéniles (diamètre des oscules de 2 à 10 cm) près des éponges vivantes et des squelettes d'éponges (voir Chu et Leys 2010).	

Tableau C.5. Indicateurs proposés pour les jardins d'éponges.

Indicateur proposé	Composante mesurable	Justification
Taille de l'habitat		
Portée et répartition	Superficie occupée par les jardins d'éponges (% de couverture, m <sup>2</sup> )	L'établissement de l'étendue et de la répartition actuelles des habitats est nécessaire afin d'établir une base de référence. Mesure couramment utilisée pour d'autres habitats. Quantitatif et reproductible. Pourrait ne pas être sensible aux perturbations anthropiques à petite échelle.
État de l'habitat		
Santé/état liés aux dommages physiques	Indice fonctionnel (p. ex. le niveau trophique moyen); % de la population montrant des signes visibles de stress/dommage (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance.	Indicateur couramment utilisé pour les habitats biotiques
Diversité et richesse des espèces	Mesures de la diversité (diversité alpha et bêta). Densité/concentration des éponges juvéniles près des éponges vivantes et des squelettes d'éponges.	Mesure couramment utilisée; Comparable d'un écosystème à l'autre; Quantitatif et reproductible

## ANNEXE D : RÉSUMÉ DES CRITÈRES DES INDICATEURS DES CIE

Tableau D.1. Indicateurs des CIE relatives aux espèces cotés par rapport aux critères.

### Taille de la population

Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs				Remarques
		Solide sur le plan théorique	Mesurable et réalisable	Sensible	Données historiques	
Abondance (relative)	Dénombrement par unité de surface (p. ex. par m <sup>2</sup> )/mesure de la densité; couverture du surface (%); zone visée (m <sup>2</sup> ); étendue et répartition	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Composantes mesurables multiples; Couverture géographique convenant aux grandes espèces coloniales; Nombre/dénombrements convenant aux taxons visibles et reconnaissables; Les mesures de la fréquence des occurrences sont simples, pourvu que le taxon puisse être reconnu; Les estimations de densité des espèces utilisent les valeurs numériques de l'abondance des individus par unité de surface; Les modèles de qualité de l'habitat peuvent servir à prédire la présence et/ou l'abondance dans les zones non étudiées mais peuvent être très incertains.	Il peut y avoir des problèmes liés à la sensibilité de l'échantillonnage entre les types d'engin; (DFO 2010A) Cet indicateur sera principalement mesuré au moyen d'enquêtes visuelles, qui sont couramment utilisées pour estimer les changements à grande échelle par rapport aux facteurs de stress.	Aucune donnée de référence n'a été établie, mais des relevés vidéo existent.	C'est une bonne façon d'établir des données de référence sur la population; Également lié à la qualité de l'habitat et de la structure des communautés; Il peut y avoir des problèmes liés à la sensibilité de l'échantillonnage entre les types d'engins de pêche; (DFO 2010A) Mesures reproductibles, quantifiables et comparables entre les zones récifales; Les données peuvent être recueillies au moyen de relevés visuels; L'abondance relative est suggérée comme première mesure de l'abondance et peut être utilisée comme indice. Au fur et à mesure que le programme de surveillance recueille plus de données, l'abondance absolue peut également être estimée. L'abondance relative est proposée ici pour les programmes de surveillance initiaux.

## État de la population

Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs				Remarques
		Solide sur le plan théorique	Mesurable et réalisable	Sensible	Données historiques	
Biomasse	Structure de taille; poids/unité de surface (à utiliser uniquement lorsque l'échantillonnage est déjà en cours ou que des données sur les prises accessoires sont disponibles)	Indicateur couramment utilisé pour des espèces focales individuelles (Blanchard <i>et al.</i> 2010; Large <i>et al.</i> 2014; Shin <i>et al.</i> 2010).	Quantifiable; La mesure peut être réalisée à l'aide des données existantes et de l'échantillonnage scientifique extractif; Reproductible; Comparable entre des types d'engins semblables et différents; Au fil du temps, les changements dans la biomasse peuvent entraîner une mauvaise interprétation (Andrews <i>et al.</i> 2013) et devraient être utilisés conjointement avec d'autres indicateurs de taille de population, comme l'abondance.	Les changements dans la biomasse sont détectables d'après la fréquence de la collecte des données (DFO 2010A); Pour les communautés : les changements dans un seul groupe pourraient ou non être représentatifs de l'ensemble de la communauté (Andrews <i>et al.</i> 2013). Invertébrés benthiques : Bonne corrélation avec la santé de l'écosystème; le changement graduel devrait se traduire par une réorganisation majeure de la communauté. (Andrews <i>et al.</i> 2013)	Certaines données sont disponibles d'après l'échantillonnage scientifique et les prises accessoires.	Devrait être utilisé en conjonction avec d'autres indicateurs de la taille de la population, comme l'abondance; Ne peut pas être réalisé seulement à l'aide de relevés visuels et doit s'appuyer sur les données existantes et l'échantillonnage scientifique extractif; Assujéti à la sélectivité des engins d'échantillonnage (DFO 2010A). Peut également être utilisé pour la taille de la population de sébastes bocaces et de galathées.
Coefficient de condition, k	P. ex. poids/longueur, âge, contenu de l'estomac, présence de	Indicateur fréquemment employé Les changements dans l'attribut	Mesure reposant principalement sur l'échantillonnage extractif; Quantifiable en pourcentage des organismes	Très sensible à l'effort d'échantillonnage ainsi qu'à la sélectivité du	Des données existent sur les échantillons scientifiques	Très sensible à l'effort d'échantillonnage ainsi qu'à la sélectivité du dispositif d'échantillonnage.

Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs				Remarques
		Solide sur le plan théorique	Mesurable et réalisable	Sensible	Données historiques	
	maladies, structure de taille de la population	ne sont pas susceptibles de varier avec cet indicateur à n'importe quelle échelle, sauf la plus petite.	échantillonnés; Reproductible	dispositif d'échantillonnage.		
Santé/état liés aux maladies et aux espèces aquatiques envahissantes	Présence de maladies et d'espèces aquatiques envahissantes. % des colonies échantillonnées montrant des signes visibles de stress (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance).	Peut être lié à l'état, mais les changements dans l'attribut ne sont pas susceptibles de varier avec cet indicateur à n'importe quelle échelle, sauf la plus petite.	La mesure dépend probablement de l'échantillonnage extractif (les relevés visuels peuvent signaler l'état, mais pas la source de la maladie ou de l'espèce envahissante); Quantifiable en pourcentage des organismes échantillonnés; Reproductible.	Très sensible à l'effort d'échantillonnage ainsi qu'à la sélectivité du dispositif d'échantillonnage.	Quelques rapports publiés disponibles et données vidéo	Très sensible à l'effort d'échantillonnage ainsi qu'à la sélectivité du dispositif d'échantillonnage (s'il n'est pas visuel).
Santé/état liés aux dommages physiques	Proportion de colonies ou de récifs (%) endommagés; preuve de fragments épars de squelettes d'éponges.	Peut être lié à l'état, mais les changements dans l'attribut ne sont pas susceptibles de varier avec cet indicateur à n'importe quelle échelle,	Les relevés visuels peuvent signaler l'état, mais pas la source de la perturbation; Quantifiable en pourcentage des organismes échantillonnés. Reproductible	Très sensible à l'effort d'échantillonnage ainsi qu'à la sélectivité du dispositif d'échantillonnage.	Les données existantes (relevés visuels) peuvent aider à éclairer cet indicateur, complétées par des relevés post-événement.	Très sensible à l'effort de relevé

Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs				Remarques
		Solide sur le plan théorique	Mesurable et réalisable	Sensible	Données historiques	
		sauf la plus petite.				
Diversité génétique des populations	Délimitation génétique; fréquence des allèles; loci polymorphes	Mesure fréquemment employée Fortement appuyé par la documentation	La mesure repose principalement sur l'échantillonnage extractif	Échantillonnage scientifique Sensible aux techniques d'échantillonnage	Rapport publié disponible pour certaines espèces d'éponges siliceuses (Brown <i>et al.</i> 2017; Jensen 2011)	La diversité génétique est un élément important pour déterminer la santé et le succès d'une population.

Tableau D.2 Indicateurs des CIE relatives aux habitats cotés par rapport aux critères.

**Taille de l'habitat**

Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs				Remarques
		Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Sensible	Données historiques	
Abondance (étendue et répartition)	Superficie occupée par l'habitat (% de couverture, m <sup>2</sup> )	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Plusieurs composantes différentes mesurables; Les mesures de la fréquence de l'occurrence sont simples	Cet indicateur n'est pas sensible à l'échelle des programmes de surveillance prévus.	Des données existent pour les limites des récifs. Certaines données existent sur l'étendue de l'habitat des squelettes d'éponges	Lié aux conditions hydrodynamiques et au substrat; Mesures reproductibles, quantifiables; Les données peuvent être recueillies à l'aide de relevés visuels.

**État de l'habitat**

Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs				Remarques
		Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Sensible	Données historiques	
Dommages physiques	Proportion (%) de l'habitat modifié	Mesure couramment utilisée pour d'autres types d'habitat	Quantifiable en pourcentage de la zone récifale totale; Reproductible	Très sensible à l'effort d'échantillonnage (relevés visuels)	Il existe des données sur les occurrences de facteurs de stress anthropiques causant des dommages (p. ex. vidéo du VTG montrant des collisions, des échantillonnages, des installations sous-marins, etc.)	Sensible à l'effort de relevés
Santé/état liés aux dommages physiques	Indice fonctionnel; % de l'habitat montrant des signes visibles de	Mesure couramment utilisée pour les types	Quantifiable en pourcentage de la zone récifale totale; Reproductible	Très sensible à l'effort d'échantillonnage (relevés visuels)	Il existe des données sur les occurrences de facteurs de stress anthropiques	Il peut ne pas être possible de lier les dommages visibles à un facteur de stress particulier.

Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs				Remarques
		Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Sensible	Données historiques	
	stress/dommages (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance.	d'habitat biogénique			causant des dommages (p. ex. vidéo du VTG montrant des collisions, des échantillonnages, des installations sous-marins, etc.)	
Diversité et richesse des espèces	Mesures de la diversité (diversité alpha et bêta)	Mesure couramment utilisée et comparable d'un récif à l'autre	Quantifiable; Reproductible; Les mesures de la richesse des espèces sont une dimension de la biodiversité, mais n'exigent pas d'estimations de l'abondance; La diversité mesure le nombre et l'uniformité entre espèces.	Sensible aux différentes méthodes d'échantillonnage; (DFO 2010A) Très sensible à l'effort d'échantillonnage ainsi qu'à la sélectivité du dispositif d'échantillonnage; (DFO 2010A) La diversité des espèces pourrait ne pas être sensible aux perturbations; La richesse des espèces est sensible à l'effort d'échantillonnage.	Une partie de cette mesure peut être éclairée par l'échantillonnage scientifique existant.	Indicateur de la structure de la communauté; Les mesures utilisées sont bien établies; Reproductible, quantifiable et comparable d'un écosystème à l'autre.

## ANNEXE E : RÉSUMÉ DES CRITÈRES DES INDICATEURS DES FACTEURS DE STRESS

Tableau E.1 Indicateurs des facteurs de stress cotés par rapport aux critères des indicateurs. \*indique un facteur de stress potentiel.

### Chalutage par le fond

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de chaluts par unité de surface	Quantifiable	La fréquence des chaluts correspond au nombre d'introductions potentielles d'espèces nuisibles.	Une partie de cette mesure peut être éclairée par des données sur les prises/prises accessoires.	
	Richesse des espèces aquatiques envahissantes	Mesures de la diversité bêta	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Impossible à calculer sans les estimations de la biomasse, et limité par la résolution taxonomique	Une partie de cette mesure peut être éclairée par des données sur les prises/prises accessoires.	Les mesures utilisées sont bien établies; Reproductible; Quantifiable
	Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	Nombre total d'espèces non indigènes ayant des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans la répartition); couverture du surface /zone visée; nombre par m <sup>2</sup>	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Plusieurs composantes mesurables différentes; Couverture du surface adaptée aux grandes espèces coloniales et grégaires; Nombre/dénombrements convenant aux taxons visibles et reconnaissables; Les mesures de la fréquence	Les données sur les prises n'existent que pour les espèces ayant une valeur économique; les données sur les prises accessoires sont largement influencées par le comportement des pêcheurs et les restrictions de gestion	Une évaluation quantitative globale a coté et classé les répercussions des espèces envahissantes d'après leur gravité pour la viabilité et l'intégrité des espèces indigènes et de la biodiversité naturelle. Cette base de données est recueillie par région; elle sert de base de référence pour l'invasion, mais elle a été mise à jour depuis sa création. (Andrews et al. 2013).

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				d'occurrence sont simples, pourvu que le taxon puisse être reconnu; Les estimations de la densité des espèces utilisent les valeurs numériques de l'abondance des individus par unité de surface		
Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond	Mesure fréquemment employée	Il peut être difficile d'effectuer la mesure au moment de la perturbation; Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments. Difficile de mesurer l'ampleur de la perturbation sans tenir compte des caractéristiques des sédiments connus et des classifications des habitats.	Aucune cartographie des habitats ou caractéristique des sédiments connue.	Nécessite des données de référence sur les types de sédiments et d'habitats; Indicateur difficile à mesurer au moment de la perturbation sans caméras sur les chaluts.
	Augmentation maximale de la turbidité	p. ex. unité de turbidité néphélogométrique (uTN), ou % du fond	Mesure fréquemment employée	Il peut être difficile d'effectuer la mesure au moment de la perturbation; Les relevés visuels	Il existe peu ou pas de données	Il peut être difficile d'effectuer la mesure au moment de la perturbation; Les relevés visuels pourraient ne pas

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				(% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments.		donner la mesure la plus exacte, mais ils représentent en réalité la meilleure option pour mesurer les impacts
	Composition du substrat	p. ex. pourcentage de particules du substrat <6,35 mm	Mesure fréquemment employée	Il peut être difficile d'effectuer la mesure au moment de la perturbation; Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments; Il est difficile de mesurer l'ampleur de la perturbation sans caractéristique connue des sédiments et des classifications de l'habitat	Aucune cartographie des habitats ou caractéristique des sédiments connue.	Nécessite des données de référence sur les types de sédiments et d'habitats
	Exposition maximale possible	Nombre de jours par année où la pêche est permise	Mesure fréquemment employée	Les données sont exprimées en unités réelles; La série chronologique a été établie.	Des dossiers sont disponibles sur les déplacements des navires.	Les données dépendantes des pêches sont faussées par le comportement des pêcheurs, la dynamique des flottilles et les restrictions de gestion. Ne porte que sur les espèces ayant une valeur économique (Andrews <i>et al.</i> 2013).

