



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science



Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2024/025

Région du Pacifique

Cadre de surveillance de la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie, en Colombie-Britannique (Canada)

Cherisse Du Preez¹, Skil Jáada *Vanessa Zahner*², Heidi Gartner¹, Lais Chaves²,
Charles Hannah¹, Kelly Swan¹ et Tammy Norgard³

¹ Pêches et Océans Canada
Institut des sciences de la mer
9860 chemin West Saanich
Sidney (C.-B.) V8L 4B2

² Conseil de la Nation Haïda
Programme de planification maritime
272 Guud k'yuuwaas avenue Eagle
V0T 1M0, Gaw Tlagée, Xaadáa Gwáay

³ 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 des avis scientifiques
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2024

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-70846-1 N° cat. Fs70-5/2024-025F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Du Preez, C., Skil Jáada (Zahner, V.), Gartner, H., Chaves, L., Hannah, C., Swan, K. et Norgard, T. 2024. Cadre de surveillance de la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie, en Colombie-Britannique (Canada). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/025. viii + 201 p.

Also available in English:

Du Preez, C., Skil Jáada (Zahner, V.), Gartner, H., Chaves, L., Hannah, C., Swan, K., and Norgard, T. 2024. A Monitoring Framework for SGáan Kínghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area, British Columbia, Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2024/025. viii + 171 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	viii
1. INTRODUCTION	1
1.1. CONTEXTE.....	1
1.1.1. Gestion coopérative et avis scientifique.....	1
1.1.2. Énoncé de position.....	3
1.1.3. Zone de protection marine du mont sous-marin SGÁAN KÍNGHLAS-BOWIE	4
1.1.4. Qu'est-ce qu'un cadre de surveillance?.....	5
1.1.5. Changements climatiques : Protection et conservation dans un océan changeant....	7
1.2. ZONE DE PROTECTION MARINE DU MONT SOUS-MARIN SGÁAN KÍNGHLAS-BOWIE	8
1.2.1. Géologie.....	8
1.2.2. Océanographie.....	10
1.2.3. Écologie	13
1.3. HISTOIRE DES MONTS SOUS-MARINS SGÁAN KÍNGHLAS-BOWIE.....	30
1.3.1. Chronologie écologique	30
1.3.2. Historique de la surveillance et des activités dans la zone de protection marine SGÁAN KÍNGHLAS-BOWIE	33
2. OBJECTIFS DE LA ZONE DE PROTECTION MARINE ET REGROUPEMENTS DES COMPOSANTES ÉCOSYSTÉMIQUES BIOLOGIQUES	39
2.1. OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE CONSERVATION	39
2.2. REGROUPEMENT DES COMPOSANTES ÉCOSYSTÉMIQUES D'INDICATEURS BIOLOGIQUES	41
3. AVANTAGES INDIRECTS POUR LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ.....	53
4. COMPOSANTES ÉCOSYSTÉMIQUES DES INDICATEURS DE SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE ET PARAMÈTRES	54
4.1. INTRODUCTION.....	54
4.2. MÉTHODES	55
4.2.1. Comment nous avons choisi les regroupements des composantes écosystémiques des indicateurs et les paramètres	55
4.3. RÉSULTATS	58
4.3.1. Regroupements des composantes écosystémiques des indicateurs et paramètres	58
4.3.2. Tableaux récapitulatifs des indicateurs appropriés	67
5. PROTOCOLES	84
5.1. OUTILS	84
5.1.1. Capteurs.....	85
5.1.2. Imagerie et échantillonnage biologique.....	93
5.1.3. Équipement pour le plancher océanique (sans imagerie).....	106
5.1.4. Outils acoustiques.....	108
5.1.5. Outils océanographiques	110
5.1.6. Données en ligne	117

5.1.7. Outils de post-traitement	120
5.2. STRATÉGIES.....	121
5.2.1. Stratégies dans la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie.....	122
5.2.2. Stratégies actuellement appliquées à l'extérieur de la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie	125
5.3. MÉTHODES DE SURVEILLANCE.....	130
5.3.1. Données de référence.....	131
5.3.2. Considérations d'ordre statistique.....	133
5.3.3. Questions statistiques relatives à l'indépendance des données.....	134
5.3.4. Plan d'échantillonnage	134
5.4. GESTION DES DONNÉES	138
6. SURVEILLANCE POUR D'AUTRES OBJECTIFS DE CONSERVATION PERTINENTS POUR LA SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE.....	141
6.1. SURVEILLANCE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES	142
6.1.1. Pêche	142
6.1.2. Trafic maritime	143
6.1.3. Activités scientifiques	144
6.1.4. Tourisme maritime	145
6.1.5. Activités d'extraction de ressources non renouvelables à l'extérieur de la zone de protection marine	146
6.1.6. Autres agents de stress liés aux activités anthropiques	147
6.2. SURVEILLANCE DES ESPÈCES DE PASSAGE	147
6.3. SURVEILLANCE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	148
7. SURVEILLANCE DES FONCTIONS DE L'ÉCOSYSTÈME ET DE LA STRUCTURE TROPHIQUE.....	149
7.1. INTRODUCTION.....	149
7.2. MÉTHODES ET RÉSULTATS	150
7.3. RECOMMANDATIONS POUR LES TRAVAUX FUTURS : PARAMÈTRES TROPHIQUES	151
8. ÉVALUATION DU CADRE PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DE CONSERVATION ÉCOLOGIQUE.....	155
9. INCERTITUDES	159
10. SOMMAIRE, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	160
10.1. SOMMAIRES	160
10.2. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	165
11. ACRONYMES.....	173
12. GLOSSAIRE (TERMES UTILISÉS).....	175
13. REMERCIEMENTS	177
14. RÉFÉRENCES CITÉES	179
ANNEXE	201

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Objectifs stratégiques et objectifs opérationnels correspondants du but 1 du Plan de gestion de la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie	40
Tableau 2. Regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques et exemples d'espèces trouvées dans la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie	46
Tableau 3. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques des indicateurs sélectionnés pour s'assurer que l'état et l'abondance des coraux et des éponges d'eau froide correspondent ou s'apparentent à l'état naturel	67
Tableau 4. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques des indicateurs sélectionnés pour s'assurer que l'état et l'abondance des autres invertébrés correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.....	72
Tableau 5. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques des indicateurs sélectionnés pour s'assurer que l'état et l'abondance des poissons correspondent ou s'apparentent à l'état naturel	74
Tableau 6. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques des indicateurs sélectionnés pour s'assurer que les habitats benthiques sensibles correspondent ou s'apparentent à l'état naturel	77
Tableau 7. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération (regroupés par composantes écosystémiques de l'océanographie biologique, physique et chimique, ainsi que par composantes écosystémiques des agents de stress) pour s'assurer que les conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique correspondent ou s'apparentent à l'état naturel	81
Tableau 8. Résumé des outils pouvant être utilisés pour la surveillance écologique de la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie	87
Tableau 9. Caractéristiques des outils appropriés pour la surveillance dans la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie.	90
Tableau 10. Résumé des paramètres appropriés des contenus stomacaux et des biomarqueurs trophiques à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques – plus une catégorie pélagique (p. ex. oiseaux et mammifères) – proposés pour la surveillance de la structure trophique	154
Tableau 11. Évaluation de l'information du cadre de surveillance par rapport aux objectifs de conservation écologique décrits dans le plan de gestion de la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie	156
Tableau 12. Liens entre les principales composantes du cadre de surveillance : les objectifs opérationnels (6 colonnes) et la surveillance des regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs (12 lignes).	161
Tableau 13. Liens entre les principales composantes du cadre de surveillance : les regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs (12 colonnes) et les outils des protocoles de surveillance (17 lignes).....	162
Tableau 14. Liens entre les principales composantes du cadre de surveillance : les outils des protocoles (17 colonnes) et les stratégies de surveillance (14 lignes).....	163
Tableau 15. Résumé des indicateurs (composantes écosystémiques et paramètres), des protocoles et des stratégies proposés pour surveiller directement les populations d'espèces vulnérables, endémiques, rares et isolées, les habitats essentiels à certains stades du cycle	

biologique des espèces qui vivent dans la ZPM et les réseaux trophiques de l'écosystème de la zone de protection marine SGáan Kínghlas–Bowie	170
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Le logo de la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B) a été conçu par l'artiste haïda Wayne Edenshaw.....	2
Figure 2. (A) La zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B) est située à 180 km de la côte de Haïda Gwaii dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique.	4
Figure 3. Diagramme illustrant les principales composantes du cadre de surveillance.....	6
Figure 4. Représentation schématique de l'emplacement de la zone de protection marine SGáan Kínghlas–Bowie (ZPM SK-B) dans la zone de circulation du Pacifique Nord	12
Figure 5. Une partie de la diversité biologique présente dans la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B).....	15
Figure 6. Comparaison entre six réactions à une perturbation et les éléments de résilience.....	17
Figure 7. Exemples d'espèces, d'habitats et de communautés (définis par les invertébrés) uniques ou rares dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique.....	19
Figure 8. La chronologie écologique de la zone du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (SK-B) illustre la longue histoire naturelle et l'histoire récente, relativement courte, de l'extraction, suivie de la protection et des activités.	31
Figure 9. Le savoir traditionnel décrit les Haïdas visitant une île où les k wa.Anaa macareux abondent (à gauche), où ils ont pêché, probablement des k'aalts'adaa sébastes à œil épineux/à taches noires (<i>Sebastes aleutianus/melanostictus</i>) et d'autres espèces de k'ats sébastes (<i>Sebastes</i> spp.)	32
Figure 10. Engins de pêche perdus ou rejetés sur le sommet du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (SK-B) et observés pendant l'expédition Pac2018-103	35
Figure 11. Emplacement des relevés scientifiques benthiques dans la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie	37
Figure 12. La représentation artistique de la Skíl / morue charbonnière / morue noire / <i>Anoplopoma fimbria</i>	44
Figure 13. Capacités des véhicules sous-marins téléguidés (VTG).	94
Figure 14. Processus de prélèvement de spécimens à l'aide de véhicules sous-marins téléguidés, de l'échantillonnage direct dans la salle de contrôle du VTG au traitement des prélèvements à bord du navire.	101
Figure 15. Exemples d'outils océanographiques et d'échantillons des expéditions au large....	111
Figure 16. Exemples d'équipement scientifique déployé.....	114
Figure 17. Mosaïque 3D à haute résolution du site de surveillance A-1 de 10 m sur 10 m à 833 m de profondeur sur le mont sous-marin Dellwood	137
Figure 18. Étapes générales d'un programme de surveillance écologique, comportant la gestion des données et les composantes correspondantes.....	139