### Palangres démersales

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond	Mesure fréquemment employée	Il peut être difficile d'effectuer la mesure au moment de la perturbation; Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments; Il est difficile de mesurer l'ampleur de la perturbation sans caractéristique connue des sédiments et des classifications de l'habitat	Aucune cartographie des habitats ou caractéristique des sédiments connues.	Nécessite des données de référence sur les types de sédiments et d'habitats
	Augmentation maximale de la turbidité	p. ex. unité de turbidité néphélogométrique (uTN), ou % du fond	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation; Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments.	Il existe peu ou pas de données	Il peut être difficile d'effectuer la mesure au moment de la perturbation; Les relevés visuels pourraient ne pas donner la mesure la plus exacte, mais ils représentent en réalité la meilleure option pour mesurer les impacts
	Composition du substrat	p. ex. pourcentage de particules du	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au	Aucune cartographie des habitats ou	Nécessite des données de référence sur les

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
		substrat <6,35 mm		moment de la perturbation; Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments. Difficile de mesurer l'ampleur de la perturbation sans tenir compte des caractéristiques des sédiments connus et des classifications des habitats.	caractéristique des sédiments connue.	types de sédiments et d'habitats

### Rejet

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km; Nombre de renouvellements de l'eau de ballast à	Indicateur établi (Andrews et al. 2013); L'indicateur a fait l'objet d'essais concluants dans (Andrews et al. 2013), et correspond à une combinaison d'indicateurs pour la navigation	Corrélié avec l'activité maritime. (Andrews et al. 2013) ont laissé entendre que cet indicateur pourrait être amélioré si la taille du navire et le kilométrage en transit étaient ajoutés pour quantifier	Des données sont disponibles sur les déplacements des navires en C.-B.	Andrews et al. 2013 ont laissé entendre que cet indicateur pourrait être amélioré si la taille du navire et le kilométrage en transit étaient ajoutés pour quantifier l'empreinte et la trajectoire du navire. Le transport maritime est considéré comme

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
		proximité de la ZPM DH-BRC.	commerciale et les espèces envahissantes.	l’empreinte et la trajectoire du navire. Sinon, le nombre de déplacements ne nous dit rien sur l’étendue des zones touchées par ces déplacements. Le nombre de ports que visitent les navires est en corrélation avec les introductions potentielles d’espèces nuisibles dans la plupart des régions du monde.		l’une des principales voies de pénétration.
	Richesse des espèces aquatiques envahissantes	Mesures de la diversité bêta	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Impossible à calculer sans les estimations de la biomasse, et limité par la résolution taxonomique	Une partie de cette mesure peut être éclairée par des données sur les prises/prises accessoires.	Les mesures utilisées sont bien établies; Reproductible; Quantifiable
	Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	Nombre total d’espèces non indigènes ayant des populations reproductrices établies (et changement	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Plusieurs composantes mesurables différentes;	Les données sur les prises n’existent que pour les espèces ayant une valeur économique; les données sur les prises accessoires	Une évaluation quantitative globale a coté et classé les répercussions des espèces envahissantes d’après leur gravité pour la viabilité et

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
		potentiel dans la répartition); couverture du surface /zone visée; nombre par m <sup>2</sup>		Superficie adaptée aux grandes espèces coloniales et grégaires; Nombre/dénombrements adaptés aux taxons remarquables et distinguables; Les mesures de la fréquence des occurrences sont simples, à condition que le taxon puisse être distingué; Les estimations de la densité des espèces utilisent les valeurs numériques de l'abondance des individus par unité de surface	sont largement influencées par le comportement des pêcheurs et les restrictions de gestion	l'intégrité des espèces indigènes et de la biodiversité naturelle. Cette base de données est recueillie par région; elle sert de base de référence pour l'invasion, mais elle a été mise à jour depuis sa création. (Andrews et al. 2013).
	Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	Poids/unité de surface	Indicateur fréquemment employé	Quantifiable; La mesure peut être réalisée à l'aide des données existantes (prises/prises accessoires) et de l'échantillonnage scientifique extractif; Reproductible;	Certaines données sont disponibles pour les poissons à partir des registres des pêches; Certaines données sont disponibles pour les coraux et les éponges à partir des relevés des prises accessoires.	Ne peut pas être réalisé à l'aide de relevés visuels et doit s'appuyer sur les données existantes et l'échantillonnage scientifique extractif. Assujetti à la sélectivité des engins d'échantillonnage (DFO 2010A)

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				Comparable entre des types d'engins semblables et différents; Au fil du temps, les changements dans la biomasse peuvent entraîner une mauvaise interprétation (Andrews et al. 2013) et devraient être utilisés conjointement avec d'autres indicateurs de taille de population, comme l'abondance		
Piégeages/em pêtrements*	Abondance relative des débris	Fréquence d'occurrence (nombre/distance étudiée); masse des débris récupérés (dans le cadre de programmes de nettoyage)	Réalisable sur le plan théorique	Facteur de stress inconnu et imprévisible à mesurer	Aucune donnée existante	
Hydrocarbures /contaminants	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Pas très spécifique à le facteur de stress	Peu ou pas de données	

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
		cellule de grille de 5 km x 5 km; Nombre de renouvellements de l'eau de ballast à proximité de la ZPM DH-BRC.				
	Volume des rejets	Superficie x épaisseur minimale	Indicateur actuellement utilisé dans les eaux de C.-B. (MPO)	La mesure peut être obtenue par télédétection/imagerie; Quantifiable en unités réelles	Des données existent sur la télédétection d'hydrocarbures déversés en C.-B. Ces données seraient disponibles en cas de déversement (MPO)	On a supposé que la pollution océanique, notamment les déversements d'hydrocarbures, était surtout causée par l'activité des navires et le volume portuaire. Cet indicateur a fait l'objet d'évaluations concluantes pour la plupart des critères et consiste en une combinaison d'indicateurs pour l'activité de navigation commerciale et les espèces envahissantes (Andrews et al. 2013).
	Proportion d'échantillons d'eau dépassant les normes pour les paramètres d'intérêt de la qualité de l'eau	p. ex. indice de la qualité de l'eau du CCME	Mesure établie	Nécessite les données de séries chronologiques pour être efficace; Reproductible; Des mesures sont possibles, mais il pourrait être difficile d'établir	Des données existent sur la télédétection d'hydrocarbures déversés en C.-B. Ces données seraient disponibles en cas de déversement (MPO).	Les mesures du total des polluants inorganiques rejetés dans l'eau fourniront une mesure relative dans le temps de ce qui est rejeté dans l'eau. Cependant, la variation d'autres variables (p. ex. le type de

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				les séries chronologiques appropriées		matière rejetée) dissociera ces mesures des observations ainsi que de l'impact sur les organismes(Andrews et al. 2013).

### Échouement

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre d'échouements/ épaves dans les limites de la ZPM	Quantifiable	L'exposition potentielle peut être déterminée par des dossiers faciles à obtenir.	Il existe des dossiers d'échouements ou de naufrages de navires dans la région du Pacifique, mais aucun n'a été consigné dans la zone de la ZPM DH-BRC.	Cet indicateur ne fournit que des renseignements sur l'exposition potentielle des espèces aquatiques envahissantes à la ZPM.
	Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	Nombre total d'espèces non indigènes avec des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans l'aire de répartition)  Superficie/zone visée; Nombre par m <sup>2</sup> .	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Plusieurs composantes mesurables différentes; Couverture du surface adaptée aux grandes espèces coloniales et grégaires; Nombre/dénombrements convenant aux taxons visibles et reconnaissables;	Il existe des dossiers d'échouements ou de naufrages de navires dans la région du Pacifique, mais aucun n'a été consigné dans la zone de la ZPM DH-BRC.	Comme tout établissement d'espèces aquatiques envahissantes proviendrait d'une source ponctuelle, il peut être possible de lier un foyer à un navire échoué ou coulé.

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				Les mesures de la fréquence d'occurrence sont simples, pourvu que le taxon puisse être reconnu; Les estimations de la densité des espèces utilisent les valeurs numériques de l'abondance des individus par unité de surface		

#### Casiers

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de casiers par unité de surface	Quantifiable	Le nombre de sites dans lesquels les pièges sont largués correspond au nombre d'introductions potentielles d'espèces nuisibles.	Une partie de cette mesure peut être éclairée par des données sur les prises/prises accessoires.	
	Richesse des espèces aquatiques envahissantes	Mesures de la diversité bêta	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Impossible à calculer sans les estimations de la biomasse, et limité par la résolution taxonomique	Une partie de cette mesure peut être éclairée par des données sur les prises/prises accessoires.	Les mesures utilisées sont bien établies. Reproductible, quantifiable

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
	Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	<p>Nombre total d'espèces non indigènes avec des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans l'aire de répartition)</p> <p>Couverture du surface /zone touchée</p> <p>Nombre par m<sup>2</sup></p>	Mesure fréquemment employée	<p>Quantifiable; Reproductible; Plusieurs composantes mesurables différentes; Couverture du surface adaptée aux grandes espèces coloniales et grégaires; Nombre/dénombrements convenant aux taxons visibles et reconnaissables; Les mesures de la fréquence d'occurrence sont simples, pourvu que le taxon puisse être reconnu; Les estimations de la densité des espèces utilisent les valeurs numériques de l'abondance des individus par unité de surface</p>	<p>Il n'existe des données sur les prises que pour les espèces ayant une valeur économique.</p> <p>Les données sur les prises sont largement influencées par le comportement des pêcheurs et les restrictions de gestion.</p>	<p>Une évaluation quantitative globale a coté et classé les répercussions des espèces envahissantes d'après leur gravité pour la viabilité et l'intégrité des espèces indigènes et de la biodiversité naturelle. Cette base de données est recueillie par région; elle sert de base de référence pour l'invasion, mais elle a été mise à jour depuis sa création. (Andrews et al. 2013).</p>
	Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	Poids/unité de surface	Indicateur fréquemment employé	<p>Quantifiable; La mesure peut être réalisée à l'aide de données existantes (prises/prises accessoires) et de l'échantillonnage</p>	<p>Certaines données sont disponibles pour les poissons à partir des registres des pêches; Certaines données sont disponibles pour les coraux et</p>	<p>Ne peut pas être réalisé à l'aide de relevés visuels et doit s'appuyer sur les données existantes et l'échantillonnage scientifique extractif; Assujetti à la sélectivité</p>

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				scientifique extractif; Reproductible; Comparable au sein d'un même type d'engin et entre différents types d'engins; Des changements dans la biomasse au fil du temps pourraient entraîner une mauvaise interprétation (Andrews et al. 2013) et devraient être utilisés en conjonction avec d'autres indicateurs de la taille de la population, comme l'abondance	les éponges à partir des relevés des prises accessoires.	des engins d'échantillonnage(DFO 2010A)
Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments. Difficile de mesurer l'ampleur de la	Cartographie limitée des habitats ou caractéristique des sédiments connue.	Nécessite des données de référence sur les types de sédiments et d'habitats

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				perturbation sans tenir compte des caractéristiques des sédiments connus et des classifications des habitats.		
	Augmentation maximale de la turbidité	p. ex. unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments.	Il existe peu ou pas de données	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels pourraient ne pas donner la mesure la plus exacte, mais ils représentent en réalité la meilleure option pour mesurer les impacts
	Composition du substrat	p. ex. pourcentage de particules du substrat <6,35 mm	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments. Difficile de mesurer l'ampleur de la perturbation sans tenir compte des caractéristiques des sédiments connus et des	Aucune cartographie des habitats ou caractéristique des sédiments connue.	Nécessite des données de référence sur les types de sédiments et d'habitats

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				classifications des habitats.		

### Chalutage pélagique

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Prélèvement de matières biologiques*	Prise par unité d'effort/prise accessoire par unité d'effort	Prises et prises accessoires consignées; prises et prises accessoires modélisées	Mesure fréquemment employée	Les données sont exprimées en unités réelles; La série chronologique a été établie; Les débarquements représentent la majorité des prélèvements pour la plupart des espèces. Cette mesure n'inclut pas les prises rejetées	Les données sur les prises éclaireront ce point pour les espèces ciblées et partiellement pour les espèces non ciblées.	Les données dépendantes des pêches sont faussées par le comportement des pêcheurs, la dynamique des flottilles et les restrictions de gestion. Ne porte que sur les espèces ayant une valeur économique (Andrews <i>et al.</i> 2013). Remarque : Il est possible d'obtenir des faux positifs en utilisant des données sur l'absence apparente provenant des relevés au chalut (en raison de la taille de l'engin) (Howell <i>et al.</i> 2016).
	Exposition maximale possible	Nombre de jours par année où la pêche est permise; Nombre de navires x maximum de capture autorisée	Mesure fréquemment employée	Les données sont exprimées en unités réelles; La série chronologique a été établie.	Des dossiers sont disponibles sur les déplacements des navires.	Les données dépendantes des pêches sont faussées par le comportement des pêcheurs, la dynamique des flottilles et les restrictions de gestion. Ne porte que sur les espèces ayant

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
						une valeur économique (Andrews <i>et al.</i> 2013).
Collisions (avec des espèces mobiles)	Aucun indicateur actuel ne permet de mesurer de façon appropriée cet facteur de stress. Les incidents de collision entre des engins et des espèces mobiles pourraient faire l'objet d'un examen plus poussé.	Proportion d'espèces affichant des blessures visibles; proportion de chaluts qui entrent en collision avec des espèces mobiles (échantillon partiel collecté au moyen d'appareils photo fixés à l'engin); engins perdus	Aucune mesure existante pour les collisions avec des espèces mobiles.	Extrêmement difficile à mesurer. Même la vidéo du chalut ne montre pas les dommages causés à un individu (gravité de la blessure); pourrait ne pas capturer tous les incidents selon le cadrage. Chronophage/exige beaucoup de ressources.	On sait que des collisions se produisent avec des espèces mobiles, mais aucune donnée n'est disponible pour les chaluts pélagiques dans la région.	L'indicateur n'est pas recommandé pour le moment, car il ne répond pas aux critères de façon appropriée. L'information obtenue ne sera probablement suffisante pour justifier l'effort/les dépenses de surveillance.
Perturbation du substrat (tassement)*	Superficie écrasée	Proportion (en %) de la zone écrasée/m <sup>2</sup>	Mesure fréquemment employée	Le nombre de chaluts est lié à la superficie de l'habitat perturbé et les zones tassées présenteront des caractéristiques communautaires différentes. Cependant, l'ampleur du changement dépend de la longueur du chalut et du type d'habitat.	Des relevés visuels dans les zones de pêche pourraient éclairer cela.	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels pourraient ne pas donner la mesure la plus exacte, mais ils représentent en réalité la meilleure option pour mesurer les impacts

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)*	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments. Difficile de mesurer l'ampleur de la perturbation sans tenir compte des caractéristiques des sédiments connus et des classifications des habitats.	Aucune cartographie des habitats ou caractéristique des sédiments connue.	Nécessite des données de référence sur les types de sédiments et d'habitats
	Augmentation maximale de la turbidité	p. ex. unité de turbidité néphélométrique (uTN), ou % du fond	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments.	Il existe peu ou pas de données	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels pourraient ne pas donner la mesure la plus exacte, mais ils représentent en réalité la meilleure option pour mesurer les impacts
	Composition du substrat	p. ex. pourcentage de particules du	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au	Aucune cartographie des habitats ou	Nécessite des données de référence sur les

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
		substrat <6,35 mm		moment de la perturbation. Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments. Difficile de mesurer l'ampleur de la perturbation sans tenir compte des caractéristiques des sédiments connus et des classifications des habitats.	caractéristique des sédiments connue.	types de sédiments et d'habitats

### Déplacement en cours

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Perturbation (bruit)	Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM DH-BRC	Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille de 5 km x 5 km	Réalisable sur le plan théorique	Quantifiable; Directement lié à la mesure du bruit des navires	Des données sont disponibles sur les déplacements des navires	Facteur de stress de longue portée
	Fréquence du bruit dans la ZPM DH-BRC	Mesure du son produit (p. ex. hydrophones)	Mesure établie	Quantifiable; Reproductible; Surveillance continue possible	Des hydrophones ont été installés récemment dans la ZPM DH-BRC	Facteur de stress de longue portée

### Déversement d'hydrocarbures

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Hydrocarbures /contaminants*	Densité du trafic des navires à proximité de la ZPM DH-BRC	Nombre de déplacements de navires par zone de déclaration du trafic ou par cellule de grille désignée	Indicateur établi (Andrews et al. 2013)	Corrélié avec l'activité maritime. (Andrews et al. 2013) ont laissé entendre que cet indicateur pourrait être amélioré si la taille du navire et le kilométrage en transit étaient ajoutés pour quantifier l'empreinte et la trajectoire du navire. Sinon, le nombre de déplacements ne nous dit rien sur l'étendue des	Aucun déversement d'hydrocarbures n'a été signalé dans la ZPM DH-BRC. Données disponibles sur le mouvement des navires	On a supposé que la pollution océanique, notamment les déversements d'hydrocarbures, était surtout causée par l'activité des navires et le volume portuaire. Cet indicateur a fait l'objet d'évaluations concluantes pour la plupart des critères et consiste en une combinaison d'indicateurs pour l'activité de navigation commerciale et les espèces envahissantes (Andrews et al. 2013).

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				zones touchées par ces déplacements.		
	Volume d'hydrocarbures déversés	Superficie x épaisseur minimale	Indicateur actuellement utilisé dans les eaux de C.-B. (MPO)	La mesure peut être obtenue par télédétection/ imagerie	Des données existent sur la télédétection d'hydrocarbures déversés en C.-B. Ces données seraient disponibles en cas de déversement (MPO)	Le volume d'hydrocarbures détermine le chevauchement spatial avec les CIE
	Type d'hydrocarbures	Détermine la surface, la colonne d'eau ou la couverture benthique. P. ex. bitume – couverture superficielle des habitats benthiques, hydrocarbures – déversement en surface seulement	Le type d'hydrocarbures est un indicateur efficace des espèces et des habitats touchés	La composition des matières transportées donnera une indication exacte des composantes de l'écosystème touchées	Des données devraient être disponibles auprès des navires déversant des hydrocarbures	Le type d'hydrocarbures détermine les composantes touchées de l'écosystème. L'ajout d'agents dispersants pourrait nuire à la détermination du type d'hydrocarbures comme indicateur des composantes potentiellement touchées.

### Utilisation d'engins sous-marins

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
Espèces aquatiques envahissantes*	Fréquence de l'exposition potentielle	Nombre de sites de plongée par sortie; Existence de protocoles de nettoyage/rinçage de l'équipement entre les sites de plongée	Mesure couramment utilisée lorsqu'aucun autre renseignement n'est disponible	Quantifiable; Données simples à obtenir et à calculer	Des données existent pour des échantillons précédents, ainsi que des vidéos provenant des engins sous-marins	
	Richesse des espèces aquatiques envahissantes	Mesures de la diversité (diversité bêta)	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Impossible à calculer sans les estimations de la biomasse, et limité par la résolution taxonomique	Aucune donnée existante sur les espèces aquatiques envahissantes dans la ZPM DH-BRC	Les mesures utilisées sont bien établies; Reproductible; Quantifiable
	Occurrence/abondance des espèces aquatiques envahissantes	Nombre par m <sup>2</sup> ; Nombre total d'espèces non indigènes avec des populations reproductrices établies (et changement potentiel dans l'aire de répartition)  Couverture du surface /zone touchée	Mesure fréquemment employée	Quantifiable; Reproductible; Plusieurs composantes mesurables différentes; Couverture du surface adaptée aux grandes espèces coloniales et grégaires.  Nombre/dénombrements adaptés aux taxons visibles et reconnaissables;	Aucune donnée existante sur les espèces aquatiques envahissantes dans la ZPM DH-BRC	Une évaluation quantitative globale a coté et classé les répercussions des espèces envahissantes d'après leur gravité pour la viabilité et l'intégrité des espèces indigènes et de la biodiversité naturelle ( <a href="http://conserveonline.org/workspaces/global.invasive.assessment/">http://conserveonline.org/workspaces/global.invasive.assessment/</a> ). Cette base de données est recueillie par région; elle sert de base de référence pour l'invasion, mais elle a

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				<p>Les mesures de la fréquence des occurrences sont simples, à condition que le taxon puisse être reconnu</p> <p>Les estimations de la densité des espèces utilisent les valeurs numériques de l'abondance des individus par unité de surface</p>		été mise à jour depuis sa création(Andrews 2013). Cette approche peut être appliquée à la ZPM DH-BRC.
	Biomasse des espèces aquatiques envahissantes	Poids/unité de surface	Indicateur fréquemment employé	<p>Quantifiable;</p> <p>La mesure peut être réalisée à l'aide de l'échantillonnage scientifique extractif;</p> <p>Reproductible;</p> <p>Comparable au sein d'un même type d'engin et entre différents types d'engins;</p> <p>Des changements dans la biomasse au fil du temps pourraient entraîner une mauvaise interprétation</p>	Aucune donnée existante sur les espèces aquatiques envahissantes dans la ZPM DH-BRC	Ne peut pas être réalisé à l'aide de relevés visuels et doit s'appuyer sur les données existantes et l'échantillonnage scientifique extractif. Assujetti à la sélectivité des engins d'échantillonnage (DFO 2010A)

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
				(Andrews et al. 2013) et devraient être utilisés en conjonction avec d'autres indicateurs de la taille de la population, comme l'abondance		
Perturbation (lumière)	Zone exposée à la lumière artificielle des engins sous-marins	Couverture du surface (%)	Solide sur le plan théorique	Quantifiable	Des données sont disponibles	
	Fréquence d'exposition	Nombre de plongées sous-marines pendant une campagne de recherche ou une période donnée	Solide sur le plan théorique	Quantifiable (nombre de plongées, durée de la plongée, vitesse de l'engin sous-marin, etc.)	Des données sont disponibles	
Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)	Hausse maximale des sédiments en suspension	p. ex. mg/L, ppm, % du fond	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments.	Il existe peu ou pas de données	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels pourraient ne pas donner la mesure la plus exacte, mais ils représentent en réalité la meilleure option pour mesurer les impacts

Facteur de stress	Indicateur	Composante mesurable	Critères des indicateurs			Remarques
			Solide sur le plan théorique	Mesurable et faisable	Données historiques*	
	Fréquence d'exposition à des collisions potentielles	Nombre de collisions	Mesure fréquemment employée	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels (% du fond) sont la méthode la plus réaliste pour mesurer la remise en suspension des sédiments.	Aucune cartographie des habitats ou caractéristique des sédiments connue. Les données vidéo aideront à éclairer de paramètre.	Peut être difficile à mesurer au moment de la perturbation. Les relevés visuels pourraient ne pas donner la mesure la plus exacte, mais ils représentent en réalité la meilleure option pour mesurer les impacts

## ANNEXE F : INTERACTIONS CIE/FACTEURS DE STRESS ET RÉSULTATS DE LA MÉTHODE D'ÉTABLISSEMENT DE L'ORDRE DE PRIORITÉ

Tableau F.1. Système de notation appliqué au risque et cotes d'incertitude associées.

Risque cumulatif	Incertitude	Ordre de priorité
Élevé	Faible	1
Élevé	Modérée	2
Élevé	Élevée	3
Modéré	Faible	4
Modéré	Modérée	5
Modéré	Élevée	6
Faible	Élevée	7
Faible	Modérée	8
Faible	Faible	9

Tableau F.2 Liste complète des interactions actuelles CIE/facteurs de stress classées par ordre de priorité.

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Groupe de risques	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %	Incertitude moyenne	Groupes d'incertitudes
Sébaste bocace	Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	54,71	Élevé	12,36	14,04	13,20	Faible
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	32,80	Modéré	26,82	33,49	30,15	Élevé
Jardins d'éponges	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	31,19	Modéré	25,17	31,82	28,49	Élevé
<i>Heterochone calyx</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	30,98	Modéré	20,84	25,37	23,11	Élevé
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	29,17	Modéré	18,57	24,94	21,76	Modéré
Jardins d'éponges	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	29,15	Modéré	18,55	24,29	21,42	Modéré
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	29,04	Modéré	15,04	17,92	16,48	Modéré
<i>Farrea occa</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	28,99	Modéré	19,79	22,96	21,38	Modéré

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Groupe de risques	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %	Incertitude moyenne	Groupes d'incertitudes
<i>Heterochone calyx</i>	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	28,86	Modéré	18,60	24,51	21,55	Modéré
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	28,85	Modéré	14,89	17,65	16,27	Modéré
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	28,75	Modéré	17,90	24,64	21,27	Modéré
Sébaste bocace	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	28,60	Modéré	23,74	27,79	25,77	Élevé
Jardins d'éponges	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	28,42	Modéré	23,10	28,63	25,87	Élevé
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	28,21	Modéré	23,46	29,78	26,62	Élevé
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	28,20	Modéré	17,98	24,81	21,40	Modéré
<i>Heterochone calyx</i>	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	26,87	Modéré	18,63	23,12	20,88	Modéré
<i>Farrea occa</i>	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	26,82	Modéré	17,09	22,38	19,73	Modéré
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	26,41	Modéré	18,23	22,73	20,48	Modéré
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Chalut pélagique	Prélèvement de matières biologiques	26,25	Modéré	17,66	25,12	21,39	Modéré
Sébaste bocace	Chalut pélagique	Collisions	26,20	Modéré	16,35	18,99	17,67	Modéré
<i>Heterochone calyx</i>	Chalut pélagique	Prélèvement de matières biologiques	26,16	Modéré	17,54	24,59	21,07	Modéré
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Chalut pélagique	Prélèvement de matières biologiques	26,00	Modéré	16,82	23,58	20,20	Modéré
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	25,97	Modéré	17,89	22,76	20,33	Modéré
Jardins d'éponges	Chalut pélagique	Prélèvement de matières biologiques	25,94	Modéré	16,56	22,19	19,38	Modéré

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Groupe de risques	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %	Incertitude moyenne	Groupes d'incertitudes
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Chalut pélagique	Prélèvement de matières biologiques	25,87	Modéré	17,45	24,68	21,06	Modéré
<i>Heterochone calyx</i>	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension)	25,59	Modéré	16,12	22,42	19,27	Modéré
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension)	25,40	Modéré	15,22	20,14	17,68	Modéré
Jardins d'éponges	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension)	25,06	Modéré	15,93	21,22	18,58	Modéré
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension)	24,88	Modéré	14,68	20,54	17,61	Modéré
<i>Farrea occa</i>	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	24,84	Modéré	17,14	21,21	19,18	Modéré
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension)	24,72	Modéré	15,54	21,34	18,44	Modéré
<i>Farrea occa</i>	Chalut pélagique	Prélèvement de matières biologiques	24,50	Modéré	16,76	22,68	19,72	Modéré
<i>Munida quadrispina</i>	Chalutage par le fond	Perturbation du substrat (remise en suspension)	24,49	Modéré	19,94	25,65	22,80	Modéré
<i>Farrea occa</i>	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (remise en suspension)	23,87	Faible	15,29	20,65	17,97	Modéré
Sébaste bocace	Déplacement en cours	Perturbation [bruit]	23,34	Faible	21,56	27,17	24,36	Modéré
Sébaste bocace	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	22,80	Faible	15,60	19,39	17,50	Modéré
<i>Munida quadrispina</i>	Rejet	Hydrocarbures/contaminants	21,03	Faible	17,05	22,93	19,99	Modéré
Jardins d'éponges	Casiers	Perturbation du substrat (remise en suspension)	16,06	Faible	13,40	15,83	14,62	Faible
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Casiers	Perturbation du substrat (remise en suspension)	16,00	Faible	13,01	16,52	14,77	Faible
<i>Heterochone calyx</i>	Casiers	Perturbation du substrat	15,89	Faible	13,38	16,66	15,02	Faible

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Groupe de risques	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %	Incertitude moyenne	Groupes d'incertitudes
		(remise en suspension)						
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Casiers	Perturbation du substrat (remise en suspension)	15,81	Faible	13,23	15,99	14,61	Faible
<i>Rhabdocalypus dawsoni</i>	Casiers	Perturbation du substrat (remise en suspension)	15,69	Faible	12,90	16,17	14,53	Faible
<i>Farrea occa</i>	Casiers	Perturbation du substrat (remise en suspension)	14,86	Faible	12,25	15,42	13,84	Faible
<i>Munida quadrispina</i>	Chalut pélagique	Perturbation du substrat (tassement)	13,81	Faible	11,39	15,51	13,45	Faible
Sébaste bocace	Casiers	Perturbation du substrat (remise en suspension)	13,69	Faible	11,12	14,43	12,77	Faible
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Palangre	Perturbation du substrat (remise en suspension)	12,67	Faible	10,34	13,51	11,92	Faible
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Palangre	Perturbation du substrat (remise en suspension)	12,51	Faible	10,07	13,60	11,83	Faible
Jardins d'éponges	Palangre	Perturbation du substrat (remise en suspension)	12,48	Faible	10,46	13,47	11,97	Faible
<i>Heterochone calyx</i>	Palangre	Perturbation du substrat (remise en suspension)	12,47	Faible	10,31	13,43	11,87	Faible
<i>Rhabdocalypus dawsoni</i>	Palangre	Perturbation du substrat (remise en suspension)	12,25	Faible	9,87	13,43	11,65	Faible
<i>Munida quadrispina</i>	Chalut pélagique	Prélèvement de matières biologiques	12,18	Faible	10,14	13,53	11,83	Faible
<i>Farrea occa</i>	Palangre	Perturbation du substrat (remise en suspension)	11,61	Faible	9,44	12,36	10,90	Faible
Jardins d'éponges	Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation du substrat (remise en suspension)	11,34	Faible	9,48	12,56	11,02	Faible
<i>Heterochone calyx</i>	Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation du substrat (remise en suspension)	11,26	Faible	9,32	12,46	10,89	Faible
<i>Munida quadrispina</i>	Casiers	Perturbation du substrat (remise en suspension)	11,18	Faible	9,35	11,80	10,57	Faible

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Groupe de risques	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %	Incertitude moyenne	Groupes d'incertitudes
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation du substrat (remise en suspension)	11,17	Faible	9,51	12,61	11,06	Faible
Sébaste bocace	Palangre	Perturbation du substrat (remise en suspension)	10,84	Faible	9,04	11,37	10,21	Faible
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation du substrat (remise en suspension)	10,82	Faible	9,03	12,47	10,75	Faible
<i>Munida quadrispina</i>	Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation (lumière)	10,61	Faible	8,85	12,99	10,92	Faible
<i>Farrea occa</i>	Utilisation d'engins sous-marins	Perturbation du substrat (remise en suspension)	10,58	Faible	8,85	11,62	10,23	Faible
<i>Munida quadrispina</i>	Palangre	Perturbation du substrat (remise en suspension)	9,18	Faible	7,63	10,25	8,94	Faible
		Max	54,71			Max	30,15	
		Min.	9,18			Min,	8,94	
		Moyenne	21,91			Moyenne	17,38	
		Médiane	24,72			Médiane	17,68	
		Portée	45,53			Portée	21,21	
		Portée/3	15,18			Portée/3	7,07	
		Faible	24,35			Faible	16,01	
		Moyen	39,53			Moyen	23,08	
		Élevé	54,71			Élevé	30,15	

Tableau F.3. Liste complète des interactions potentielles CIE/facteurs de stress classées par ordre de priorité.