Figure 19. Le corail orangé du Pacifique (<i>Primnoa pacifica</i>) et gii hlk'uuwaansdlagangs les éponges siliceuses (classe des hexactinellides) sont abondants dans la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas–Bowie	142
Figure 20. Plongeur sous-marin non autorisé et équipement sur le sommet du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (SK-B) dans la zone de protection marine (ZPM), 2019.	146
Figure 21. De nombreuses espèces de baleines fréquentent la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas–Bowie	148
Figure 22. Modèle conceptuel simplifié de réseau trophique illustrant les liens entre les groupes fonctionnels.....	151
Figure 23. Liens entre les quatre principales composantes du cadre de surveillance.....	164

RÉSUMÉ

La Nation haïda (représentée par le Conseil de la Nation haïda (CNH) et le gouvernement du Canada (représenté par la ministre des Pêches et des Océans du Canada [MPO]) gèrent conjointement la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B) afin de conserver et de protéger la biodiversité et la productivité biologique uniques de la zone. En 2019, le Conseil de gestion de la ZPM SK-B a publié un plan de gestion détaillant les buts et les objectifs de conservation écologique de la ZPM. Dans ce document de recherche, nous présentons un examen de l'écosystème et dressons la liste des indicateurs (composantes écosystémiques et paramètres), des protocoles (p. ex. outils) et des stratégies liés à la surveillance des objectifs de conservation de la ZPM SK-B. Des groupes de composantes écosystémiques indicatrices ont été créés pour les composantes biologiques, les composantes environnementales et les agents de stress, en tenant compte des changements prévus (p. ex. changements climatiques, rétablissement après les pêches), et certaines espèces indicatrices, le cas échéant. Les paramètres pour les groupes de composantes écosystémiques ont été décrits, puis associés aux protocoles et stratégies standard utilisés dans les domaines scientifiques respectifs (p. ex. écologie, géologie, océanographie). Les renseignements et les pratiques exemplaires relatifs à la conception d'un programme de surveillance, comme les données de référence existantes, les statistiques, les plans d'échantillonnage, la faisabilité et la gestion des données, ont également fait l'objet de discussions. La structure du réseau trophique et les fonctions écosystémiques ont été analysées au moyen d'un modèle conceptuel du réseau trophique. Le cadre de surveillance proposé a ensuite été évalué par rapport aux objectifs de conservation écologique afin d'étayer la réévaluation adaptative et itérative des plans comme élément essentiel du processus de gestion de la ZPM. Un résultat clé du cadre de surveillance était de relier les quatre principales composantes (c.-à-d. les objectifs écologiques et les indicateurs, les protocoles et les stratégies de surveillance). Des priorités et des combinaisons sont recommandées pour aborder les six objectifs écologiques opérationnels, en soulignant le fait que certains renseignements sont inconnus pour l'instant et que des renseignements nouveaux ou améliorés (p. ex. obtenus par la surveillance) devraient être intégrés aux cadres et aux plans. L'information contenue dans ce document a été présentée à l'appui d'un processus de consultation scientifique canadien (examiné par les pairs du 3 au 5 mai 2022) et sera utilisée par les praticiens et les gestionnaires pour élaborer un plan de surveillance approprié et efficace pour la ZPM SK-B. Ce cadre de surveillance couvre une grande quantité de renseignements pertinents sur les plans général et régional et peut faciliter l'élaboration de cadres et de plans de surveillance pour d'autres aires protégées, en particulier dans le cas de la ZPM proposée de Tang.əwan – ɥačx^wiqak – Tsigis (TɥT), dans le sud.

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

1.1.1. Gestion coopérative et avis scientifique

Reconnaissant leur importance culturelle et écologique, la Nation haïda, représentée par le Conseil de la Nation haïda (CNH), et le gouvernement du Canada, représenté par le ministère des Pêches et des Océans (MPO), ont désigné les monts sous-marins SĠáan Kínghlas¹-Bowie (SK-B), Hodgkins et Davidson/Pierce, ainsi que la région environnante, en tant qu'aire protégée. En 1997, la Nation haïda a désigné la région en tant que **Xaads sígee t'l'a dám.án t'l'a ḱng gíigangs** *aire marine protégée des Haïdas*² (traduction directe : « l'océan dont ils prendront toujours soin »). En 1998, en vertu de la *Loi sur les océans* du Canada, le mont sous-marin SK-B a été désigné comme site d'intérêt. En 2007, le gouvernement fédéral et la Nation haïda ont signé un protocole d'entente établissant un conseil de gestion pour faciliter la gestion coopérative et la planification de l'aire protégée. Le 17 avril 2008, la zone est officiellement devenue une zone de protection marine (ZPM) en vertu de la *Loi sur les océans* du Canada. La Nation haïda, représentée par le Conseil de la Nation haïda (CNH) et le gouvernement du Canada, représenté par le MPO, gèrent désormais conjointement la ZPM du mont sous-marin SĠáan Kínghlas-Bowie (SK-B) afin de conserver et de protéger sa diversité et sa productivité biologiques uniques (p. ex. les populations de coraux d'eau froide, d'éponges, d'autres invertébrés, de poissons et d'algues du mont sous-marin). Tous les processus de la ZPM SK-B et le processus décisionnel sont cogérés. Une équipe technique du CNH et du MPO apporte son soutien au Conseil de gestion de la ZPM SK-B. En 2019, le Conseil de gestion de la ZPM SK-B a publié le **Ginn sígee t'l'a dám.án ḱnggangs ginn k'áalaagangs** *Plan de gestion de la zone de protection marine SK-B* (CNH et MPO 2019) (figure 1).

¹ Veuillez noter l'orthographe mise à jour (en date de mars 2024) de SĠáan Kínghlas dans le cadre des efforts continus de revitalisation et de restauration de la langue Xaad kíl. Cette nouvelle orthographe reflète maintenant la prononciation décrite dans le plan de gestion comme « SAH-aawn KING-thlus », la première partie des mots commençant par un ton élevé et finissant par un ton bas. Les marqueurs de tonalité (indiqués sous forme d'accents sur certaines lettres) sont de plus en plus courants dans Gaw Tlagée Xaad kíl pour l'apprentissage et pour faciliter une prononciation correcte.

² Xaad kíl, le dialecte nordique de la langue haïda, est utilisé tout au long du présent document puisque SĠáan Kínghlas se trouve dans la partie nord du territoire haïda. Formatage pour la langue haïda : Xaad kíl en **caractères gras**, suivi du terme français en *italiques* (Conseil de la nation haïda, Programme de communication : Protocole de communication, mars 2022). Ce document ne devrait pas servir de référence linguistique. Toutes les demandes de renseignements doivent être adressées à l'autorité linguistique compétente de Xaad Kíl Née.



Figure 1. Le logo de la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B) a été conçu par l'artiste haïda Wayne Edenshaw. Il illustre les monts sous-marins sous le nom de Waaxaas, un être surnaturel représenté comme un demi-loup et un demi-épaulard qui a la capacité de se déplacer sur terre et dans la mer. « Dans nos anciennes traditions orales, nous avons de nombreux êtres surnaturels qui se sont établis partout à Haida Gwaii et dont nos ancêtres, nos kuuniisii, nous ont parlé. Et nous connaissons des êtres surnaturels qui vivent sous les montagnes et les ruisseaux et sous certaines roches et d'autres repères importants. Et SGáan Kínghlas est l'un de nos êtres surnaturels importants qui résident sous cet ancien volcan. » Gaagwiis Jason Alsop, président de la Nation haïda ([Conseil de la Nation haïda](#)).

Le plan de gestion de la ZPM est guidé par les principes de **Yahgudáng** respect du SK-B (le principe et l'approche de précaution), de **K'uláagée** responsabilité (consultation et collaboration, responsabilités partagées, etc.), de **Ginn 'wáadluwaan gud .ahl kwáagiidang** interconnectivité (tout dépend de tout le reste) [approche écosystémique, gestion intégrée, etc.], de **Agan t'ats'gang** équilibre (utilisation et développement durables), de **Ginn Gán ga únsids kíl tla gudáng'wa** recherche d'un conseil sage (gestion adaptative fondée sur les connaissances, efficacité de la gestion) et de **'isda isgyaan diigaa isdii** donner et recevoir (partage équitable). La liste complète des liens entre les principes du SK-B et les principes de gestion des ZPM et de gestion écosystémique du Canada est fournie dans le plan de gestion (CNH et MPO 2019).