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Groupe de risques	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %	Incertitude moyenne	Groupes d'incertitudes
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	136,96	Élevé	41,32	52,19	46,76	Élevé
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	135,83	Élevé	42,37	51,89	47,13	Élevé
Jardins d'éponges	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	134,28	Élevé	41,80	49,95	45,88	Élevé
<i>Farrea occa</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	128,31	Élevé	38,70	46,85	42,78	Élevé
Sébaste bocace	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	118,54	Élevé	35,01	41,06	38,03	Élevé
<i>Heterochone calyx</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	98,27	Élevé	36,06	46,59	41,33	Élevé
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	98,06	Élevé	35,35	46,82	41,08	Élevé
<i>Munida quadrispina</i>	Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures/contaminants	72,07	Modéré	30,70	40,88	35,79	Élevé
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	22,20	Faible	18,33	25,66	22,00	Modéré
<i>Heterochone calyx</i>	Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	21,94	Faible	18,24	25,59	21,92	Modéré
Jardins d'éponges	Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	21,94	Faible	18,14	24,75	21,44	Modéré
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	21,83	Faible	17,82	24,99	21,40	Modéré
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	21,68	Faible	18,15	25,30	21,73	Modéré
<i>Farrea occa</i>	Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	20,66	Faible	17,20	23,87	20,54	Faible

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Groupe de risques	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %	Incertitude moyenne	Groupes d'incertitudes
Jardins d'éponges	Chalutage par le fond	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	19,29	Faible	9,98	14,02	12,00	Faible
<i>Heterochone calyx</i>	Chalutage par le fond	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	19,24	Faible	9,89	15,04	12,47	Faible
Sébaste bocace	Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	19,20	Faible	18,11	24,68	21,40	Modéré
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Chalutage par le fond	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	19,19	Faible	10,06	14,07	12,06	Faible
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Chalutage par le fond	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	19,12	Faible	10,05	14,66	12,35	Faible
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Rejet	Piégeages/empêtements*	19,01	Faible	15,63	21,84	18,74	Faible
<i>Heterochone calyx</i>	Rejet	Piégeages/empêtements*	18,92	Faible	15,63	21,86	18,74	Faible
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Chalutage par le fond	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	18,90	Faible	10,10	14,13	12,11	Faible
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Rejet	Piégeages/empêtements*	18,80	Faible	15,97	22,22	19,09	Faible
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Rejet	Piégeages/empêtements*	18,62	Faible	15,53	21,54	18,54	Faible
<i>Farrea occa</i>	Chalutage par le fond	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	18,08	Faible	9,39	13,23	11,31	Faible
<i>Farrea occa</i>	Rejet	Piégeages/empêtements*	17,60	Faible	14,23	20,55	17,39	Faible
<i>Munida quadrispina</i>	Échouement	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	16,09	Faible	15,18	22,23	18,71	Faible
<i>Heterochone calyx</i>	Rejet	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	16,00	Faible	13,21	19,68	16,44	Faible

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Groupe de risques	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %	Incertitude moyenne	Groupes d'incertitudes
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Rejet	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	15,96	Faible	13,37	19,55	16,46	Faible
Jardins d'éponges	Rejet	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	15,86	Faible	13,14	19,51	16,33	Faible
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Rejet	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	15,79	Faible	12,92	20,77	16,84	Faible
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Rejet	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	15,53	Faible	12,98	20,15	16,56	Faible
<i>Farrea occa</i>	Rejet	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	14,71	Faible	12,11	18,66	15,38	Faible
<i>Heterochone calyx</i>	Casiers	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	10,70	Faible	8,77	12,67	10,72	Faible
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Casiers	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	10,66	Faible	8,81	12,52	10,67	Faible
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Casiers	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	10,52	Faible	8,61	12,36	10,49	Faible
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Casiers	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	10,51	Faible	8,66	12,80	10,73	Faible
<i>Heterochone calyx</i>	Utilisation d'engins sous-marins	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	10,51	Faible	8,65	11,99	10,32	Faible
Jardins d'éponges	Utilisation d'engins sous-marins	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	10,34	Faible	8,46	11,92	10,19	Faible
<i>Aphrocallistes vastus</i>	Utilisation d'engins sous-marins	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	10,33	Faible	8,49	11,65	10,07	Faible

CIE	Activité	Facteur de stress	Cote de risque	Groupe de risques	Quant. de 10 %	Quant. de 90 %	Incertitude moyenne	Groupes d'incertitudes
Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Utilisation d'engins sous-marins	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	10,33	Faible	8,45	11,65	10,05	Faible
<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Utilisation d'engins sous-marins	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	10,13	Faible	8,60	11,70	10,15	Faible
<i>Farrea occa</i>	Casiers	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	9,80	Faible	8,24	11,70	9,97	Faible
<i>Farrea occa</i>	Utilisation d'engins sous-marins	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	9,67	Faible	8,05	11,24	9,64	Faible
<i>Munida quadrispina</i>	Casiers	Introduction d'espèces aquatiques envahissantes	7,83	Faible	6,42	9,50	7,96	Faible
		Max	136,96			Max	47,13	
		Min.	7,83			Min,	7,96	
		Moyenne	33,55			Moyenne	19,82	
		Médiane	18,80			Médiane	16,56	
		Portée	129,13			Portée	39,18	
		Portée/3	43,04			Portée/3	13,06	
		Faible	50,88			Faible	21,01	
		Moyen	93,92			Moyen	34,07	
		Élevé	136,96			Élevé	47,13	

## ANNEXE G : INDICATEURS D'INTERACTION CIE/FACTEURS DE STRESS ET COMPOSANTES MESURABLES

Tableau G.1. Indicateurs d'interaction actuels CIE/facteurs de stress et composantes mesurables.

Facteur de stress		Groupe de CIE	CIE	Paramètre clé	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Composante mesurable	Collecte de données
Chalutage pélagique	Prélèvement de matières biologiques	Sébaste bocace	Sébaste bocace	Les deux	Abondance/densité de la population; biomasse des organismes enlevés	Dénombrement/distribution de fréquences de taille	Relevé visuel; Techniques d'évaluation du stock; Données sur les prises
		Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i>	Les deux	Abondance (étendue aréale) de cicatrices découlant de l'enlèvement d'habitat; structure des communautés; biomasse des éponges enlevées (données sur les prises accessoires)	Taille de la cicatrice (m <sup>2</sup> ); changement de l'étendue aréale de l'espèce; biomasse des éponges enlevées	Données sur les prises accessoires; relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.
			<i>Farrea occa</i>	Les deux			
			<i>Aphrocallistes vastus</i>	Les deux			
			<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Les deux			
Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme)	Les deux	Abondance (étendue aréale) de cicatrices découlant de l'enlèvement d'habitat; biomasse/type des matières enlevées (données sur les prises accessoires)	Taille de la cicatrice (m <sup>2</sup> ); biomasse du squelette d'éponge enlevé	Données sur les prises accessoires; relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.		
Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	Les deux	Abondance (étendue aréale) de cicatrices découlant de l'enlèvement d'habitat; biomasse des éponges enlevées (données	Taille de la cicatrice (m <sup>2</sup> ); biomasse des éponges enlevées	Données sur les prises accessoires; relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.		

Facteur de stress		Groupe de CIE	CIE	Paramètre clé	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Composante mesurable	Collecte de données
Chalutage pélagique					sur les prises accessoires)		
	Collisions	Sébaste bocace	Sébaste bocace	Les deux	Aucun indicateur actuel ne permet de mesurer de façon appropriée cet facteur de stress. Les incidents de collision entre des engins et des espèces mobiles pourraient faire l'objet d'un examen plus poussé.	Nombre d'incidents au cours desquels des sébastes sont frappés par le chalut	Registres vidéo de chalutage. Pas recommandé pour le moment. Le coût de l'effort ne fournira pas d'information définitive et utile sur cette interaction
	Perturbation du substrat (remise en suspension)	Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i>	Les deux	Abondance (relative) de colonies affichant des signes visibles d'étouffement	Proportion des colonies échantillonnées (relevé visuel; %) dans une zone donnée montrant des signes d'étouffement	Relevés visuels. Données de référence préférables.
			<i>Farrea occa</i>	Les deux			
			<i>Aphrocallistes vastus</i>	Les deux			
			<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Les deux			
Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	Les deux	Abondance (étendue aréale) d'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement; structure des communautés	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement.	Relevés visuels. Données de référence préférables.		
Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux	Les deux	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes d'étouffement/stress	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes d'étouffement.	Relevés visuels. Données de référence préférables.		

Facteur de stress		Groupe de CIE	CIE	Paramètre clé	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Composante mesurable	Collecte de données
Chalutage par			qu'elle renferme)			Pourrait inclure le biote associé.	
	Perturbation du substrat (tassement)	Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme)	Les deux	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes de tassement	Proportion de l'habitat échantillonné (relevé visuel; %) dans une zone donnée montrant des signes de tassement	Relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.
		Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	Les deux	Abondance (étendue aréale) d'habitat montrant des signes de tassement; structure des communautés	Proportion des colonies échantillonnées (relevé visuel; %) dans une zone donnée montrant des signes de tassement	Relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.
		Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i>	Les deux	Abondance (relative) de colonies affichant des signes visibles de tassement	Proportion des colonies échantillonnées (relevé visuel; %) dans une zone donnée montrant des signes de tassement	Relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.
			<i>Farrea occa</i>	Les deux			
	<i>Aphrocallistes vastus</i>	Les deux					
<i>Rhabdocalypus dawsoni</i>	Les deux						
Perturbation du substrat (remise en suspension)	Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme)	État	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitats montrant des signes d'étouffement	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes d'étouffement.	Relevés visuels. Données de référence préférables.	

Facteur de stress		Groupe de CIE	CIE	Paramètre clé	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Composante mesurable	Collecte de données
Chalutage par le fond	Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	État	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes d'étouffement/stress	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement. Pourrait inclure le biote associé.	Relevés visuels. Données de référence préférables.	
	Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i>	État	Abondance des colonies montrant des signes d'étouffement (santé et étouffement visible)	Proportion des colonies échantillonnées (relevé visuel; %) dans une zone donnée montrant des signes d'étouffement	Relevés visuels. Données de référence préférables.	
		<i>Aphrocallistes vastus</i>	État				
		<i>Farrea occa</i>	État				
		<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	État				
Sébaste bocace	Sébaste bocace	État	Changement de l'état/effets sublétaux de l'étouffement sur les sébastes bocaces en tant que proportion de la population présente sur les récifs	Coefficient de condition, k (p. ex. poids/longueur, âge, contenu de l'estomac, présence de maladies ou d'espèces envahissantes, charge parasitaire).	Relevé visuel; Techniques d'évaluation du stock; Données sur les prises. Données de référence préférables.		
Galathée	<i>Munida quadrispina</i>	État	Changement de l'état/effets sublétaux de l'étouffement sur <i>M. quadrispina</i> en tant que proportion de la population présente sur les récifs	Blessures visibles à l'organisme ou indicateurs comportementaux (p. ex. comportement alimentaire, réflexes). Évaluation des mâles par rapport aux femelles/juvéniles (indiquant le recrutement)	Mesure couramment utilisée pour d'autres crustacés; Comparable d'un écosystème à l'autre; Quantitatif et reproductible à l'aide de relevés visuels; Appliqué		

Facteur de stress		Groupe de CIE	CIE	Paramètre clé	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Composante mesurable	Collecte de données
							auparavant aux galathées (Matabos <i>et al.</i> 2012)
Rejet	Hydrocarbures/contaminants	Habitat biotique	Jardins d'éponges (éponges siliceuses et démosponges ne formant pas de récifs)	État	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitat montrant des signes visibles de piètre état ou d'étouffement; richesse en espèces et diversité des organismes associés avec l'habitat	Proportion de la population échantillonnée (%) touchée Perte de tissu, recouvert d'une matière floconneuse brune (floc).	Relevés visuels. Données de référence préférables. Un certain échantillonnage ciblé pourrait être nécessaire. Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE. La santé du biote récifal associé pourrait aider à éclairer l'indicateur.
		Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme)	État	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitats étouffés par la présence d'hydrocarbures; persistance d'hydrocarbures dans l'habitat	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes d'étouffement.	Relevés visuels. Données de référence préférables.

Facteur de stress	Groupe de CIE	CIE	Paramètre clé	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Composante mesurable	Collecte de données
	Éponges siliceuses et éponges Rosselid/de Dawson	<i>Heterochone calyx</i>	Les deux	Abondance de colonies affichant des dommages visibles/des organismes morts (proportion); changement de l'état/effets sublétaux	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement. Pourrait inclure le biote associé.	Relevés visuels. Données de référence préférables.
		<i>Aphrocallistes vastus</i>	Les deux			
		<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Les deux			
		<i>Farrea occa</i>	Les deux			

Tableau G.2. Indicateurs d'interaction potentielle CIE/facteurs de stress.

Facteur de stress		Groupe de CIE	CIE	Paramètre clé	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Composante mesurable	Collecte de données
Déversement d'hydrocarbures	Hydrocarbures /contaminants	Éponges siliceuses et éponges Rosselid /de Dawson	<i>Aphrocallistes vastus</i>	Les deux	Abondance de colonies affichant des dommages visibles/des organismes morts; changement de l'état/effets sublétaux; changement de la diversité génétique	Proportion de la population échantillonnée (%) touchée Perte de tissu, recouvert d'une matière floconneuse brune (floc),	Relevés visuels. Données de référence préférables. Un certain échantillonnage ciblé pourrait être nécessaire. Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE. La santé du biote récifal associé pourrait aider à éclairer l'indicateur.
			<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>	Les deux			
			<i>Farrea occa</i>	Les deux			
			<i>Heterochone calyx</i>	Les deux			
	Habitat biogénique	Jardins d'éponges	Les deux	Abondance; richesse en espèces/présence de maladies	Couverture du surface des habitats; Mesures de la diversité (diversité alpha et bêta).	Relevés visuels. Données de référence préférables. Les relevés visuels, les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.	
	Sébaste bocace	Sébaste bocace	Les deux	Abondance; densité de la population; gamme de tailles; changement de l'état/des effets sublétaux; diversité et structure génétique	Distribution de fréquences de taille; Structure par âge et par taille; nombre par secteur; Présence de la maladie, modification de la structure par âge et par taille	Nécessite des données de base sur les populations; Les relevés visuels (VT), les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.	
Habitat physique	Matrice de squelettes d'éponges siliceuses	Les deux	Abondance de l'habitat montrant des signes visibles d'étouffement par les hydrocarbures.	Proportion de l'habitat montrant des signes visibles d'étouffement par les hydrocarbures; le biote associé pourrait également éclairer cette interaction	Relevés visuels. Données de référence préférables.		
Galathée	<i>Munida quadrispina</i>	Les deux	Abondance d'organismes	Proportion de galathées dans une zone désignée montrant	L'indicateur de la taille de la population (abondance)		

Facteur de stress	Groupe de CIE	CIE	Paramètre clé	Indicateur de l'interaction CIE/facteurs de stress	Composante mesurable	Collecte de données
				affichant des symptômes de stress; effets sublétaux	des signes visibles de stress; Abondance des galathées dans une zone donnée.	nécessite des données de référence sur les populations; des relevés visibles et un échantillonnage extractif sélectif éclaireraient l'indicateur d'état.

## ANNEXE H : INDICATEURS D'INTERACTION CIE/FACTEURS DE STRESS, COMPOSANTES MESURABLES, RÉSUMÉ DES INTERACTIONS, ÉTAT DES DONNÉES ET MÉTHODES DE COLLECTE

Tableau H.1. Indicateurs d'interaction CIE/facteurs de stress pour les CIE des éponges siliceuses hermatypiques et des éponges Rosselid/de Dawson : *Heterochone calyx*, *Aphrocallistes vastus*, *Farrea occa*, et *Rhabdocalyptus dawsoni*. Justifications des interactions résumées d'après Hannah et al. (2019).

**Chalutage pélagique → Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)**

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de la population	Abondance	% d'éponges hermatypiques et d'éponges de Dawson mortes montrant des signes d'étouffement.	<p>Les chaluts pélagiques peuvent toucher le fond (Enticknap 2002; Donaldson <i>et al.</i> 2010) où ils peuvent remettre temporairement en suspension les sédiments marins (Leys 2013) et avoir un impact sur les espèces d'éponges dans le récif (Boutiller <i>et al.</i> 2013).</p> <p>La mortalité aiguë peut survenir lorsque les éponges sont recouvertes et étouffées par une grande quantité de sédiments.</p> <p>Les cotes d'exposition indiquent des estimations des variables des interactions avec le fond de cette pêche qui se déroule 1,5 % de l'année.</p>	<p>Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008).</p> <p>D'après les données sur la pêche à la goberge en mer de Béring, les bourrelets des chaluts pélagiques entrent souvent en contact avec le fond marin pendant jusqu'à 85 % de la durée du trait.</p> <p>L'incertitude est due au manque de connaissances sur le degré d'interaction de cette pêche avec le fond marin dans cette zone, la quantité de sédiments en suspension et les changements futurs de la fréquence (niveau de l'impact).</p>	<p>Relevés visuels; Nécessite quelques données de base; Remarque : en raison du manque de données, de la nature imprévisible du facteur de stress et de la difficulté de déterminer la source ou la cause des sédiments, cet indicateur doit être utilisé conjointement avec des indicateurs des facteurs de stress et avec prudence.</p>

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
État de la population	Santé de la colonie	% d'éponges hermatypiques dans un récif montrant des signes visibles de stress/maladie/étouffement (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance).	<p>L'impact n'est pas nécessairement localisé.</p> <p>Un engin de chalutage qui entre en contact avec des sédiments benthiques peut temporairement remettre en suspension les sédiments du fond marin (Leys 2013) et avoir des répercussions sur les espèces d'éponges dans le récif (Boutiller <i>et al.</i> 2013).</p> <p>La mortalité aiguë peut survenir lorsque les éponges sont recouvertes et étouffées par une grande quantité de sédiments.</p>	<p>Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008).</p> <p>D'après les données sur la pêche à la goberge en mer de Béring, les bourrelets des chaluts pélagiques entrent souvent en contact avec le fond marin pendant jusqu'à 85 % de la durée du trait.</p> <p>L'incertitude est due au manque de connaissances sur le degré d'interaction de cette pêche avec le fond marin dans cette zone, la quantité de sédiments en suspension et les changements futurs de la fréquence (niveau de l'impact).</p>	<p>Relevés visuels et activités d'échantillonnage</p> <p>Nécessite certains renseignements de base</p> <p>Il sera difficile de faire le lien entre un impact accidentel et le chalut pélagique.</p>

**Chalut pélagique → Enlèvement de matières biologiques**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
Taille de la population	Quantité (étendue aréale) de cicatrices découlant de l'enlèvement d'habitat; biomasse des éponges enlevées (données sur les prises accessoires)	Taille de la cicatrice (m <sup>2</sup> ); changement de l'étendue aréale de l'espèce; biomasse des éponges enlevées	Les chaluts pélagiques touchent le fond et peuvent alors endommager des écosystèmes fragiles sur le trajet d'un seul chalut de fond, 1 à 8 % des coraux et 20 à 70 % des éponges peuvent être enlevés (MPO 2010A). Si la pêche au chalut pélagique est à nouveau autorisée dans la ZVGA (au-dessus de la ZPC), les interactions de cette pêche avec le fond entraîneraient l'enlèvement localisé et la mortalité de cette CIE des éponges dans la ZPC. Même des interactions peu fréquentes avec le fond dans les récifs pourraient causer l'enlèvement et la mortalité d'une quantité importante d'éponges.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). D'après les données sur la pêche à la goberge en mer de Béring, les bourrelets des chaluts pélagiques entrent souvent en contact avec le fond marin pendant jusqu'à 85 % de la durée du trait. L'incertitude est due au manque de connaissances sur le degré d'interaction de cette pêche avec le fond marin dans cette zone, la quantité de sédiments en suspension et les changements futurs de la fréquence (niveau de l'impact).	Données sur les prises accessoires; relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
État de la population	Structure des communautés	Diversité des espèces associées	Les effets chroniques potentiels sur le reste de la population d'éponges de l'enlèvement des éponges de la population peuvent résulter de changements dans le débit d'eau local autour des éponges, de la perte de soutien structurel, de l'ouverture potentielle à la maladie et de la perte des surfaces d'établissement larvaire.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). D'après les données sur la pêche à la goberge en mer de Béring, les bourrelets des chaluts pélagiques entrent souvent en contact avec le fond marin pendant jusqu'à 85 % de la durée du trait. L'incertitude est due au manque de connaissances sur le degré d'interaction de cette pêche avec le fond marin dans cette zone, la quantité de sédiments en suspension et les changements futurs de la fréquence (niveau de l'impact).	Données sur les prises accessoires; relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.

**Chalutage pélagique → Perturbation du substrat (tassement)**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
Taille de la population	Abondance (relative) de colonies affichant des signes visibles de tassement	Proportion des colonies échantillonnées (relevé visuel; %) dans une zone donnée montrant des signes de tassement	Les chaluts pélagiques peuvent toucher le fond (Donaldson, 2010) et écraser les éponges; même un contact occasionnel avec le fond marin peut endommager les écosystèmes fragiles tels que ceux contenant des coraux et des éponges (Donaldson <i>et al.</i> , 2010). Sur le trajet d'un seul chalut de fond, 1 à 8 % des coraux et 20 à 70 % des éponges peuvent être enlevés, et la plupart de ceux qui restent peuvent être endommagés (par exemple, écrasés, renversés, parties coupées) (MPO 2010A).	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). D'après les données sur la pêche à la goberge en mer de Béring, les bourrelets des chaluts pélagiques entrent souvent en contact avec le fond marin pendant jusqu'à 85 % de la durée du trait. L'incertitude est due au manque de connaissances sur le degré d'interaction de cette pêche avec le fond marin dans cette zone, la quantité de sédiments en suspension et les changements futurs de la fréquence (niveau de l'impact).	Relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.
État de la population	Santé de la colonie	% d'éponges hermatypiques dans un récif montrant des signes visibles de stress/maladie/tassement (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance).	Les chaluts pélagiques peuvent toucher le fond et y écraser les éponges. Même des interactions peu fréquentes avec les récifs d'éponges pourraient avoir des effets chroniques à long terme sur cette CIE de récif d'éponges fragile, lente à récupérer.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). D'après les données sur la pêche à la goberge en mer de Béring, les bourrelets des chaluts pélagiques entrent	Relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
				souvent en contact avec le fond marin pendant jusqu'à 85 % de la durée du trait. L'incertitude est due au manque de connaissances sur le degré d'interaction de cette pêche avec le fond marin dans cette zone, la quantité de sédiments en suspension et les changements futurs de la fréquence (niveau de l'impact).	

**Chalutage par le fond → Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)**

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
État de la population	Abondance des colonies montrant des signes d'étouffement (santé et étouffement visible)	% de la population montrant des signes visibles de stress/maladie (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance. La succession des communautés dans le débit hydrothermal changeant peut brouiller les résultats de cet indicateur)	Les apports de sédiments dérivant dans la zone des éponges à partir de zones chalutées en bordure du récif pourraient avoir des effets chroniques sur la population en raison de la réduction de l'alimentation et de l'encrassement des éponges. Le chalut de fond, qu'il soit proche ou éloigné (selon les courants de fond) des récifs d'éponge, peut perturber l'équilibre naturel des récifs avec des sédiments qui ont des effets nocifs sur la croissance des récifs (Leys <i>et al.</i> 2011). Un excès de sédiments peut également ensevelir les éponges et nuire à une nouvelle installation (Leys <i>et al.</i> 2011). Chez les démosponges, l'étouffement à long terme par les sédiments entraîne une augmentation de la respiration, une diminution de la	Les récifs ont été cartographiés et des données vidéo existent. Il existe des données sur les zones et la fréquence de chalutage de fond (indicateurs d'activité).	Relevés visuels et activités d'échantillonnage Nécessite certains renseignements de base

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			<p>consommation d'oxygène et une réduction de la capacité de reproduction et du poids corporel, la mort survenant dans les 3 à 6 mois (Leys 2013). Chez les éponges siliceuses (hexactinellides) <i>A. vastus</i>, aucune expérience n'a testé les effets à long terme de l'étouffement par les sédiments, mais la présence continue de &gt;15-35 mg/L de sédiments (taille des grains &lt;25 µm) entraîne l'arrêt complet de l'activité de pompage et de filtration des éponges siliceuses. Une exposition de plus de 40 minutes à 15-35 mg/L de sédiments provoque l'obstruction des tissus d'alimentation des éponges. L'obstruction par les sédiments réduit la filtration chez l'éponge siliceuse de récif de 50 à 80 % par rapport aux niveaux normaux (Leys 2013).</p> <p>Une alimentation réduite pendant le courant ambiant maximum priverait les éponges des récifs des 2/3 de leur apport alimentaire quotidien, compromettant ainsi leur croissance et leur capacité de reproduction future (Leys 2013). Si le pompage s'arrête pendant plus de 3 heures en raison d'un apport continu de sédiments, l'éponge risque de mourir de faim et/ou de faim par manque de nutriments et/ou d'oxygène (Leys <i>et al.</i> 2011). Une autre étude montre un recrutement plus faible d'éponges sur les panneaux exposés aux dépôts de sédiments (Maughan 2001).</p>		

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			<p>Lorsqu'on considère la proportion potentielle de la population qui pourrait souffrir des effets chroniques de la remise en suspension des sédiments, on considère que les sédiments ne sont transportés dans la zone des éponges qu'à partir de la ZGA où le chalutage peut être autorisé en vertu du règlement sur la ZPM. Étant donné que trois zones récifales distinctes composent la ZPM du récif d'éponges, dans le pire scénario du chalutage à proximité de la ZPC, le pourcentage de changement chronique pourrait être faible. Pour cette interaction entre les facteurs de stress et l'activité, il serait important d'avoir des connaissances sur la densité de population des éponges aux abords des récifs, car elles peuvent être des zones en expansion active, étant donné la façon dont la croissance se produit (K. Conway, communication personnelle, dans Hannah <i>et al.</i> 2019).</p>		

Rejet → Hydrocarbures/polluants

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de la population	Abondance de colonies avec des dommages visibles/mortalité (proportion)	Couverture géographique des habitats, changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement. Pourrait inclure le biote associé.	Les filtreurs sessiles sont sensibles aux composantes biotiques et abiotiques de leur environnement, la population de cette CIE d'éponge devrait être sensible et affectée par des facteurs de stress environnementaux tels que les hydrocarbures et les contaminants (Zahn <i>et al.</i> 1981). Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), même à de faibles concentrations, peuvent avoir un effet délétère sur le biote marin et les éponges peuvent accumuler des contaminants tels que les radionucléides, les métaux lourds et les BPC (Batista <i>et al.</i> 2013). Les rejets chroniques d'hydrocarbures et de contaminants par les navires ne devraient pas causer de mortalité immédiate de la population de cette espèce d'éponges. Yunker <i>et al.</i> (2014) ont émis l'hypothèse que la faible teneur en hydrocarbures pourrait signifier que le biote de ces régions serait plus sensible à un déversement d'hydrocarbures.	Certaines données sont disponibles sur les rejets dans la région, mais elles sont limitées. Deux études suggèrent qu'il n'y a que de faibles niveaux dans la région : l'échantillonnage des sédiments dans le détroit d'Hécate indique de faibles concentrations d'hydrocarbures (Yunker <i>et al.</i> , 2014) et les relevés aériens indiquent de faibles niveaux de rejets chroniques d'hydrocarbures par les navires dans les zones de récifs spongieux (Bertazzon <i>et al.</i> , 2014). Des données de référence sont nécessaires pour faire des comparaisons.	Les effets des hydrocarbures sur ces organismes sont discutés dans la documentation, et l'utilisation de plusieurs indicateurs différents est recommandée. Relevés visuels. Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE.
État de la population	Abondance des changements d'état de la population/effets sublétaux	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement. Pourrait inclure le biote associé.	Bien qu'il n'existe aucune étude sur les effets des hydrocarbures/contaminants sur les éponges siliceuses, des effets chroniques à long terme sont possibles, car les éponges benthiques sessiles filtreuses sont sensibles à la pollution par les hydrocarbures (Zahn <i>et al.</i> 1981). Parmi les effets sublétaux	Certaines données sont disponibles sur les rejets dans la région, mais elles sont limitées. Deux études suggèrent qu'il n'y a que de faibles niveaux dans la région : l'échantillonnage des sédiments dans le détroit d'Hécate indique de faibles	Les effets des hydrocarbures sur ces organismes sont discutés dans la documentation, et l'utilisation de plusieurs indicateurs différents est recommandée.

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			<p>de l'exposition aux hydrocarbures pétroliers, mentionnons : la détérioration des mécanismes d'alimentation, les taux de croissance, les taux de développement, l'énergétique, l'efficacité de la reproduction, les taux de recrutement et la sensibilité accrue aux maladies (Capuzzo 1987). Des recherches non publiées indiquent des effets néfastes sur les tissus de démosponges et des changements génétiques lorsqu'elles sont exposées à des traces d'hydrocarbures et d'agents dispersants (D<sup>r</sup> Jose Lopez, comm. pers. dans Hannah <i>et al.</i> 2019). Les contaminants peuvent agir comme irritants, déclenchant la contraction et l'arrêt de l'alimentation chez les éponges (p. ex. la glycine et le glutamate, qui sont des stimulants chimiques) (Leys 2013). Comme les éponges filtrent de grands volumes d'eau, elles peuvent subir une absorption élevée ou accumuler des polluants comme les radionucléides, les métaux lourds et les BPC (Batista <i>et al.</i> 2013) et les métaux (Negri <i>et al.</i> 2006). Un des effets de l'exposition aux toxines peut être un taux accru de spicules anormaux et déformés (Konnecker 2002). Toutefois, des études indiquent actuellement de faibles niveaux d'hydrocarbures et de rejets d'hydrocarbures dans la région (échantillonnage des sédiments dans le détroit d'Hécate [Yunker <i>et al.</i> 2014] et des relevés aériens des rejets</p>	<p>concentrations d'hydrocarbures (Yunker <i>et al.</i>, 2014) et les relevés aériens indiquent de faibles niveaux de rejets chroniques d'hydrocarbures par les navires dans les zones de récifs spongieux (Bertazzon <i>et al.</i>, 2014). Des données de référence sont nécessaires pour faire des comparaisons.</p>	<p>Relevés visuels. Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE.</p>

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			d'hydrocarbures [Bertazzon <i>et al.</i> 2014]), on s'attend donc à ce que les rejets chroniques d'hydrocarbures/contaminants affectent moins de 10 % de la population de cette CIE d'éponge.		

#### Déversement d'hydrocarbures → Hydrocarbures/contaminants

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de la population	Abondance de colonies avec des dommages visibles/mortalité	Proportion de la population échantillonnée (%) touchée Perte de tissu, recouvert d'une matière floconneuse brune (floc),	<p>Un déversement catastrophique d'hydrocarbures à la suite d'un accident de navire pourrait causer la mort immédiate d'une grande partie de la population d'éponges s'il parvenait à atteindre le benthos depuis la surface.</p> <p>Les effets aigus de l'interaction des hydrocarbures avec cette espèce seraient probablement le résultat d'un étouffement ou d'un impact toxique relativement rapide (Shigenaka 2011).</p> <p>Les réponses biologiques peuvent aller de mortalités immédiates dues à l'étouffement et aux effets toxiques aigus des fractions d'hydrocarbures pétroliers légers à des altérations à long terme et sublétales de la physiologie, de la fécondité et de la structure communautaire dues à une pollution chronique mais de faible niveau par les hydrocarbures (Samiullah 1985). Les effets mortels et sublétaux comprennent la mortalité individuelle, des modifications du recrutement, de la croissance et de la</p>	<p>Il existe de nombreuses études sur les impacts négatifs des hydrocarbures sur une aire de répartition d'organismes marins, mais très peu sur les éponges.</p> <p>Aucun cas connu de déversement d'hydrocarbures à proximité de la ZPM DH-BRC. Des données de référence sont nécessaires pour faire des comparaisons.</p>	<p>Les effets des hydrocarbures sur ces organismes sont discutés dans la documentation, et l'utilisation de plusieurs indicateurs différents est recommandée</p> <p>Relevés visuels</p> <p>Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE.</p>

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			<p>reproduction de la population, ainsi que des changements dans la structure communautaire. Il existe de nombreuses études sur les impacts négatifs des hydrocarbures sur une aire de répartition d'organismes marins, mais très peu sur les éponges.</p> <p>Les communautés d'invertébrés réagissent de la même manière à une grave pollution chronique par les hydrocarbures et/ou à une pollution catastrophique aiguë par les hydrocarbures, d'abord par une mortalité massive (Suchanek 1993). Les hydrocarbures peuvent modifier les taux métabolique et d'alimentation des organismes benthiques (Elmgren <i>et al.</i> 1983; Gómez Gesteira et Dauvin 2000; US Fish et Wildlife Service 2004). Le contact avec des hydrocarbures pétroliers peut endommager les tissus des organes respiratoires (p. ex. organes de filtration, branchies), ce qui entraîne une mortalité accrue (Patin 1999). Certains hydrocarbures pétroliers peuvent induire des effets mutagènes (dommages génétiques) et cancérigènes chez les organismes marins, ce qui entraîne également une mortalité accrue (Patin 1999).</p>		

État de la population	Abondance d'organismes affichant des symptômes de stress	% de couverture de la zone stressée en tant que proportion de l'abondance globale (étendue) Échantillonnage par extraction et analyse Mesures de la diversité (diversité alpha et bêta); modification de la diversité génétique	Un déversement d'hydrocarbures pourrait avoir de graves effets à long terme sur la condition physique de cette espèce d'éponge. Certains d'entre eux sont décrits à la section sur les changements aigus. Les effets sublétaux comprennent la mortalité individuelle, des modifications du recrutement, de la croissance et de la reproduction de la population, ainsi que des changements dans la structure communautaire. Il existe de nombreuses études sur les impacts négatifs des hydrocarbures sur une aire de répartition d'organismes marins, mais très peu sur les éponges. Les hydrocarbures peuvent modifier les taux métabolique et d'alimentation des organismes benthiques (Elmgren <i>et al.</i> 1983; Gómez Gesteira et Davin, 2000; US Fish et Wildlife Service, 2004). Les effets sublétaux des hydrocarbures sur les invertébrés comprennent des effets physiologiques, cancérigènes et cytogénétiques; au niveau de la population, il y a des changements dans l'abondance, la structure par âge, la structure génétique de la population, la reproduction et un potentiel de recrutement réduit (Suchanek 1993). La source de nourriture bactérienne de cette espèce d'éponge pourrait être affectée, car la chimioréception bactérienne peut être inhibée à de faibles concentrations d'exposition aux hydrocarbures pétroliers (Zahn <i>et al.</i> 1981). Les éponges accumulent probablement des hydrocarbures et les		Relevés visuels. Données de référence préférables. Un certain échantillonnage ciblé pourrait être nécessaire. Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE. La santé du biote récifal associé pourrait aider à éclairer l'indicateur.
-----------------------	--	--	--	--	--

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			concentrations dans une espèce d'éponge testée ( <i>Tethya lyncurium</i> ) étaient 40 fois supérieures à la concentration externe (Zahn <i>et al.</i> 1981).		