Au nom du Conseil de gestion de la ZPM SK-B, la Direction de la gestion des océans (Planification et conservation marines) du MPO a demandé à la Direction des sciences d'élaborer un cadre contenant un avis scientifique traitant des indicateurs, des protocoles et des stratégies de surveillance. Les objectifs du cadre sont les suivants : i) procéder à un examen de l'écosystème, ii) définir les objectifs de conservation écologique, iii) proposer des indicateurs, des protocoles et des stratégies de surveillance, iv) intégrer les changements prévus (p. ex. changements climatiques et rétablissement après la pêche), les sources de données existantes et la faisabilité, v) évaluer le cadre par rapport aux objectifs de conservation écologique et vi) explorer les incertitudes et les limites. Cet avis scientifique sera fourni au Conseil de gestion de la ZPM SK-B afin d'orienter l'élaboration future d'un plan de surveillance et de gestion pour la zone à l'appui du but 1 des objectifs de conservation de la ZPM SK-B (protéger et conserver la biodiversité, l'habitat structurel et la fonction écosystémique uniques de la ZPM SK-B; CNH et MPO 2019). Ce cadre de surveillance a été créé et rédigé conjointement par des scientifiques du CNH et du MPO.

1.1.2. Énoncé de position

Ensemble, les coauteurs représentent des origines et des expériences uniques, mais des valeurs communes de compréhension, de conservation et de partage des connaissances sur les écosystèmes au profit des générations actuelles et futures. Ils reconnaissent que, bien que l'objectivité scientifique absolue soit la norme idéale de la recherche, la réalité est que la recherche est biaisée par les personnes et les institutions qui y travaillent. Les coauteurs reconnaissent aussi la puissance et l'histoire de ces monts sous-marins ayant une valeur intrinsèque et rendent hommage à l'importance culturelle et spirituelle du SK-B et des monts sous-marins environnants pour la Nation haïda, dans le passé, le présent et l'avenir. Les coauteurs principaux énoncent la position et les perspectives pour travailler à la création conjointe des meilleures données scientifiques possibles.

« Je m'appelle Cherrisse Du Preez. D'ascendance européenne, je suis née en Afrique du Sud et je vis maintenant sur l'île de Vancouver, sur le territoire traditionnel des tribus Cowichan. Ce qui me définit le plus, c'est ma relation avec la mer. J'ai passé mon enfance dans ou sous les vagues. Mes parents et mes grands-parents m'ont inculqué un sens inné de rendre justice à l'océan et m'ont poussée à explorer ses profondeurs. J'ai obtenu un doctorat en biologie marine, avec spécialisation dans l'exploration en eaux profondes, et je suis actuellement chef du programme d'écologie en eaux profondes du MPO. Je décrirais mon domaine d'expertise comme « là où la vie en eaux profondes et les êtres humains se rencontrent ».

« **Skil Jáada hánuu díi kyá'aang, Jaas K'iyygangaa hánuu díi 'aww kyá'aang, Sandra Adams hánuu díi náa.n kya'aagan. Gaw Tlagée aa.uu Hl náagang, ga yaalas guusd uu díi K'waalaagang, díi uu Yahgu'jaanaas gaagang.** *Je m'appelle Skil Jáada, ma mère est Sonia Rice et ma grand-mère était Sandra Adams. Je vis à Old Massett et je fais partie du clan des Yahgujaanaas Raven. Je suis un scientifique Xaadáa haïda dont la vision du monde a été façonnée par mon enfance à Gaw Tlagée, Xaadáa Gwáay Haida Gwaii et par l'apprentissage des lois haïdas locales des matriarches sur la façon d'établir des liens avec les êtres, la terre et la mer. Pour comprendre l'interconnectivité, j'ai également reçu une formation scientifique en écologie et en océanographie, et j'essaie d'insuffler les deux visions du monde en tant que biologiste/planificateur de la vie marine du CNH. »*

« Je m'appelle Heidi Gartner et je suis une descendante de colons et d'immigrants vivant sur les territoires traditionnels des peuples WSÁNEĆ. J'ai grandi en Ontario et j'ai toujours eu un amour profond pour les animaux et la nature. Je rêvais de devenir biologiste de la vie marine, sans vraiment savoir ce que cela signifiait. À ma grande surprise et à mon grand plaisir, être biologiste de la vie marine est plus fascinant, excitant et gratifiant que je ne l'aurais imaginé! Mon objectif personnel est d'utiliser l'information scientifique pour protéger la biodiversité et la santé de nos écosystèmes au profit des générations à venir. »

« Je m'appelle Laís Chaves. Je suis née et j'ai grandi au Brésil et je descends principalement (comme beaucoup d'autres Brésiliens) des peuples autochtones et des colonisateurs portugais. J'y ai terminé mes études formelles en sciences marines et obtenu un doctorat en océanographie. J'ai immigré au Canada en 2014 et je vis aujourd'hui avec ma famille sur le territoire ancestral du peuple haïda. En travaillant avec le Conseil de la Nation haïda depuis 2016, j'ai eu l'occasion non seulement d'appuyer l'élaboration du plan de gestion de la ZPM SK-B, mais aussi d'acquérir une compréhension approfondie de l'histoire du Canada. Cette expérience m'a permis de poursuivre ma croissance personnelle et professionnelle, car j'ai ainsi pu prendre conscience du système colonial mis en place il y a plus de 500 ans et qui est encore très ancré dans mon pays d'origine. »

1.1.3. Zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie

La ZPM SGáan Kínghlas (SK-B) est située à environ 180 km à l'ouest de Xaadáa Gwáay Haída Gwaii, en Colombie-Britannique (C.-B.), dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique (BZEP) (figure 2A). D'une superficie totale de 6 131 km², la ZPM englobe le mont sous-marin SK-B, les monts sous-marins adjacents Hodgkins et Davidson/Pierce, ainsi que les eaux, les fonds marins et le sous-sol environnants (CNH et MPO 2019). Trois zones de ZPM avaient été initialement désignées (DFO 2016; pour gérer les activités de pêche) : la zone 1 comprenait le mont sous-marin SK-B de 457 m de profondeur jusqu'au sommet, la zone 2 englobait le reste du mont sous-marin SK-B, où la pêche entrant en contact avec le fond était autorisée, et la zone 3 comprenait les monts sous-marins Davidson/Pierce et Hodgkins (figure 2B). En 2018, le Conseil de gestion de la ZPM SK-B a fermé l'ensemble de la ZPM à la pêche entrant en contact avec le fond afin de respecter les objectifs de conservation de la ZPM et de protéger les habitats benthiques sensibles (HBS).

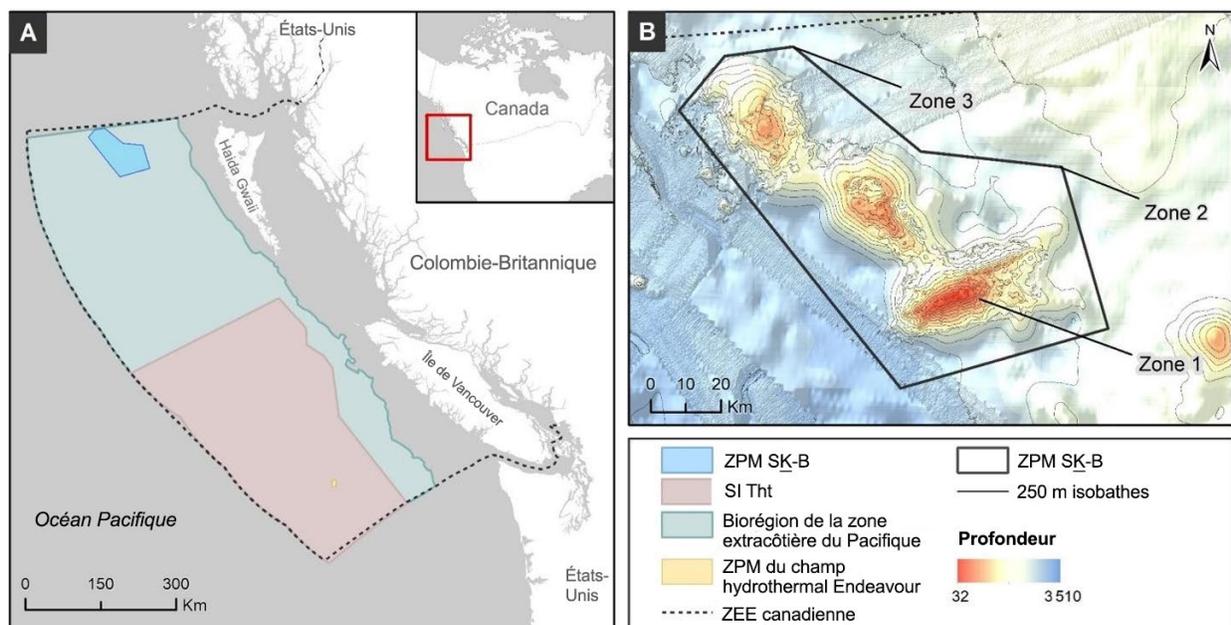


Figure 2. (A) La zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B) est située à 180 km de la côte de Haída Gwaii dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique. (B) Bien qu'elles n'existent plus, la gestion historique de la ZPM comprenait trois zones comportant des restrictions différentes (voir le texte). Du sud au nord : mont sous-marin SK-B (dans les zones 1 et 2), mont sous-marin Hodgkins et mont sous-marin Davidson/Pierce (dans la zone 3). Remarque : Le site d'intérêt (SI) « Zone extracôtière du Pacifique » a récemment été désigné comme projet de ZPM de Tang.gwan – hačx^wiqaq – Tsigis (ThT). Carte créée par Georgia Clyde, Institut des sciences de la mer.

La région revêt depuis longtemps une importance historique, spirituelle et culturelle pour la Nation haída; le mont sous-marin qui a donné son nom à la ZPM abrite l'Être surnaturel SGáan Kínghlas. En Gaw Tlagée Xaad kil, le dialecte d'Old Massett de la langue haída (le dialecte utilisé dans le présent document), SGáan Kínghlas signifie Être surnaturel qui regarde au loin (CNH et MPO 2019).

Le sommet du mont sous-marin SK-B se trouve à seulement 24 m sous la surface, dans la zone photique, ce qui en fait le mont sous-marin le moins profond du Pacifique Nord-Est (Canessa et al. 2003). La grande limpidité des eaux permet à la lumière du soleil d'atteindre des profondeurs de plus de 100 m sous les vagues; le mont sous-marin est ainsi associé à une croissance algale abondante à une profondeur et à une distance inhabituelles du plateau continental (Gale

et al. 2017; CNH et MPO 2019). Les eaux froides et riches en nutriments, les substrats anfractueux et complexes et les courants forts qui dominent à faible profondeur soutiennent aussi de riches assemblages d'invertébrés marins (McDaniel *et al.* 2003; Gale *et al.* 2017). Ces communautés diversifiées présentes sur le sommet et les flancs des monts sous-marins comprennent également des espèces vertébrées résidentes et de passage présentant un intérêt culturel, commercial, récréatif et sur le plan de la conservation.

1.1.4. Qu'est-ce qu'un cadre de surveillance?

Un cadre de surveillance n'est pas un plan de surveillance. Un cadre vient en premier et appuie l'élaboration d'un plan efficace. Un cadre de surveillance est comme une feuille de route qui fournit un résumé général de haut niveau des options appropriées choisies pour la surveillance des objectifs de conservation écologique. Ces options sont classées par priorité, au besoin (p. ex. les plus appropriées, les plus pratiques ou les plus efficaces). Le cadre favorisera l'élaboration d'un plan de surveillance, qui donnera des détails normatifs sur les voies de surveillance choisies. Par exemple, un récent processus national du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) a élaboré un cadre de surveillance des mesures de conservation des coraux et des éponges en eaux froides par zone (Neves *et al.* en préparation³ [Avis scientifique disponible : MPO 2021a]). Dans le cas de la ZPM SK-B, l'objectif de conservation écologique comprend les coraux et les éponges d'eau froide, ainsi que les invertébrés, les poissons, les algues, les habitats benthiques sensibles (HBS) et la zone pélagique et la surface de la mer pour un écosystème connu pour la grande diversité de ses habitats et son taux élevé de renouvellement de la communauté. En plus de couvrir les buts actuels de conservation, le cadre favorisera aussi la gestion adaptative et le réexamen futur des plans de gestion et de surveillance.

Bien que ce document de recherche puisse être lu du début à la fin, pour en faciliter l'utilisation prévue comme outil de référence, nous invitons le lecteur à consulter l'organigramme du cadre de surveillance fourni (figure 3). Le document de recherche divise le cadre de surveillance en quatre grandes composantes : les objectifs, les indicateurs, les protocoles et les stratégies, qui peuvent être simplifiés en questions de type « pourquoi », « quoi », « comment » et « moyens ».

³ Neves, B.M., Faille, G., Murillo, F.J., Dinn, C., Pućko, M., Dudas, S., Devanney, A., and Allen, P. En prép. A National Monitoring Framework for Coral and Sponge Areas Identified as Other Effective Area-Based Conservation Measures. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.

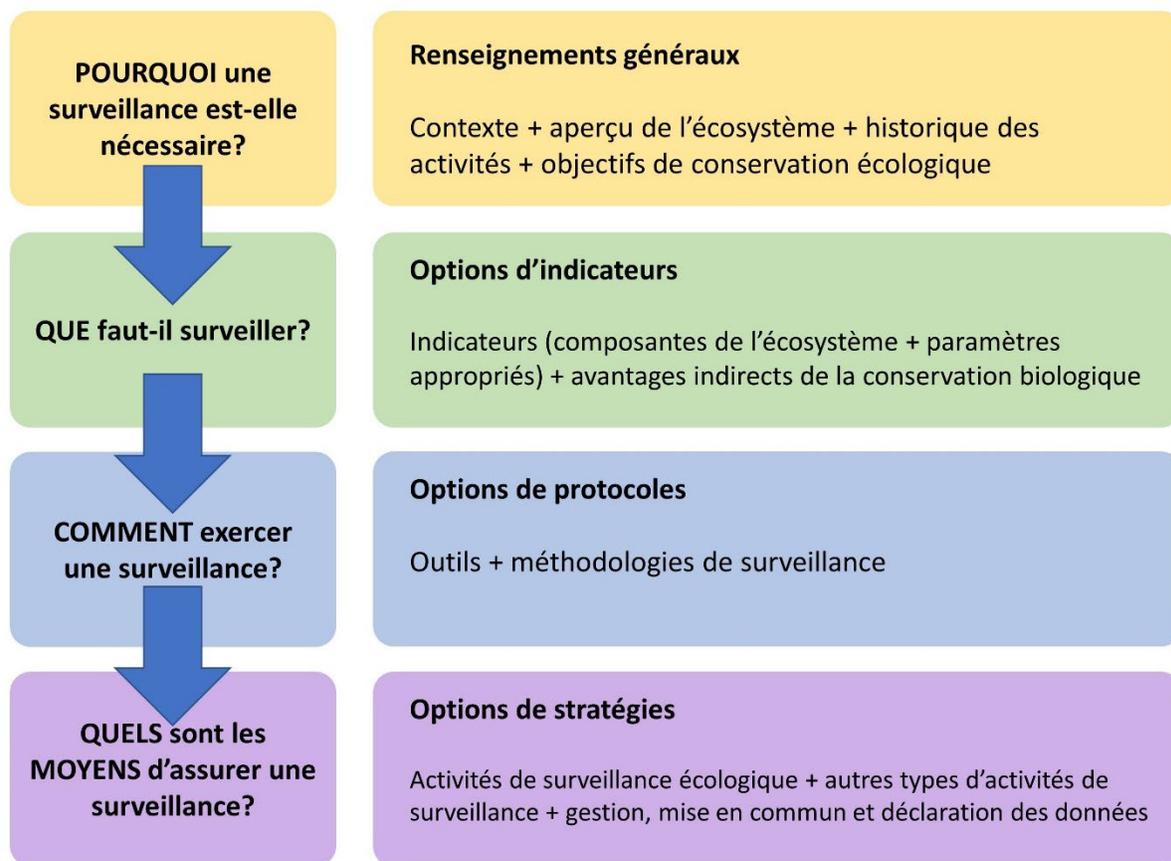


Figure 3. Diagramme illustrant les principales composantes du cadre de surveillance. Un cadre de surveillance fournit le spectre complet de haut niveau des options connues pour surveiller la réussite des objectifs de conservation; autrement dit, ce qu'il faut surveiller (composantes écosystémiques des indicateurs et paramètres), comment exercer la surveillance (protocoles) et les moyens d'exercer la surveillance (stratégies). Le cadre favorise l'élaboration d'un plan de surveillance et de la gestion adaptative.

La surveillance des indicateurs biologiques, environnementaux et des agents de stress est essentielle pour : 1) intégrer une composante écologique aux « cadres », « plans » ou « programmes » plus généraux de surveillance des ZPM; 2) observer la situation, les conditions et les tendances dans les ZPM afin de déterminer si ces zones parviennent à atteindre leurs objectifs de conservation; 3) aider les gestionnaires à ajuster les plans de gestion des ZPM pour atteindre les objectifs de conservation; 4) soutenir l'élaboration d'une stratégie de reddition de comptes à la Nation haïda, au gouvernement du Canada et aux Canadiens.

Il s'agit du premier cadre de surveillance élaboré pour la ZPM SK-B, **Xaads siigee tl'a dām.áan tl'a kíng giigangs** une aire marine protégée des Haïda et une ZPM située dans la région du Pacifique. Le cadre de surveillance de la ZPM SK-B appuiera probablement l'élaboration de cadres et de plans de surveillance pour d'autres aires protégées, surtout dans le cas du projet de ZPM de Tang.gwan – ɥačx^wiqak – Tsigis (TɥT) dans le sud (qui abrite au moins 47 monts sous-marins et 35 champs hydrothermaux) (remarque : chaque ZPM aura des décideurs différents et pas nécessairement un conseil de gestion). Les plans de surveillance et les documents à l'appui ne seront que de plus en plus nécessaires compte tenu de la création sans précédent en cours d'aires protégées. Il existe des différences dans les processus utilisés par les différentes régions et les différents spécialistes au Canada, et les processus (et la

terminologie) évoluent au fil du temps. Un effort visant à uniformiser les pratiques, au besoin, tout en continuant de promouvoir le développement et les innovations, sera probablement une solution positive pour l'avenir. Une définition de travail utilisée dans le présent document est fournie dans la section Glossaire.

Ce document de recherche reprend les cadres de surveillance élaborés pour d'autres territoires de compétence canadiens (p. ex. Cooper *et al.* 2011; Lewis *et al.* 2016) et se rapproche le plus du format et du contenu récemment mis au point pour le cadre national de surveillance pour les zones abritant des coraux ou des éponges désignées comme autres mesures de conservation efficaces par zone (Neves *et al.* en préparation).