Tableau H.2. Indicateurs d'interaction CIE/facteurs de stress pour le sébaste bocace. Justifications des interactions résumées d'après Hannah *et al.* (2019).

**Chalut pélagique → Enlèvement de matières biologiques**

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de la population	Abondance et densité de la population	Dénombrement/ distribution de fréquences de taille	La mortalité des sébastes capturés et relâchés est très élevée en raison d'un barotraumatisme (expansion de la vessie natatoire).	Les données sur les prises du MPO (2007-2013) indiquent que le sébaste bocace a été régulièrement capturé dans la pêche au chalut pélagique du merlu du Pacifique, tant dans la ZGA que directement au-dessus des récifs (dans la ZVGA); les données sur les prises sont disponibles; Manque de données sur l'étendue et la nature de la population de sébaste bocace dans la zone du récif d'éponges (il est donc difficile d'estimer la population)	Relevé visuel; Techniques d'évaluation du stock; Données sur les prises

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
État de la population	Biomasse	Biomasse des organismes prélevés	<p>Dans la baie Puget, les pratiques de pêche ont été un facteur majeur affectant l'abondance et la structure de taille des populations de sébaste et les populations de sébaste bocace dans cette zone ont été surexploitées au point que cette espèce n'a pas été observée du tout entre 2001-2008 (NMFS 2008). Les données sur les prises du MPO (2007-2013) indiquent que le sébaste bocace est régulièrement capturé dans la pêche au chalut pélagique du merlu du Pacifique, tant dans la zone de gestion adaptative (ZGA) que directement au-dessus des récifs (dans la ZVGA), avec une moyenne de 15,3 chalutages pélagiques/an dans la ZVGA et la ZGA entre 2007 et 2013. Le bocace a été régulièrement signalé dans les prises de cette pêche entre 2007 et 2013.</p> <p>Ce prélèvement régulier de sébaste bocace de la population par le chalutage pélagique autour des récifs d'éponges pourrait avoir des effets sublétaux sur la population de sébaste bocace.</p> <p>En tant qu'espèce menacée, il se peut que la population soit petite, auquel cas les prélèvements pourraient avoir des répercussions considérables sur la structure et la santé de la population restante; chez ces espèces à vie longue, le rétablissement de la population nécessite beaucoup de</p>	Le manque de données sur la composition de la population de sébaste bocace associée aux récifs d'éponges rend difficile l'estimation des impacts sur la population; il y a aussi un manque de connaissances sur les changements futurs de la fréquence de pêche. On sait peu de choses sur l'étendue ou la nature de la population de cette espèce sur les récifs d'éponges.	Relevé visuel; Techniques d'évaluation du stock; Données sur les prises

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			<p>temps une fois les populations à un faible niveau.</p> <p>Le sébaste bocace a un recrutement épisodique variable, la norme étant de nombreuses années de recrutement raté (Tolimieri et Levin 2005), il est donc important que la structure d'âge soit diversifiée.</p>		

#### Chalut pélagique → Collisions

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de la population	Aucun indicateur actuel ne permet de mesurer de façon appropriée cet facteur de stress. Les incidents de collision entre des engins et des espèces mobiles pourraient faire l'objet d'un examen plus poussé et sont étudiés ici.	Nombre d'incidents au cours desquels des sébastes sont frappés par le chalut	Les sébastes bocaces non capturés pourraient être touchés par l'engin de chalutage pélagique en cours d'exploitation et en mourir.	On dispose de très peu d'information sur le taux de collision actuel ou sur les impacts sur le sébaste bocace et le poisson en général. Certaines données peuvent être fournies par les caméras des engins de chalutage.	Pas recommandé pour le moment. Le coût de l'effort ne fournira pas d'information définitive et utile sur cette interaction.

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
État de la population	Aucun indicateur actuel ne permet de mesurer de façon appropriée cet facteur de stress. Les incidents de collision entre des engins et des espèces mobiles pourraient faire l'objet d'un examen plus poussé.	Nombre d'incidents au cours desquels des sébastes sont frappés par le chalut	Les sébastes bocaces non capturés pourraient être touchés par l'engin de chalutage pélagique en cours d'exploitation et subir des effets sublétaux, principalement des blessures.	On dispose de très peu d'information sur le taux de collision actuel ou sur les impacts sur le sébaste bocace et le poisson en général. Certaines données peuvent être fournies par les caméras des engins de chalutage.	Pas recommandé pour le moment. Le coût de l'effort ne fournira pas d'information définitive et utile sur cette interaction.

**Chalutage par le fond → Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)**

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
État de la population	Changement de l'état/effets sublétaux de l'étouffement sur les sébastes bocaces en tant que proportion de la population présente sur les récifs	Coefficient de condition, k (p. ex. poids/longueur, âge, contenu de l'estomac, présence de maladies ou d'espèces envahissantes, charge parasitaire).	Des niveaux élevés de sédiments (par rapport aux niveaux naturels) peuvent nuire aux poissons par des effets sublétaux, compromettant leur bien-être et leur survie (Birtwell 1999). Des données de pêche récentes indiquent qu'il y a environ 11 chaluts de fond par an dans la zone de gestion adaptative (ZGA), bien que la fréquence des chaluts puisse changer, de sorte que les sédiments en suspension dans les chaluts de fond en dehors de la zone récifale et se déplaçant dans l'habitat des récifs spongieux devraient être relativement peu nombreux.	Il existe des données sur les zones et la fréquence de chalutage de fond (indicateurs d'activité). Aucun impact documenté des sédiments sur le sébaste bocace dans la ZPM DH-BRC.	Relevé visuel; Techniques d'évaluation du stock; Données sur les prises. Données de référence préférables.

Déversement d'hydrocarbures → Hydrocarbures/contaminants

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de la population	Abondance	Distribution de fréquences de taille	<p>Le pétrole a le potentiel d'influer sur le succès du frai, car les œufs et les larves de nombreuses espèces de poissons, dont le saumon, sont très sensibles aux produits chimiques pétroliers. Les invertébrés peuvent également souffrir d'étouffement. Le pétrole brut et les sous-produits du pétrole altéré sont très toxiques pour les œufs de poisson et les larves (Incardona <i>et al.</i> 2004). La contamination par le pétrole peut entraîner une mortalité accrue des œufs et des larves, même à de faibles concentrations (Carls 1987; McGurk et Brown 1996). L'exposition au pétrole et aux sous-produits pétroliers entraîne également une série d'effets sublétaux sur les œufs et les larves, notamment l'éclosion prématurée (Carls <i>et al.</i> 1999), des malformations morphologiques (Hose <i>et al.</i> 1996; Norcross <i>et al.</i> 1996) et des dommages génétiques (Norcross <i>et al.</i> 1996).</p> <p>Les taux de mortalité des larves malformées, prématurées ou à croissance lente sont probablement extrêmement élevés (Carls <i>et al.</i> 1999; Rice <i>et al.</i> 1993).</p> <p>Le sébaste démersal est la seule espèce de poisson qui a été trouvée morte en grand nombre après un déversement majeur d'hydrocarbures, mais le lien entre l'exposition aux hydrocarbures et leurs effets n'a pas été</p>	Nécessite des données de base. Les données sur les prises peuvent aider à éclairer ce point.	Nécessite des données de base sur les populations; Les relevés visuels (engins sous-marins), les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			bien établi. (Marty <i>et al.</i> 2003).		
	Densité de la population	Structure par âge et par taille, nombre par secteur	Les hydrocarbures peuvent persister dans les habitats longtemps après un déversement, en particulier dans les zones abritées des intempéries (Elmgren <i>et al.</i> 1983). L'exposition aux hydrocarbures et aux contaminants associés peut avoir une série d'effets chroniques touchant l'alimentation, la migration, la reproduction et causant une cancérogenèse accrue (Zahn 1981). Il peut également y avoir un certain nombre d'effets sublétaux sur les œufs et les larves de poissons, comme l'éclosion prématurée (Carls <i>et al.</i> 1999); les malformations (Hose <i>et al.</i> 1996; Norcross <i>et al.</i> 1996); une mortalité accrue (Carls 1987; McGurk et Brown 1996); et des dommages génétiques (Norcross <i>et al.</i> 1996). De faibles niveaux d'hydrocarbures pétroliers dissous peuvent également ralentir la croissance des larves et affecter les comportements de nage et d'alimentation (Tilseth <i>et al.</i> 1984). Les taux de mortalité des larves malformées, prématurées ou à croissance lente sont probablement élevés (Carls <i>et al.</i> 1999; Rice <i>et al.</i> 1993).	Aucun cas connu de déversement d'hydrocarbures à proximité de la ZPM EHE. Des données de référence sont nécessaires pour faire des comparaisons.	Nécessite des données de base sur les populations; Les relevés visuels (VT), les techniques d'évaluation des stocks et les données sur les prises aideront à documenter ceci.

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
État de la population	Changement de l'état/ effets sublétaux	Présence de la maladie, modification de la structure par âge et par taille	Les hydrocarbures peuvent persister dans les habitats longtemps après un déversement, en particulier dans les zones abritées des intempéries (Elmgren <i>et al.</i> 1983). L'exposition aux hydrocarbures et aux contaminants associés peut avoir une série d'effets chroniques touchant l'alimentation, la migration, la reproduction et causant une cancérogenèse accrue (Zahn 1981). Il peut également y avoir un certain nombre d'effets sublétaux sur les œufs et les larves de poissons, comme l'éclosion prématurée (Carls <i>et al.</i> 1999); les malformations (Hose <i>et al.</i> 1996; Norcross <i>et al.</i> 1996); une mortalité accrue (Carls 1987; McGurk et Brown 1996); et des dommages génétiques (Norcross <i>et al.</i> 1996). De faibles niveaux d'hydrocarbures pétroliers dissous peuvent également ralentir la croissance des larves et affecter les comportements de nage et d'alimentation (Tilseth <i>et al.</i> 1984). Les taux de mortalité des larves malformées, prématurées ou à croissance lente sont probablement élevés (Carls <i>et al.</i> 1999; Rice <i>et al.</i> 1993).	Aucun cas connu de déversement d'hydrocarbures à proximité de la ZPM EHE. Des données de référence sont nécessaires pour faire des comparaisons.	Nécessite des données de base sur les populations.

Tableau H.3. Indicateurs d'interaction CIE/facteurs de stress pour les jardins d'éponges (éponges siliceuses ahermatypiques et démosponges). Justifications des interactions résumées d'après Hannah et al. (2019).

**Chalutage pélagique → Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)**

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de l'habitat	Changement dans l'abondance/étendue aréale	Proportion (%) de l'habitat/m <sup>2</sup>	Les sédiments en suspension peuvent étouffer les organismes ou remplacer les substrats durs autrefois colonisés par des particules molles. L'enfouissement par des sédiments pourrait entraîner la perte d'une partie de cet habitat.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent.	Relevés visuels Nécessite certains renseignements de base Il faudra établir un lien avec l'indicateur d'acteur de stress, le moment de l'activité et les changements dans l'environnement.
État de l'habitat	Abondance (étendue aréale) d'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement; structure des communautés	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement. (Remarque : devrait être utilisé en combinaison avec d'autres indicateurs et la surveillance.)	Les sédiments pourraient avoir des répercussions sur l'état et la perte de la capacité de production de l'habitat des jardins d'éponges par étouffement en surface.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent.	Relevés visuels et activités d'échantillonnage. Nécessite certains renseignements de base

**Chalut pélagique → Enlèvement de matières biologiques**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
Taille de l'habitat	Abondance (étendue aréale) de cicatrices découlant de l'enlèvement d'habitat; biomasse des éponges enlevées (données sur les prises accessoires)	Taille de la cicatrice (m <sup>2</sup> ); biomasse du squelette enlevé	Des parties de l'habitat des jardins d'éponges peuvent être enlevées quand et si les chaluts pélagiques touchent le fond. Une étude a indiqué que sur son trajet, un seul chalut de fond peut enlever 20 à 70 % des éponges (MPO 2010A). Même des interactions peu fréquentes avec le fond marin pourraient causer une abondance importante d'enlèvement et de mortalité chez les éponges.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent.	Données sur les prises accessoires; relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.
État de l'habitat	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitat montrant des signes visibles de piètre état ou de tassement; richesse en espèces et diversité des organismes associés avec l'habitat	Proportion de la population échantillonnée (%) touchée Perte de tissu	Des parties de l'habitat des jardins d'éponges peuvent être enlevées quand et si les chaluts pélagiques touchent le fond. Même des interactions peu fréquentes avec le fond marin pourraient causer une quantité importante d'enlèvement d'éponges, car une étude indique qu'un seul chalut de fond peut enlever 20 à 70 % des éponges et endommager une grande partie de ce qui reste (DF0, 2010). L'enlèvement de matière biologique de l'habitat pourrait avoir une incidence sur l'intégrité structurale, l'état et la capacité de production de l'habitat restant.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent.	Données sur les prises accessoires; relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.

**Chalutage pélagique → Perturbation du substrat (tassement)**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
Taille de l'habitat	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes de tassement	Proportion des colonies échantillonnées (relevé visuel; %) dans une zone donnée montrant des signes de tassement	Cette pêche a été autorisée au-dessus de la ZPC (dans la ZVGA) avant la désignation de la ZPM et pourrait être autorisée de nouveau. Le type de pêche peut toucher le fond, ce qui risque d'écraser et de réduire la superficie de l'habitat du jardin d'éponges. Même un contact occasionnel avec le fond marin peut endommager les éponges fragiles; des études indiquent que 20 à 70 % des éponges peuvent être retirées sur la trajectoire d'un chalut de fond et que la plupart de celles qui restent sont endommagées (MPO 2010A).	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent.	Relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.
État de l'habitat	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitat montrant des signes visibles de piètre état ou de tassement; richesse en espèces et diversité des organismes associés avec l'habitat	Proportion de la population échantillonnée (%) touchée Perte de tissu	Même des interactions peu fréquentes avec les récifs d'éponges pourraient avoir des effets chroniques sur l'habitat fragile des jardins d'éponges et avoir un impact sur la solidité structurale, l'état et la capacité de production.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent.	Relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.

**Chalutage par le fond → Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
État de l'habitat	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes d'étouffement/stress	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement. Pourrait inclure le biote associé.	Les sédiments qui se déposent sur l'habitat des jardins d'éponges pourraient réduire la superficie productive de l'habitat par étouffement.	Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent. Quelques données de référence sont disponibles.	Relevés visuels et activités d'échantillonnage. Nécessite certains renseignements de base.