Il profite également largement de recherches antérieures régionales. Par exemple, le document de recherche intitulé « An Ecological Risk Assessment Framework (ERAF) for Ecosystem-based Oceans Management in the Pacific Region » a été élaboré dans la région du Pacifique (O *et al.* 2015). Un Cadre d'évaluation du risque écologique fournit « une structure décisionnelle justifiable, systématique et fondée sur la science et les risques, nécessaire pour guider la transition des principes et des objectifs idéaux de haut niveau à l'application de stratégies, de mesures et d'objectifs plus tangibles et plus précis. » Un Cadre d'évaluation du risque écologique comprend une phase de détermination de la portée au cours de laquelle les composantes écosystémiques importantes (CEI) sont déterminées, ainsi que les activités et les agents de stress connexes qui peuvent les influencer. Le Cadre d'évaluation du risque écologique comporte ensuite une phase d'évaluation des risques durant laquelle on attribue une cote aux dommages causés à chaque composante écosystémique importante par chaque activité et agent de stress. En 2015, la Direction des Sciences du MPO a estimé le risque cumulatif et relatif posé par les activités humaines pour les composantes écosystémiques importantes (p. ex. coraux d'eau froide, éponges, sébastes) en appliquant le Cadre d'évaluation du risque écologique au contexte du SK-B (Rubidge *et al.* 2018 [avis scientifique disponible : MPO 2015a]). Pour les composantes écosystémiques importantes, les agents de stress et les interactions entre les agents de stress et les composantes écosystémiques importantes associés présentant un risque plus élevé dans les résultats du Cadre d'évaluation du risque écologique, la Direction des Sciences du MPO a ensuite proposé des indicateurs de surveillance, des composantes mesurables des indicateurs et des méthodes de collecte de données (Thornborough *et al.* 2016). L'application du Cadre d'évaluation du risque écologique à la ZPM SK-B a aidé à orienter la transition des objectifs idéaux de haut niveau à des objectifs opérationnels précis du plan de gestion (CNH et MPO 2019).

L'augmentation spectaculaire de l'exploration des monts sous-marins et des grands fonds dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique a aussi été très utile pour ce document de recherche. Les caractéristiques biophysiques et écologiques des monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique ont été examinées (MPO 2019a), en mettant l'accent sur ceux qui se trouvent dans le site d'intérêt (SI) de ThT (anciennement connu sous le nom de SI « de la zone extracôtière du Pacifique ») (figure 2A). Plus récemment, on a examiné en détail les inventaires des espèces, la répartition des espèces et les fonctions écosystémiques (en termes de services écologiques de premier ordre; Convention sur la diversité biologique [CDB] 2008) sur les trois monts sous-marins de la ZPM en tant que zones spéciales (représentatives) des monts sous-marins dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique (Du Preez et Norgard 2022; [avis scientifique disponible : MPO 2021b]).

1.1.5. Changements climatiques : Protection et conservation dans un océan changeant

Les changements climatiques sont sans doute l'enjeu déterminant de notre époque, mais ils ne sont pas abordés en détail dans le plan de gestion de la ZPM SK-B (CNH et MPO 2019) ni dans

le Cadre d'évaluation du risque écologique (MPO 2015), probablement en partie parce qu'il s'agit d'un changement que l'on ne peut pas gérer dans le cadre de la portée spatiale de la gestion de la ZPM. Compte tenu des changements climatiques sans précédent qui ont lieu dans toutes les régions, les indicateurs, les protocoles et les stratégies de surveillance qui tiennent compte des changements climatiques devraient être une priorité (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC] 2021). En général, les changements climatiques entraînent le réchauffement, l'acidification et la désoxygénation de l'océan (Gruber 2011). Ils ont et continueront d'avoir des répercussions sur les conditions environnementales et sur la vie présente sur tous les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, y compris ceux de la ZPM SK-B (Ross *et al.* 2020). Des événements de chaleur extrême en surface à l'échelle du bassin océanique ont commencé à se produire et à se reproduire pendant des années dans le nord-est du Pacifique (p. ex. « Le Blob »; Freeland et Whitney 2014). L'acidification de l'océan dans la région est une autre préoccupation importante, en raison de l'exhaussement des horizons de saturation de l'aragonite et de la calcite (Ross *et al.* 2020). La désoxygénation pourrait mériter une attention particulière, étant donné que le nord-est de l'océan Pacifique présente certains des niveaux d'oxygène les plus bas de l'océan mondial (Paulmier et Ruiz-Pino 2009; Ross *et al.* 2020). Parmi les autres variables clés du climat océanique dans la région, il y a la salinité, les courants et la variabilité multidécennale, comme les oscillations décennales du Pacifique (Garcia-Soto *et al.* 2021). Il est fort probable que les variables climatiques changeantes aient eu des conséquences directes ou indirectes sur toutes les composantes de l'écosystème de la ZPM SK-B et qu'elles continuent d'en avoir.

Pour que les ZPM soient efficaces dans un océan changeant, les praticiens et les gestionnaires doivent être en mesure d'évaluer le risque et la tolérance au risque liés à l'atteinte des objectifs des ZPM compte tenu des influences climatiques directes ou indirectes sur l'atteinte de ces objectifs (Karen Hunter, MPO, Nanaimo, C.-B., comm. pers.). Cependant, les variables climatiques qui changent et qui sont elles-mêmes des objectifs des ZPM (p. ex. essayer de conserver la température, l'oxygène ou l'acidité) sont irréalistes et les variables climatiques qui changent et qui ont des répercussions directes ou indirectes sur les objectifs des ZPM ne sont gérées de façon réaliste que par des efforts d'atténuation. Il n'est donc pas possible de surveiller, d'évaluer et de comprendre les impacts de l'agent de stress climatique « ingérable », mais en fin de compte, ce sont les autres activités humaines dans l'océan que nous pouvons gérer qu'il faut prendre en compte afin de limiter la probabilité de ne pas atteindre les objectifs des ZPM dans le contexte des impacts climatiques (Karen Hunter, MPO, Nanaimo, C.-B., comm. pers.).

1.2. ZONE DE PROTECTION MARINE DU MONT SOUS-MARIN SGÁAN KÍNGHLAS-BOWIE

Les monts sous-marins sont d'anciens volcans dont la hauteur atteint plus de 1 000 m. Leurs caractéristiques géologiques et conditions océanographiques complexes soutiennent une formidable diversité biologique. Au Canada, les monts sous-marins sont désignés comme des zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) (Ban *et al.* 2016) et des écosystèmes marins vulnérables (EMV) (examen dans Du Preez et Norgard 2022). L'examen des écosystèmes qui suit résume les caractéristiques géologiques, océanographiques et biologiques de la ZPM SK-B.

1.2.1. Géologie

La géologie de la ZPM SK-B a déjà été décrite dans Canessa *et al.* (2003), Chaytor *et al.* (2007), Gale *et al.* (2017), MPO (2021b) et Du Preez et Norgard (2022), et est résumée ci-après.

La ZPM se trouve sur la plaque du Pacifique, à l'extrémité sud de la chaîne de monts de Kodiak-Bowie. Cette chaîne de monts sous-marins s'étend vers le nord-ouest sur 900 km, du mont sous-marin SK-B au mont sous-marin Kodiak dans la fosse des Aléoutiennes. L'âge des monts sous-marins de la chaîne de Kodiak-Bowie diminue généralement du nord au sud, passant d'environ 24 millions d'années à moins d'un million d'années (Turner *et al.* 1980), ce qui donne à penser qu'ils ont été formés par un « point chaud » volcanique quelque part à proximité du plus jeune, SK-B. Cependant, on estime que certains monts sous-marins de la chaîne sont beaucoup plus vieux que leur position dans la chaîne le prédit selon le modèle de point chaud de leur formation (Turner *et al.* 1980; Chaytor *et al.* 2007). De plus, les échantillons de basalte dragués du mont sous-marin SK-B sont isotopiquement semblables à ceux de la dorsale océanique, comme la dorsale Juan de Fuca (Canessa *et al.* 2003), qui proviennent du manteau supérieur (c.-à-d. pas de points chauds venant de la profondeur du manteau). Les processus géologiques qui ont formé les trois monts sous-marins de la ZPM SK-B ne sont donc pas solidement établis et font l'objet de recherches supplémentaires.

Bien que certaines indications tirées du sommet du mont sous-marin SK-B permettent de penser que c'était un volcan actif il y a à peine 18 000 ans (Herzer 1971), la majeure partie du mont sous-marin a au moins 75 000 à 720 000 ans (Turner *et al.* 1980; Chaytor *et al.* 2007). Avec son sommet en terrasse peu profond et les grès de plage arrondis qui l'accompagnent, le mont sous-marin était peut-être une île au large – fort probablement à l'époque du Pléistocène, lorsque le niveau de la mer était beaucoup plus bas qu'aujourd'hui (Herzer 1971). De plus, la tradition orale haïda décrit un long voyage vers une île au large que l'on croit être le mont sous-marin SK-B (CNH et MPO 2019). Même aujourd'hui, la profondeur de 24 m du sommet fait du mont sous-marin SK-B un important danger marin; les creux des vagues profondes associés aux systèmes météorologiques violents pourraient théoriquement exposer le sommet.

Le mont sous-marin SK-B lui-même est oblong et semblable à une crête, avec une orientation sud-ouest – nord-est (Chaytor *et al.* 2007) (figure 2B). Les flancs ont une pente moyenne de 10 à 20°, mais ils sont généralement beaucoup plus raides et plus accidentés sur les côtés nord-est et sud-ouest du mont principal (Chaytor *et al.* 2007). Le mont sous-marin mesure environ 3 200 m de haut, s'élève d'un bassin profond de 3 224 m jusqu'à 24 m sous le niveau de la mer et couvre 1 411 km² (Du Preez et Norgard 2022).

Une crête à 2 300 m de profondeur relie le mont sous-marin SK-B au mont sous-marin Hodgkins voisin (figure 2B). Le mont sous-marin Hodgkins est à peu près perpendiculaire au mont sous-marin SK-B, au nord-ouest, et il est beaucoup plus profond – le sommet le moins profond se trouve à 611 m sous la surface de la mer (MPO 2021; Du Preez et Norgard 2022) (précédemment déclaré à 596 m; Canessa *et al.* 2003). Le sommet de Hodgkins est également caractérisé par plusieurs pinacles (au moins 10 sont facilement visibles de toutes les directions; Canessa *et al.* 2003), avec des flancs moins abrupts depuis la base que ceux du mont sous-marin SK-B. Le mont sous-marin Hodgkins mesure environ 2 704 m de hauteur, s'élève d'un bassin profond de 3 315 m et couvre 1 143 km² (Du Preez et Norgard 2022).

Le mont sous-marin Davidson/Pierce, situé au nord-ouest du mont sous-marin Hodgkins, est le sous-ensemble le moins étudié des trois monts sous-marins de la ZPM (figure 2B). Auparavant, la profondeur du sommet était estimée entre 1 100 et 1 500 m (Canessa *et al.* 2003; Manson 2009). En 2018, des données bathymétriques à haute résolution ont été recueillies; elles ont confirmé une profondeur au sommet de 1 079 m et fourni une impression plus détaillée du mont sous-marin (Gartner *et al.* 2022). Le mont sous-marin Davidson/Pierce mesure environ 2 231 m de haut, s'élève d'une profondeur de 3 310 m et couvre 889 km² (Du Preez et Norgard 2022).

1.2.2. Océanographie

L'océanographie physique de la ZPM SK-B est très dynamique parce que la ZPM se trouve dans une zone de transition majeure, à la périphérie de la circulation à grande échelle du Pacifique Nord, où elle est située à l'extrémité est du tourbillon subpolaire, une circulation en sens antihoraire qui déplace l'eau autour du nord du Pacifique Nord (figure 4 : Le courant subarctique s'écoulant vers l'est constitue la branche sud du tourbillon subpolaire). Le tourbillon est ancré dans le courant de l'Alaska, qui est la branche est du tourbillon de l'Alaska et du tourbillon subpolaire plus vaste. À l'aide des données des flotteurs Argo, Cummins et Masson (2018) ont montré que dans la vaste région océanique adjacente à la côte nord-américaine, la température et la salinité dans les 1 000 m supérieurs étaient fortement corrélées avec l'oscillation décennale du Pacifique (ODP), mais qu'elles ne le sont pas à la station Papa (à environ 50 °N 145 °O; voir la partie sur la Ligne P dans la section sur les stratégies). Ils ont également révélé des anomalies de température et de salinité se déplaçant vers l'est, entraînées par advection avec le courant subarctique qui traverse la station P, en direction des environs de la ZPM SK-B. De plus, le sous-courant de la Californie (SCC; non illustré à la figure 4) apporte les eaux chaudes, salées et à faible teneur en oxygène du sud le long du talus continental supérieur à des profondeurs de 100 à 300 m (Thomson et Krassovski 2010) et contribue probablement aux propriétés de l'eau dans la ZPM SK-B. Le long du talus continental au large de la Colombie-Britannique et de l'Alaska, la circulation océanique est dominée par des tourbillons (Thomson et Gower 1998; Crawford 2002; Ladd *et al.* 2009); de ce fait, les propriétés de l'eau (température, salinité, oxygène dissous, éléments nutritifs) entre le plateau continental et les tourbillons océaniques sont un mélange complexe d'eau du plateau continental, du sous-courant de la Californie et des deux tourbillons océaniques profonds (les tourbillons subpolaire et subtropical représentés à la figure 4 par le courant subarctique et le courant du Pacifique Nord, respectivement) (Whitney *et al.* 2005). Les tourbillons Haïda sont des tourbillons récurrents qui se forment au large du cap St. James, à l'extrémité sud de Haida Gwaii, et poussent parfois de l'eau du détroit d'Hécate et du bassin de la Reine-Charlotte dans la ZPM SK-B avant de s'éloigner vers le sud-ouest (p. ex. Crawford *et al.* 2002; Canessa *et al.* 2003).

Les tourbillons Haïda apportent du fer (un micronutriment important) des eaux du plateau dans la mer ouverte du Pacifique Nord, qui présente une déficience en fer (Ladd *et al.* 2009). Cummins et Masson (2018) affirment que la grande variabilité du déplacement vertical des surfaces de densité dans la couche supérieure de l'océan à proximité du mont sous-marin SK-B est une signature des tourbillons Haïda. Dower et Fee (1999), après avoir observé un tourbillon Haïda se déplaçant vers l'ouest qui était resté bloqué au-dessus de la ZPM SK-B pendant environ trois mois, pensent que les tourbillons Haïda peuvent rester « coincés » sur des monts sous-marins peu profonds. En 2021, un autre tourbillon Haïda immobilisé a été enregistré au-dessus du mont sous-marin SK-B pendant trois mois (Tetjana Ross, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.). Bien que la trajectoire des tourbillons Haïda soit imprévisible et que bon nombre d'entre eux ne s'approchent pas de la ZPM SK-B, ces tourbillons peuvent servir de corridor de transport extracôtier périodique pour les larves et les juvéniles des sébastes, le plancton et des éléments nutritifs comme le nitrate et le fer (Thornborough *et al.* 2016).

La présence d'un cône de Taylor est une autre explication du « blocage » de l'écoulement dans le sens des aiguilles d'une montre qui entoure le mont sous-marin SK-B (Canessa *et al.* 2003). Une telle caractéristique a été documentée sur le mont sous-marin Cobb (Dower et Fee 1999). Un cône de Taylor permanent ou temporaire au-dessus du mont sous-marin SK-B peut également entraîner des tourbillons passagers.

Au moyen de la température de la surface de la mer (SST) par satellite, Devred et ses collaborateurs (2021) ont constaté que les températures hivernales et estivales ont augmenté d'environ 1 °C au cours des 40 années d'observations par satellite (soit 2,5 °C par siècle). C'est

beaucoup plus que le 0,75 °C par siècle estimé par Cummins et Masson (2018) pour les anomalies annuelles de la SST côtière à **K'iis Gwáay** l'île *Langara*, à l'angle nord-ouest de Haida Gwaii. Cummins et Ross (2020) font état de tendances de la température d'environ 1,5 °C par siècle dans les 50 m supérieurs de la couche d'eau à la station P. Des travaux sont donc nécessaires pour rapprocher les estimations des tendances en tenant compte des différentes périodes de l'analyse (dans le Pacifique Nord-Est, les estimations des tendances sont très sensibles au choix des années utilisées) et de la différence entre les estimations des anomalies annuelles et celles de certaines saisons. L'analyse préliminaire des concentrations de chlorophylle à la surface de la mer à partir des données satellitaires sur la couleur de l'océan n'a pas permis de dégager de tendance évidente (Charles Hannah, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.).

Compte tenu de son emplacement dans la mer ouverte du Pacifique Nord, les vents et les vagues jouent un rôle important dans l'environnement de la ZPM SK-B. Bien que les vents viennent généralement du sud, créant des courants de surface moyens vers le nord en toutes saisons, les tempêtes peuvent causer des courants à court terme de n'importe quelle direction et peuvent parfois pousser l'eau du nord ou l'eau du plateau de l'entrée Dixon à l'est jusque dans la ZPM SK-B.

La ZPM SK-B est située près des bordures nord de deux zones de transition : une entre le courant de Californie qui s'écoule vers le sud et le courant de l'Alaska qui se dirige vers le nord (figure 4), et une entre le régime persistant de plongée d'eau le long de la côte de l'Alaska et le régime de remontée d'eau estivale de l'île de Vancouver au sud (figure 4). Les variations de l'emplacement de la limite entre le tourbillon subpolaire et le tourbillon subtropical peuvent ainsi avoir des répercussions sur la ZPM SK-B; la limite se déplace en effet vers le nord et le sud en raison de la variabilité naturelle (Cummins et Freeland 2007).