**Rejet → Hydrocarbures/polluants**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
État de l'habitat	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitat montrant des signes visibles de piètre état ou d'étouffement; richesse en espèces et diversité des organismes associés avec l'habitat	Proportion de la population échantillonnée (%) touchée Perte de tissu, recouvert d'une matière floconneuse brune (floc)	Cet facteur de stress n'aurait pas d'incidence sur la solidité structurale de l'habitat des éponges de jardin, mais pourrait nuire à l'état et à la capacité de production par étouffement/recouvrement de la surface de l'habitat ou par contamination.	Manque de données sur les impacts du pétrole sur les habitats des éponges. Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent. Quelques données de référence sont disponibles.	Relevés visuels. Données de référence préférables. Un certain échantillonnage ciblé pourrait être nécessaire. Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE. La santé du biote récifal associé pourrait aider à éclairer l'indicateur.

**Déversement d'hydrocarbures → Hydrocarbures/contaminants**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
Taille de la population	Abondance	Couverture du surface des habitats	Un déversement catastrophique d'hydrocarbures à la suite d'un accident de navire pourrait entraîner une perte importante dans la zone de l'habitat des jardins d'éponges	Manque de données sur les impacts du pétrole sur les habitats des éponges. Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent. Quelques données de référence sont disponibles.	Nécessite des données de base sur les populations. Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
			par étouffement et contamination.		entre les hydrocarbures et les CIE Relevés visuels.
État de la population	Richesse des espèces/présence de maladie/stress	Mesures de la diversité (diversité alpha et bêta).	Peut avoir un impact sur une espèce au sein de la communauté, et pas sur d'autres, ayant un impact indirect sur la CIE.	Quelques données disponibles dans la documentation. Manque de données sur les impacts du pétrole sur les habitats des éponges. Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des données vidéo existent. Quelques données de référence sont disponibles.	Nécessite des données de base sur les populations. Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE Relevés visuels.

Tableau H.4. Indicateurs d'interaction CIE/facteurs de stress pour la matrice de squelettes d'éponges siliceuses (et matériaux qu'elle renferme). Justifications des interactions résumées d'après Hannah *et al.* (2019).

**Chalutage pélagique → Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)**

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de l'habitat	Abondance (étendue aréale)	Proportion (%) d'habitat montrant des signes de stress ou d'étouffement; structure des communautés	Cet facteur de stress pourrait entraîner la perte d'une partie de l'habitat du squelette du récif d'éponges par l'enfouissement du squelette.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des relevés vidéo existent. Bien que le chalutage ne soit pas actuellement permis dans les limites de la ZPM, l'emplacement des chaluts sera connu lorsqu'il y en aura.	Principalement des relevés vidéo. Des données de référence sont nécessaires pour cette mesure.
État de l'habitat	Signes d'étouffement	Proportion (%) de l'habitat montrant des signes visibles d'étouffement ou de remise en suspension des sédiments. Le biote associé peut également contribuer à cet indicateur.	Les chaluts pélagiques peuvent toucher le fond (Donaldson <i>et al.</i> 2010) où ils peuvent remettre temporairement en suspension les sédiments marins comme dans un chalut de fond (Leys 2013). Les sédiments pourraient avoir des répercussions sur l'état et la perte de la capacité de production de l'habitat du squelette du récif d'éponges par étouffement en surface ou enfouissement partiel du squelette dans le pire des cas. Bien que l'exposition indique un faible niveau de chalutage pélagique, il existe des inconnues importantes quant à la	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008). Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des relevés vidéo existent.	Principalement des relevés vidéo. Des données de référence sont nécessaires pour cette mesure.

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			proportion de la durée pendant laquelle ces chaluts touchent le fond.		

#### Chalut pélagique → Enlèvement de matières biologiques

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de l'habitat	Abondance (étendue aréale) de cicatrices découlant de l'enlèvement d'habitat; biomasse/type des matières enlevées (données sur les prises accessoires)	Taille de la cicatrice (m <sup>2</sup> ); biomasse du squelette d'éponge enlevé	Des parties du squelette des éponges siliceuses peuvent être enlevées si les chaluts pélagiques touchent le fond. Une étude a indiqué que sur son trajet, un seul chalut de fond peut enlever 20 à 70 % des éponges (MPO 2010A) et on s'attendrait également à l'enlèvement de l'habitat du squelette d'éponges, réduisant la superficie de l'habitat.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008).  Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des relevés vidéo existent.	Données sur les prises accessoires; relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.
État de l'habitat	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes de tassement/d'enlèvement	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de tassement/d'enlèvement.	Des parties du squelette des éponges siliceuses peuvent être enlevées lorsque les chaluts pélagiques touchent le fond. Une étude a indiqué que sur son trajet, un seul chalut de fond peut enlever 20 à 70 % des éponges (MPO 2010A). Des parties du squelette des éponges siliceuses peuvent être enlevées quand/si les chaluts pélagiques touchent le fond, ce qui pourrait réduire la solidité structurale, l'état et la capacité de production de cet habitat du reste de	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008).  Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des relevés vidéo existent.	Données sur les prises accessoires; relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			l'habitat du squelette du récif d'éponges.		

**Chalutage pélagique → Perturbation du substrat (tassement)**

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de l'habitat	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes de tassement	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de tassement.	Les chaluts pélagiques peuvent toucher le fond (Donaldson, 2010) et écraser l'habitat du squelette, entraînant une perte de surface. Même un contact occasionnel avec le fond marin pourrait endommager le squelette fragile et entraîner une perte irréversible de l'habitat. Une étude indique que 20 à 70 % des éponges peuvent être retirées sur la trajectoire d'un chalut de fond et que la plupart de celles qui restent sont endommagées (MPO 2010A).	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008).  Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des relevés vidéo existent.	Relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.
État de l'habitat	Abondance (étendue aréale) d'habitats montrant des signes de tassement	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes de tassement.	Même des interactions peu fréquentes avec les récifs d'éponges pourraient avoir des effets chroniques sur l'habitat du squelette fragile et avoir un impact sur la solidité structurale, l'état et la capacité de production.	Il n'existe pas de données sur l'impact des chaluts pélagiques lorsque l'engin entre en contact avec le fond marin pendant les pêches canadiennes (Fuller <i>et al.</i> 2008).  Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des relevés vidéo existent.	Relevé visuel; certaines données de référence sont nécessaires.

**Chalutage par le fond → Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
État de l'habitat	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitats montrant des signes d'étouffement	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes d'étouffement.	Les sédiments remis en suspension par le chalutage aux abords de la zone de récifs et la pénétration dans la zone des récifs d'éponges pourraient avoir des répercussions sur l'état et la perte de la capacité de production de l'habitat du squelette du récif d'éponges par étouffement en surface ou enfouissement partiel du squelette dans le pire des cas. Cela peut réduire la surface productive, ce qui peut réduire le tassement des nouvelles éponges, et le recrutement des éponges est plus faible sur les panneaux exposés aux dépôts sédimentaires (Maughan 2001).	On manque de données sur la quantité de sédiments qui atteignent la zone des récifs d'éponges à partir du chalutage de fond. Les impacts sur le squelette d'éponges sont inconnus, mais on suppose qu'ils réduisent la capacité fonctionnelle de cet habitat.	Relevés visuels. Données de référence préférables.

**Rejet → Hydrocarbures/polluants**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
État de l'habitat	Abondance (étendue aréale/proportion) d'habitats étouffés par la présence d'hydrocarbures ; persistance d'hydrocarbures dans l'habitat	Changement dans l'abondance/la proportion (%) de l'habitat montrant des signes d'étouffement.	Cet facteur de stress pourrait causer des changements dans l'état et la capacité de production en raison de l'étouffement/du recouvrement de la surface du squelette ou de la contamination des sédiments qui remplissent le squelette et créent un habitat de sédiments mous.	Aucune étude n'a examiné les impacts du pétrole sur le squelette des récifs d'éponges. Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des relevés vidéo existent.	Relevés visuels. Données de référence préférables.

**Déversement d'hydrocarbures → Hydrocarbures/contaminants**

	<b>Indicateur proposé</b>	<b>Composante mesurable de l'indicateur</b>	<b>Interaction</b>	<b>Données existantes</b>	<b>Collecte de données</b>
Taille de l'habitat	Abondance de l'habitat montrant des signes visibles d'étouffement par les hydrocarbures.	Nécessite des données de référence – proportion d'habitats étouffés au fil du temps.	Un déversement catastrophique d'hydrocarbures à la suite d'un accident de navire pourrait entraîner la perte de capacité de production d'une grande partie de l'habitat du squelette d'éponges en tant qu'habitat (étant donné que le pétrole a pu atteindre le benthos depuis la surface) par étouffement par le pétrole, tant de la structure que des sédiments contenus dans celle-ci.	Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des relevés vidéo existent. Aucune donnée de référence établie.	Relevés visuels. Données de référence essentielles.
État de l'habitat	Abondance de l'habitat montrant des signes visibles d'étouffement par les hydrocarbures.	Proportion de l'habitat montrant des signes visibles d'étouffement par les hydrocarbures; le biote associé pourrait également éclairer cette interaction	On ne sait pas si le contact avec des hydrocarbures ou des contaminants peut affecter la solidité structurale de l'habitat du squelette par le biais de la toxicité, mais les hydrocarbures pourraient potentiellement réduire l'état et la capacité de production du squelette en étouffant les effets et en recouvrant la structure et les sédiments qu'ils contiennent.	Les récifs d'éponges ont été cartographiés et des relevés vidéo existent. Aucune donnée de référence établie.	Relevés visuels. Données de référence à privilégier

Tableau H.5. Indicateurs d'interaction CIE/facteurs de stress pour la galathée (*Munida quadrispina*). Justifications des interactions résumées d'après Hannah et al. (2019)

**Chalutage par le fond → Perturbation du substrat (remise en suspension des sédiments)**

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
État de la population	Changement de l'état/effets sublétaux de l'étouffement sur <i>M. quadrispina</i> en tant que proportion de la population présente sur les récifs	Blessures visibles à l'organisme ou indicateurs comportementaux (p. ex. comportement alimentaire, réflexes). Évaluation des mâles par rapport aux femelles/juveniles (indiquant le recrutement)	Les sédiments peuvent affecter les invertébrés marins en les étouffant, en modifiant leur comportement, en limitant leur nourriture, en réduisant leur taux de croissance, leur recrutement et le succès de la fertilisation; ils peuvent aussi toucher les stades biologiques précoces en réduisant la survie et le peuplement des larves et en augmentant leur développement anormal et leur mortalité. Cependant, des études sur les crabes indiquent que souvent, ils ne sont pas affectés par l'augmentation de la sédimentation et qu'ils sont capables de s'éloigner des zones touchées. On s'attend à ce que les apports de sédiments dérivant dans l'habitat du galathée (récif d'éponges) depuis les zones chalutées en bordure du récif soient relativement faibles si cette pêche est autorisée de nouveau dans la ZPM. On s'attend à ce que la remise en suspension des sédiments (à partir du chalutage de fond à l'extérieur de la zone) ait le potentiel de causer des effets chroniques sur une faible proportion de la population de galathées.	Les données de référence sur la population de galathées n'ont pas encore été établies pour la ZPM DH-BRC. Certaines données pourraient être extraites de relevés vidéo existants.	Mesure couramment utilisée pour d'autres crustacés; Comparable d'un écosystème à l'autre; Quantitatif et reproductible à l'aide de relevés visuels; Appliqué auparavant aux galathées.

Déversement d'hydrocarbures → Hydrocarbures/contaminants

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
Taille de la population	Abondance	Dénombrement par unité de surface; Distribution de fréquences de taille	<p>Un déversement catastrophique d'hydrocarbures à la suite d'un accident de navire pourrait causer la mort immédiate d'une grande partie de la population de galathée s'il parvenait à atteindre une vaste surface du benthos.</p> <p>Les invertébrés réagissent de façon similaire à une grave pollution chronique par les hydrocarbures et/ou à une grave pollution catastrophique par les hydrocarbures, d'abord par une mortalité massive (Suchanek 1993).</p> <p>Les effets aigus de l'interaction des hydrocarbures avec cette espèce seraient probablement le résultat d'un étouffement ou d'un impact toxique relativement rapide (Shigenaka 2011).</p> <p>Les effets mortels et sublétaux comprennent la mortalité individuelle, des modifications du recrutement, de la croissance et de la reproduction de la population, ainsi que des changements dans la structure communautaire.</p> <p>Les hydrocarbures peuvent modifier les taux métabolique et d'alimentation des organismes benthiques (Elmgren <i>et al.</i> 1983; Gómez Gesteira et Dauvin 2000; US Fish et Wildlife Service 2004). Le contact avec des hydrocarbures</p>	<p>Les données de référence sur la population de galathées n'ont pas encore été établies pour la ZPM DH-BRC.</p> <p>Certaines données pourraient être extraites de relevés vidéo existants.</p> <p>Aucun déversement d'hydrocarbures n'a été enregistré à l'intérieur des limites de la ZPM.</p>	<p>Mesure fréquemment employée;</p> <p>Comparable d'une zone récifale à l'autre dans la ZPM;</p> <p>Quantitatif et reproductible; Réalisable par relevé visuel; Doit être combinée aux indicateurs indépendants des facteurs de stress et des CIE pour établir un lien entre les hydrocarbures et les CIE.</p>

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			pétroliers peut endommager les tissus des organes respiratoires (p. ex. les organes de filtration, les branchies), ce qui entraîne une mortalité accrue, et certains hydrocarbures pétroliers peuvent avoir des effets mutagènes (dommages génétiques) et cancérigènes sur les organismes marins, ce qui entraîne également une mortalité accrue (Patin 1999).		
État de la population	Santé/état	Blessures visibles à l'organisme ou indicateurs comportementaux (p. ex. comportement alimentaire, réflexes)	<p>Les effets sublétaux des hydrocarbures sur les invertébrés comprennent les effets physiologiques, cancérigènes et cytogénétiques.</p> <p>Au niveau de la population, il y a des changements dans l'abondance, la structure par âge, la structure génétique de la population, la reproduction et un potentiel de recrutement réduit (Suchanek 1993).</p> <p>Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) peuvent entraîner une toxicité aiguë, une cancérogénicité, une mutagénicité, une tératogénicité et une activité perturbatrice endocrinienne (Batista <i>et al.</i> 2013; Yamada <i>et al.</i> 2003).</p> <p>On sait que les crustacés et les invertébrés marins s'accumulent (Zahn <i>et al.</i> 1981; Batista <i>et al.</i> 2013).</p> <p>Par exemple, l'exposition du crabe de varech <i>Pugettia</i> à la fraction</p>	<p>Les données de référence sur la population de galathées n'ont pas encore été établies pour la ZPM DH-BRC.</p> <p>Certaines données pourraient être extraites de relevés vidéo existants.</p> <p>Aucun déversement d'hydrocarbures n'a été enregistré à l'intérieur des limites de la ZPM.</p>	<p>Mesure couramment utilisée pour les galathées et d'autres crustacés.</p> <p>Comparable d'un écosystème à l'autre</p> <p>Quantitatif et reproductible à l'aide de relevés visuels</p> <p>Doit être combiné avec des indicateurs indépendants des CIE et des facteurs de stress pour faire le lien entre les hydrocarbures et la CIE (il sera difficile de relier spécifiquement les impacts des hydrocarbures sur cette SEC sans surveillance de base et indicateurs propres aux facteurs de stress).</p>

	Indicateur proposé	Composante mesurable de l'indicateur	Interaction	Données existantes	Collecte de données
			<p>hydrosoluble du pétrole brut entraîne une brachycardie chimiosensorielle spécifique, affectant les capacités de recherche alimentaire et supprimant les capacités de chimioréception (Case <i>et al.</i>, 1987).</p> <p>Il a été démontré que les hydrocarbures affectent la reproduction et le succès larvaire des crustacés (Suchanek 1993).</p>		