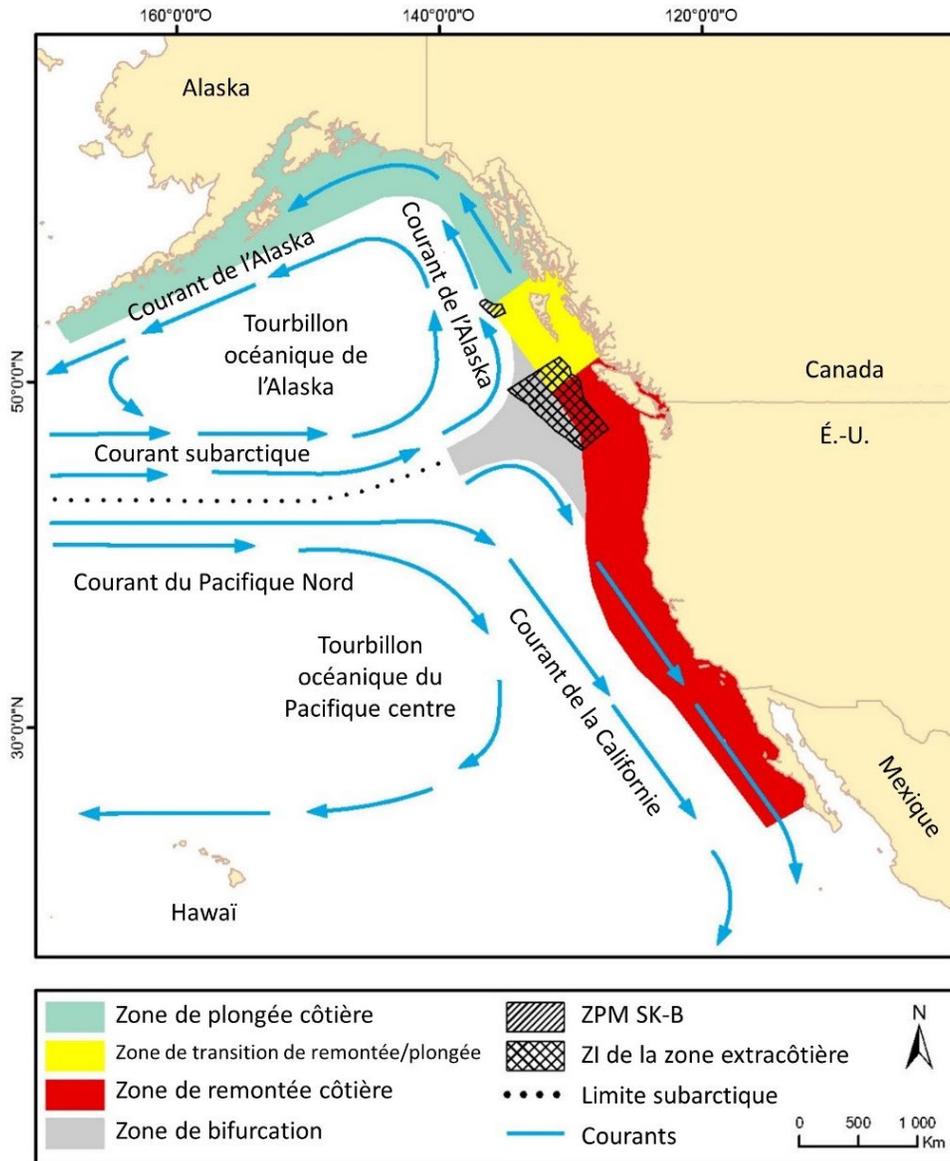


Figure 4. Représentation schématique de l'emplacement de la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B) dans la zone de circulation du Pacifique Nord (créée par Rick Thomson, publiée dans Du Preez et Norgard 2022).

Si le tourbillon subpolaire s'étend et que la limite se déplace vers le sud, on peut prévoir une influence accrue des eaux subpolaires sur la ZPM SK-B et si le tourbillon subtropical s'étend vers le nord, alors c'est l'influence des eaux subtropicales qui devrait augmenter. Il n'y a pas de consensus sur le sens probable de la variation à l'avenir. Par exemple, Hristova et ses collaborateurs (2019) ont montré une tendance à la hausse du transport du tourbillon de l'Alaska dans le nord-est du Pacifique de 1993 à 2017. Cependant, le GIEC (2021) a signalé que l'intensification du tourbillon subpolaire du Pacifique Nord et l'expansion vers le nord du tourbillon subtropical depuis les années 1990 « sont probablement principalement attribuables à la variabilité interannuelle à décennale ». Cependant, on peut « affirmer avec un degré de confiance moyen que les tempêtes et leurs précipitations vont continuer à se déplacer vers le pôle dans le Pacifique Nord. » De plus, Rykaczewski et ses collaborateurs (2015) ont démontré que la réaction probable aux changements climatiques le long de la côte Ouest de l'Amérique

du Nord était un déplacement vers le pôle des vents de remontée. En bref, on peut s'attendre à des changements et une variabilité continus de l'environnement océanographique et atmosphérique entourant la ZPM SK-B.

La zone du minimum d'oxygène (ZMO) est une caractéristique dominante des propriétés de l'eau dans le Pacifique Nord-Est; elle présente des conditions hypoxiques entre environ 480 m et 1 700 m (Whitney *et al.* 2007; Cummins et Ross 2020; Ross *et al.* 2020). La zone du minimum d'oxygène fait partie de l'environnement océanique de la ZPM SK-B (Gale *et al.* 2017 : Figure 8; Du Preez et Norgard 2022). D'après une analyse des mesures in situ et un modèle global d'oxygène, le mont sous-marin SK-B coupe transversalement toute la zone du minimum d'oxygène et affiche 6,7 ml l⁻¹ O₂ à son sommet, le mont sous-marin Hodgkins coupe transversalement la zone très hypoxique de la zone du minimum d'oxygène (< 0,5 ml l⁻¹ O₂) et affiche 0,5 ml l⁻¹ O₂ à son sommet, et le mont sous-marin Davidson/Pierce traverse la limite inférieure de la zone du minimum d'oxygène (sous la zone très hypoxique) et affiche 0,5 ml l⁻¹ O₂ à son sommet (Du Preez et Norgard 2022).

L'oxygène dissous présente une importante variabilité temporelle et spatiale au-dessus de la zone du minimum d'oxygène. Crawford et Peña (2016) ont montré qu'à la station P (dans le tourbillon subpolaire), l'oxygène dissous sur l'isopycne de 26,9 kg m⁻³ affichait une tendance à la baisse avec un fort cycle de 18,6 ans (probablement causé par la modulation nodale lunaire du mélange des marées dans la mer d'Okhotsk, dans l'ouest du Pacifique). Cependant, la tendance s'est réduite et le cycle de 18,6 ans a disparu dans la région dominée par les tourbillons à l'est (la zone de transition). Sur le haut du talus continental (l'isopycne de 26,7 kg m⁻³, à environ 250 m de profondeur), la tendance temporelle était à de faibles valeurs d'oxygène dissous dans les années 1950, à des valeurs élevées dans les années 1970 à 1980 et à des valeurs à la baisse jusqu'en 2012, lorsque l'analyse a pris fin (Crawford et Peña 2016). Cette tendance temporelle s'étend de la Californie à la Colombie-Britannique et est une caractéristique du sous-courant de la Californie. Il est nécessaire de surveiller l'oxygène dissous à proximité de la ZPM SK-B afin de déterminer la variabilité temporelle et de surveiller les tendances, car les valeurs de l'oxygène diminuent sous la couche de mélange de surface dans le nord-est du Pacifique (Cummins et Ross 2020; Ross *et al.* 2020).

Ross et ses collaborateurs (2020) ont fourni un examen détaillé de l'environnement d'oxygène et d'acidification des océans (horizon de saturation en calcite) dans le site d'intérêt de ThT (figure 2A). On peut raisonnablement supposer que leurs conclusions sont valables pour la ZPM SK-B jusqu'à ce que la surveillance prouve le contraire. Par conséquent, on peut s'attendre à ce que la limite inférieure de la zone du minimum d'oxygène sur le mont sous-marin SK-B descende de plus en plus profondément, à raison de 3 m par année, et à un exhaussement de l'horizon de saturation en calcite d'environ 1,7 m par année depuis les années 1980.

1.2.3. Écologie

Les animaux recensés dans la ZPM SK-B vont d'espèces courantes dans les zones côtières (mais souvent à de plus grandes profondeurs; Canessa *et al.* 2003) à des espèces des eaux libres et à des espèces rares et nouvellement découvertes des grands fonds (p. ex. Reiswig 2015; Gartner *et al.* 2022) (figure 5). En tant que ZIEB, les monts sous-marins fournissent des habitats importants à de nombreuses espèces préoccupantes, ainsi qu'à des espèces ayant une valeur sociale, culturelle et commerciale, y compris des coraux et des éponges d'eau froide, **k'ats** des espèces de sébastes (*Sebastes* spp.), **x aguu** le flétan du Pacifique (*Hippoglossus stenolepsis*), **skil** la morue charbonnière (*Anoploploma fimbria*), des mammifères marins, des oiseaux de mer et autres (Ban *et al.* 2016; MPO 2019a; Du Preez et Norgard 2022). Canessa et ses collaborateurs (2003) ont dressé des listes d'espèces pour la ZPM SK-B, mises

à jour pour l'analyse dans Rubidge *et al.* (2018), résumées par groupes d'espèces benthiques dans Gauthier *et al.* (2018a-c), actualisées et récapitulées en fonction des expéditions récentes sur les monts sous-marins (Du Preez et Norgard 2022) et présentées ici sous forme d'inventaire complet à jour des espèces avec des renseignements supplémentaires (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10 : 771 taxons documentés sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, dont 471 dans la ZPM SK-B; comprend des renseignements sur les taxons, l'âge, la durée de génération, la tranche d'eau, les rapports et l'état de conservation).

échantillons de tissus connexes pour qu'une étude taxonomique puisse déterminer l'identification des espèces, y compris les espèces nouvelles sur le plan scientifique.

La section suivante met en évidence la diversité biologique trouvée dans la ZPM à ce jour, et d'autres découvertes sont prévues lors des prochaines expéditions. En plus des renseignements les plus à jour sur la ZPM SK-B, ce document est enrichi des connaissances actuelles sur les écosystèmes des monts sous-marins avoisinants, comme le mont sous-marin Cobb, qui est situé à 500 km au sud-ouest de l'île de Vancouver. À bien des égards, le mont sous-marin Cobb ressemble au mont sous-marin SK-B. Les deux sont considérés comme rares à l'échelle mondiale en raison de leurs sommets extrêmement peu profonds. Ce sont les deux seuls monts sous-marins de la région du Pacifique Nord-Est qui appartiennent à la classe H5 – l'une des sept classes de monts sous-marins que l'on trouve dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique (Du Preez et Norgard 2022). Les classes sont fondées sur des caractéristiques du mont sous-marin qui présentent une importance écologique et renseignent sur les espèces, les communautés, les habitats et les fonctions des écosystèmes fournies, entre autres caractéristiques. Sur les 62 monts sous-marins actuellement cartographiés dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, le mont sous-marin SK-B est le seul de la classe H5, le mont sous-marin Hodgkins est l'un des trois rares de la classe H3 (c.-à-d. probablement semblable aux monts sous-marins Dellwood et Explorer dans le site d'intérêt ThT) et le mont sous-marin Davidson/Pierce est l'un des neuf monts sous-marins de la classe H2 (Du Preez et Norgard 2022).