---

## RÉFÉRENCES DES ANNEXES

- Andrews, K.S., Harvey, C.J., and Levin, P.S. 2013. Conceptual models and indicator selection process for Washington State's Marine Spatial Planning Process. Conservation Biology Division, Northwest Fisheries Science Center, National Marine Fisheries Service. NOAA. 120 p.
- Batista, D., Tellini, K., Nudi, A.H., Massone, T.P., Scofield, A.D.L., and de LR Wagener, A. 2013. Marine sponges as bioindicators of oil and combustion derived PAH in coastal waters. *Mar. Environ. Res.*, 92: 234-243.
- Bertazzon, S., O'Hara, P.D., Barrett, O., and Serra-Sogas, N. 2014. Geospatial analysis of oil discharges observed by the National Aerial Surveillance Program in the Canadian Pacific Ocean. *Appl. Geogr.*, 52: 78-89.
- Birtwell, I.K. 1999. [The effects of sediment on fish and their habitat](#). Fisheries and Oceans Canada. Canadian Stock Assessment Secretariat research document. Fs70-1/1999-139E-PDF. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Blanchard, J.L., Coll, M., Trenkel, V.M., Vergnon, R., Yemane, D., Jouffre, D., Link, J.S., and Shin, Y-J. 2010. Trend analysis of indicators: a comparison of recent changes in the status of marine ecosystems around the world. *ICES J. Mar. Sci.*, 67: 732-744.
- Blanquer, A., and Uriz, M.J. 2010. Population genetics at three spatial scales of a rare sponge living in fragmented habitats. *BMC Evol. Biol.*, 10:13.
- Boutillier, J., Masson, D., Fain, I., Conway, K., Lintern, G., O, M., Davies, S., Mahaux, P., Olsen, N., Nguyen, H., and Rutherford, K. 2013. [The extent and nature of exposure to fishery induced remobilized sediment on the Hecate Strait and Queen Charlotte Sound glass sponge reef](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/075. viii + 76 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Boyd, I. 1981. The spicule jungle of *Rhabdocalyptus dawsoni*: A unique microhabitat. B.Sc. Thesis. University of Victoria, British Columbia.
- Brown, R.R., Davis, C.S., and Leys, S.P. 2017. Clones or clans: the genetic structure of a deep-sea sponge, *Aphrocallistes vastus*, in unique sponge reefs of British Columbia, Canada. *Molecular Ecol.*, 26(4): 1045-1059.
- Capuzzo, J.M. 1987. Biological effects of petroleum hydrocarbons: assessments from experimental results. London: Elsevier Applied Science; 343-410.
- Carls, M. 1987. Effects of dietary and water-borne oil exposure on larval Pacific Herring (*Clupea harengus pallasii*). *Mar. Environ. Res.*, 22: 253-270.
- Carls, M.G., Rice, S.D., and Hose, J.E. 1999. Sensitivity of fish embryos to weathered crude oil: Part I. Low level exposure during incubation causes malformations, genetic damage, and mortality in larval Pacific herring (*Clupea pallasii*). *Environ. Toxicol. Chem.*, 18: 481-493.
- Chu, J.W.F. 2010. Biological patterns and processes of glass sponge reefs. MSc thesis, University of Alberta.
- Chu, J.W. and Leys, S.P., 2010. High resolution mapping of community structure in three glass sponge reefs (Porifera, Hexactinellida). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 417: 97-113.
- Chu, J., Maldonado, M., Yahel, G., and Leys, S. 2011. Glass sponge reefs as a silicon sink. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 441: 1-14.

- 
- Collie, J., Escanero, G., and Valentine, P. 1997. Effects of bottom fishing on the benthic megafauna of Georges Bank. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 155: 159–172.
- Conway, K.W., Krautter, M., Barrie, J.V., and Neuweiler, M. 2001. Hexactinellid sponge reefs on the Canadian continental shelf: A unique “Living Fossil.” *Geosci. Can.*, 28(2): 71–78.
- Cook, S.E. 2005. Ecology of the Hexactinellid Sponge Reefs on the Western Canadian Continental Shelf. Master’s Thesis, Department of Biology, University of Victoria.
- Cook, S.E., Conway, K.W., and Burd, B. 2008. Status of the glass sponge reefs in the Georgia Basin. *Mar. Environ. Res.*, 66: S80-S86
- COSEWIC (Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada), 2013. [COSEWIC assessment and status report on the Bocaccio \*Sebastes paucispinis\* in Canada](#). Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. xi + 49 pp. (Consulté le 21 décembre 2018)
- MPO. 2010A. [Pacific Region Cold-Water Coral and Sponge Conservation Strategy](#). Pages 1-55. Fisheries and Oceans Canada: Oceans, Habitat, and Species at Risk Oceans Program, Ottawa, ON. (Consulté le 21 décembre 2018)
- MPO. 2010B. [Indicateurs de surveillance de la zone de protection marine Tarium Niryutait \(ZPMTN\)](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/059. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Donaldson, A., Gabriel, C., Harvey, B.J., and Carolsfeld, J. 2010. [Impacts of Fishing Gears other than Bottom Trawls, Dredges, Gillnets and Longlines on Aquatic Biodiversity and Vulnerable Marine Ecosystems](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/011. vi + 84 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Dunham, A., Mossman, J., Archer, S., Pegg, J., Davies, S., and E. Archer. 2018. [Glass Sponge Reefs in the Strait of Georgia and Howe Sound: Status assessment and ecological monitoring advice](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/010. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Elmgren, R., Hansson, S., Larsson, U., Sundelin, B., and Boehm, P.D. 1983. The Tsesis oil spill: Acute and long-term impact on the benthos. *Mar. Biol.*, 73(1): 51-65.
- Enticknap, B. 2002. Trawling the North Pacific: understanding the effects of bottom trawl fisheries on Alaska’s living seafloor. Alaska Marine Conservation Council.
- Freese, J., and Wing, B. 2003. [Juvenile Red Rockfish, \*Sebastes sp.\*, Associations with Sponges in the Gulf of Alaska](#). *Mar. Fish. Rev.*, 65(3): 38-43. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Fuller, S.D., Picco, C., Ford, J., Tsao, C., Morgan, L.E., Hangaard, D., and Chuenpagdee, R. 2008. How we fish matters: addressing the ecological impacts of Canadian fishing gear. Ecological Action Centre, Living Oceans Society and Marine Conservation Biology Institute.
- Gómez Gesteira, J.L., and Dauvin, J.C. 2000. Amphipods are good bioindicators of the impact of oil spills on soft-bottom macrobenthic communities. *Mar. Poll. Bull.*, 40(11): 1017-1027.
- Guilbault, J.P., Krautter, M., Conway, K.W., and Barrie, J.V. 2006. Modern foraminifera attached to hexactinellid sponge meshwork on the West Canadian Shelf: Comparison with Jurassic counterparts from Europe. *Palaeontologia Elehowellctronica*, 9(1): 7-12.
- Howell, K.L., Piechaud, N., Downie, A.L., and Kenny, A. 2016. The distribution of deep-sea sponge aggregations in the North Atlantic and implications for their effective spatial management. *Deep Sea Res. PT1*, 115: 309-320.

- 
- Hooff, R.C., and Peterson, W.T. 2006. Copepod biodiversity as an indicator of changes in ocean and climate conditions of the northern California current ecosystem. *Limnol. Oceanogr.*, 51(6): 2607-2620.
- Hose, J.E., McGurk, M.D., Marty, G.D., Hinton, D.E., Brown, E.D., and Baker, T.T. 1996. Sublethal effects of the (Exxon Valdez) oil spill on herring embryos and larvae: morphological, cytogenetic, and histopathological assessments, 1989 1991. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53(10): 2355-2365.
- Incardona, J.P., Collier, T.K., and Scholz, N.L. 2004. Defects in cardiac function precede morphological abnormalities in fish embryos exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Toxicology and applied pharmacology*, 196(2): 191-205.
- Kahn, A.S., Yahel, G., Chu, J.W., Tunnicliffe, V., and Leys, S.P. 2015. Benthic grazing and carbon sequestration by deep-water glass sponge reefs. *Limnol. Oceanog.*, 60:78-88.
- Kershner, J., Samhour, J.F., James C.A., and Levin P.S. 2011. Selecting Indicator Portfolios for Marine Species and Food Webs: A Puget Sound Case Study. *PLOS ONE*, 6(10): e25248.
- Kramer, D.L., and Chapman, M.R. 1999. Implications of fish home range size and relocation for marine reserve function. *Environ. Biol. Fish.*, 55(1-2): 65-79.
- Krautter, M., Conway, K., and Barrie, J.V. 2001. Discovery of a “Living Dinosaur”: Globally unique modern hexactinellid sponge reefs off British Columbia, Canada. *Facies*, 44(1): 265–282.
- Konnecker, G. 2002. Sponge fields. *Offshore Directory*. Review of a selection of habitats, communities and species of the North-East Atlantic, pp.87-94.
- Jamieson, G.S., and Chew, L. 2002. [Hexactinellid Sponge Reefs : Areas of Interest as Marine Protected Areas in the North and Central Coast Areas](#). *Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2002/122. 78p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Jensen, E.L., 2011. Studying the genetic structure of sponge populations. Thesis. University of Alberta. Pp. 27.
- Large, R.R., Halpin, J.A., Danyushevsky, L.V., Maslennikov, V.V., Bull, S.W., Long, J.A., Gregory, D.D., Lounejeva, E., Lyons, T.W., Sack, P.J., McGoldrick, P.J., and Calver, C.R. 2014. Trace element content of sedimentary pyrite as a new proxy for deep-time ocean–atmosphere evolution. *Earth Plan. Sc. Lett.*, 389: 209-220.
- Leys, S.P. 2013. [Effects of sediment on glass sponges \(Porifera, Hexactinellida\) and projected effects on glass sponge reefs](#). *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2013/074. vi + 23 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Leys, S.P., Yahel, G., Reidenbach, M.A., Tunnicliffe, V., Shavit, U., and Reiswig, H.M. 2011. The sponge pump: the role of current induced flow in the design of the sponge body plan. *PLOS ONE*, 6(12): e27787.
- Love, M., Morris, P., McCrae, M., and Collins, R. 1990. [Life history aspects of 19 rockfish species \(Scorpaenidae: \*Sebastes\*\) from the Southern California Bight](#). *NOAA Technical Report*, 87(Consulté le 21 décembre 2018).
- Marliave, J.B., Conway, K.W., Gibbs, D.M., Lamb, A., and Gibbs, C. 2009. Biodiversity and rockfish recruitment in sponge gardens and bioherms of southern British Columbia, Canada. *Mar. Biol.*, 156(11): 2247–2254.

- 
- Marty, G.D., Hoffmann, A., Okihiro, M.S., Hepler, K., and Hanes, D. 2003. Retrospective analysis: bile hydrocarbons and histopathology of demersal rockfish in Prince William Sound, Alaska, after the Exxon Valdez oil spill. *Mar. Environ. Res.*, 56(5): 569-584.
- Maughan, B.C. 2001. The effects of sedimentation and light on recruitment and development of a temperate, subtidal, epifaunal community. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 256(1): 59-71.
- Matabos, M., Tunnicliffe, V., Juniper, S.K., and Dean, C. 2012. A Year in Hypoxia: Epibenthic Community Responses to Severe Oxygen Deficit at a Subsea Observatory in a Coastal Inlet. *PLOS ONE*, 7(9): 1–15.
- McGurk, M.D., and Brown, E.D. 1996. Egg larval mortality of Pacific herring in Prince William Sound, Alaska, after the Exxon Valdez oil spill. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53(10): 2343-2354.
- Negri, A., Burns, K., Boyle, S., Brinkman, D., and Webster, N. 2006. Contamination in sediments, bivalves and sponges of McMurdo Sound, Antarctica. *Environ. Poll.*, 143(3): 456-467.
- NMFS (National Marine Fisheries Service), 2008. Preliminary Scientific Conclusions of the Review of the Status of 5 Species of Rockfish: Bocaccio (*Sebastes paucispinis*), Canary Rockfish (*Sebastes pinniger*), Yelloweye Rockfish (*Sebastes ruberrimus*), Greenstriped Rockfish (*Sebastes elongatus*) and Redstripe Rockfish (*Sebastes propriger*) in Puget Sound, Washington.
- Norcross, B.L., Hose, J.E., Frandsen, M., and Brown, E.D. 1996. Distribution, abundance, morphological condition, and cytogenetic abnormalities of larval herring in Prince William Sound, Alaska, following the (Exxon Valdez) oil spill. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53(10): 2376-2387.
- Patin, S. 1999. Environmental impact of the offshore oil and gas industry. EcoMonitor Publishing. East Northport, NY. 425 pp.
- Rice, J.C., and Rochet, M.J. 2005. A framework for selecting a suite of indicators for fisheries management. *ICES J. Mar. Sci.*, 62: 516-527.
- Rice, S.D., Wright, B.A., Short, J.W., and O'Clair, C.B. 1993. Subtidal oil contamination and biological impacts. Exxon Valdez Oil Spill Symposium. Trustee Council, Anchorage, Alaska. pp 23-26.
- Richards, L.J. 1986. Depth and habitat distributions of three species of rockfish (*Sebastes*) in British Columbia: observations from the submersible PISCES IV. *Environ. Biol. Fish.*, 17(1): 13–21.
- Samiullah, Y. 1985. Biological effects of marine oil pollution. *Oil Petrochem. Poll.*, 2(4): 235-264.
- Shigenaka, G. 2011. Effects of oil in the environment. *Oil Spill Science and Technology*, edited by M. Fingas, pp.985-1024.
- Shin, Y-J., Bundy, A., Shannon, L. J., Simier, M., Coll, M., Fulton, E. A., Link, J. S., Jouffre, D., Ojaveer, H., Mackinson, S., Heymans, J. J., and Raid, T. 2010. Can simple be useful and reliable? Using ecological indicators to represent and compare the states of marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.*, 67: 717–731.
- Stone, R.P., Conway, K.W., Csepp, D.J. and Barrie, J.V. 2014. [The Boundary Reefs: Glass Sponge \(Porifera: Hexactinellidae\) Reefs on the International Border Between Canada and the United States](#). U.S. Department of Commerce, NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-264, 31pp. (Consulté le 21 décembre 2018)

- 
- Suchanek, T.H. 1993. Oil impacts on marine invertebrate populations and communities. *Am. Zool.*, 33(6): 510-523.
- Tilseth, S., Solberg, T.S., and Westrheim, K. 1984. Sub-lethal effects of the water-soluble fraction of Ekofisk crude oil on the early larval stages of cod (*Gadus morhua* L.). *Mar. Environ. Res.*, 11(1): 1-16.
- Thornborough, K., Dunham, J., and O, M. 2016A. [Development of risk-based indicators for the SGaan Kinghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/027 vii + 120 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Thornborough, K., Dunham, J., and O, M. 2016B. [Development of risk-based indicators for the Endeavour Hydrothermal Vents Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/028 vii + 124 p. (Consulté le 21 décembre 2018)
- Tolimieri, N., and Levin, P.S. 2005. The roles of fishing and climate in the population dynamics of bocaccio rockfish. *Ecol. Appl.*, 15(2): 458-468.
- [US Fish & Wildlife Service, 2004. Effects of Oils Spills on Wildlife and Habitat – Alaska Region.](#) (Consulté le 21 décembre 2018).
- Whitney, F., Conway, K. W., Thomson, R., Barrie, V., Krautter, M., and Mungov, G. 2005. Oceanographic habitat of sponge reefs on the Western Canadian Continental Shelf. *Cont. Shelf Res.*, 25(2): 211–226.
- Yamada, M., Takada, H., Toyoda, K., Yoshida, A., Shibata, A., Nomura, H., Wada, M., Nishimura, M., Okamoto, K., and Ohwada, K. 2003. Study on the fate of petroleum-derived polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and the effect of chemical dispersant using an enclosed ecosystem, mesocosm. *Mar. Poll. Bull.*, 47(1): 105-113.
- Yunker, M.B., McLaughlin, F.A., Fowler, M.G., and Fowler, B.R. 2014. Source apportionment of the hydrocarbon background in sediment cores from Hecate Strait, a pristine sea on the west coast of British Columbia, Canada. *Org. Geochem.*, 76: 235-258.
- Zahn, R.K., Zahn, G., Müller, W.E.G., Kurelec, B., Rijavec, M., Batel, R., and Given, R. 1981. Assessing consequences of marine pollution by hydrocarbons using sponges as model organisms. *Sci. Total Environ.*, 20(2): 147-169.