En raison du cycle biologique des habitants de la ZPM SK-B (p. ex. bon nombre d'entre eux peuvent avoir des centaines d'années, Du Preez et Norgard 2022 : Tableau A10) et du rythme rapide des effets d'activités humaines (p. ex. les pêches entrant en contact avec le fond), l'écosystème du mont sous-marin et ses espèces sont vulnérables aux perturbations (l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture désigne les monts sous-marins et leurs habitants comme des écosystèmes marins vulnérables (EMV); examen dans Du Preez et Norgard 2022). Il est essentiel de tenir compte de la résilience et du rétablissement des espèces et des groupes fonctionnels après différentes perturbations pour surveiller les changements dans les communautés des monts sous-marins de SK-B. La résilience des systèmes (la capacité de résister à une perturbation et de s'en remettre) peut prendre la forme de diverses réactions à la perturbation pendant la période de rétablissement et dans le nouvel état après la perturbation. Les réactions potentielles comprennent la résistance complète, l'épuisement et le rétablissement complet, la compensation/l'épuisement et le rétablissement partiel, le rétablissement à un état de recharge et l'absence de rétablissement avec un potentiel de dégradation continue (figure 6). Le temps de rétablissement jusqu'à la stabilisation dans des états après une perturbation varie grandement selon le cycle biologique de chaque espèce, des invertébrés à courte durée de vie aux coraux d'eau froide et aux sébastes centenaires. Le temps de rétablissement doit également tenir compte du décalage entre la perturbation et la réaction – par exemple, les coraux d'eau froide autour du déversement de pétrole de la plateforme Deepwater Horizon se dégradèrent encore une décennie après la perturbation; l'ampleur complète de l'impact restera inconnue pendant des décennies ou des siècles (Girard et Fisher 2018; Girard *et al.* 2018). Une surveillance de référence est nécessaire pour déterminer le type et les détails de la réaction à une perturbation.

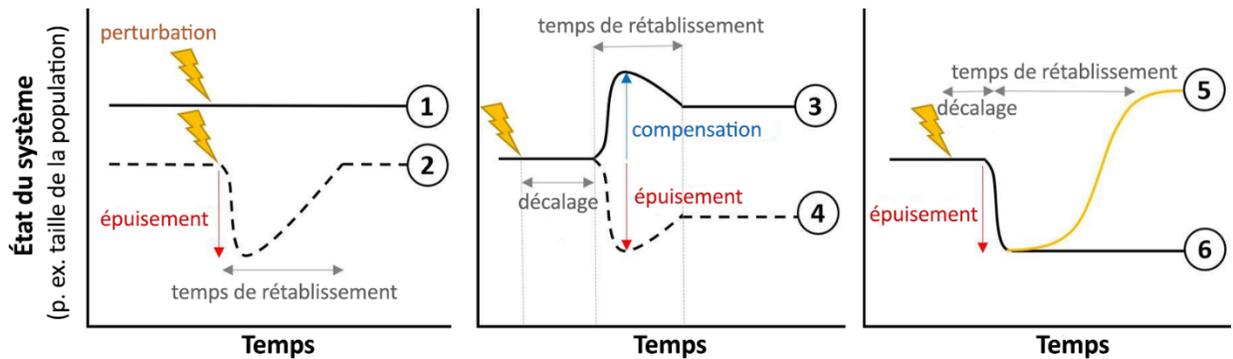


Figure 6. Comparaison entre six réactions à une perturbation et les éléments de résilience. Après une perturbation, l'état du système (p. ex. la taille de la population) change en fonction de l'état initial, du point de basculement, de la réaction (p. ex. épuisement ou compensation), etc., ce qui crée une gamme d'états possibles du système et définit la résistance à la perturbation. Le délai entre la perturbation et la réaction établit le décalage. Le temps nécessaire pour se stabiliser dans l'un des multiples résultats possibles après la perturbation détermine le temps de rétablissement. Les états du système après une perturbation comprennent : (1) le même état initial qu'avant la perturbation (résistant), (2) le rétablissement complet à l'état initial, (3) le rétablissement partiel à un état compensatoire, (4) le rétablissement partiel à un état réduit, (5) le rétablissement à un état de recharge (p. ex. composition différente) et (6) l'absence de rétablissement avec dégradation continue potentielle.

1.2.3.1. Invertébrés

Les invertébrés sont un groupe diversifié d'animaux de plus de 30 phyla, caractérisés comme n'ayant pas de colonne vertébrale (Brusca et Brusca 1990). Sur les monts sous-marins, ces animaux vont de crustacés microscopiques occupant tous les petits espaces disponibles (p. ex. amphipodes dans les sédiments et les crevasses des roches), à des tapis d'ophiures détritivores et suspensivores, en passant par de grands prédateurs comme les octopodes. La composition des espèces dans une zone d'un mont sous-marin est influencée par le substrat ou l'habitat disponible, la profondeur (et les caractéristiques abiotiques correspondantes) et la disponibilité de la nourriture (p. ex. Morgan *et al.* 2019). Les espèces d'invertébrés occupent de nombreuses niches écologiques et parfois différents niveaux trophiques, bien que, principalement, les communautés d'invertébrés relient la production primaire d'une zone en haut de la chaîne trophique aux prédateurs plus grands (et souvent migrants), comme les grands poissons, les requins et les mammifères marins. Les assemblages d'invertébrés définissent la majorité des zones rares ou uniques découvertes dans la ZPM SK-B et dans d'autres monts sous-marins du Pacifique Nord-Est (figure 7) (Du Preez et Norgard 2022).

On a identifié 578 taxons d'invertébrés sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, dont 350 sont documentés dans la ZPM SK-B (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10). En 2015, on a appliqué un Cadre d'évaluation du risque écologique (O *et al.* 2015) à des espèces connues pour la ZPM SK-B (Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018) et déterminé les composantes écosystémiques importantes suivantes pour les invertébrés (cotes de risque les plus élevées) : *Isidella tentaculum*, *Primnoa* sp., la communauté d'invertébrés benthiques (y compris la galathée *Munida quadrispina*), les habitats de coraux et les habitats d'éponges (figure 7). Des précisions sont données ci-après sur ces groupes de composantes écosystémiques importantes.

Coraux et éponges d'eau froide

Les coraux et les éponges d'eau froide sont des animaux appartenant aux phyla des cnidaires et des porifères, respectivement. Les deux sont des consommateurs primaires; les colonies coralliennes de petits polypes prélèvent leur nourriture dans la colonne d'eau environnante et

les éponges pompent et filtrent l'eau environnante dans leur corps (Brusca et Brusca 1990). Les monts sous-marins sont des environnements où les coraux et les éponges d'eau froide prospèrent, car ils fournissent des substrats durs, comme un substrat rocheux et des rochers, où les invertébrés peuvent s'établir et grandir (Watling et Auster 2017). De plus, la structure physique des monts sous-marins est idéale pour les filtreurs, comme les coraux et les éponges d'eau froide, car l'écoulement est renforcé par la topographie rugueuse et l'augmentation de l'écoulement de fond (Genin *et al.* 1986). Par exemple, sur le mont sous-marin Cobb, la rugosité était le deuxième indicateur environnemental le plus important des processus de structuration communautaire (après la profondeur; Du Preez *et al.* 2016).

Les données sur les coraux d'eau froide dans la ZPM SK-B proviennent de relevés scientifiques et des enregistrements des prises accessoires dans la pêche (p. ex. Gautier *et al.* 2018a). La ZPM SK-B abrite les trois ordres de coraux considérés comme des espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables (alcyonacés, antipathaires et scléactiniaires; MPO 2019a). L'expédition de 2018 dans la ZPM SK-B a permis d'identifier plus d'espèces et de répartitions pour les monts sous-marins; d'après les analyses préliminaires, il pourrait y avoir deux nouvelles espèces de coraux pour la science (Merlin Best, MPO, Sidney, C.-B., pers. comm.; Garter *et al.* 2022).

Isidella tentaculum fait partie de la famille des Isididés, les coraux bambous des grands fonds. Les Isididés documentés dans les eaux de la Colombie-Britannique sont *I. tentaculum*, *Isidella* spp., *Keratoisis* spp. et *Lepidisis* spp. (Wilborn *et al.* 2021; Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10). *I. tentaculum* est une espèce relativement nouvelle pour la science qui est caractérisée comme une importante espèce formant des habitats, abondante et remarquable (Etnoyer 2008). *I. tentaculum* a été jugée comme une composante écosystémique importante, car sa répartition en profondeur la met en péril en raison de la pêche à la morue charbonnière; il s'agit d'une espèce longévive, sensible aux perturbations et aux agents de stress (Rubidge *et al.* 2018). *I. tentaculum* a été documentée sur les deux monts sous-marins les moins profonds de la ZPM SK-B, mais pas sur le mont sous-marin Davidson/Pierce (probablement trop profond) (Du Preez et Norgard 2022). Il y a un habitat corallien unique, composé d'épais taillis de grands *I. tentaculum* (de 1 à 2 m de hauteur) sur la rupture du sommet de la crête est du mont sous-marin SK-B, couvrant une zone de plusieurs centaines de mètres entre 550 et 600 m de profondeur (Du Preez et Norgard 2022) (figure 7L).

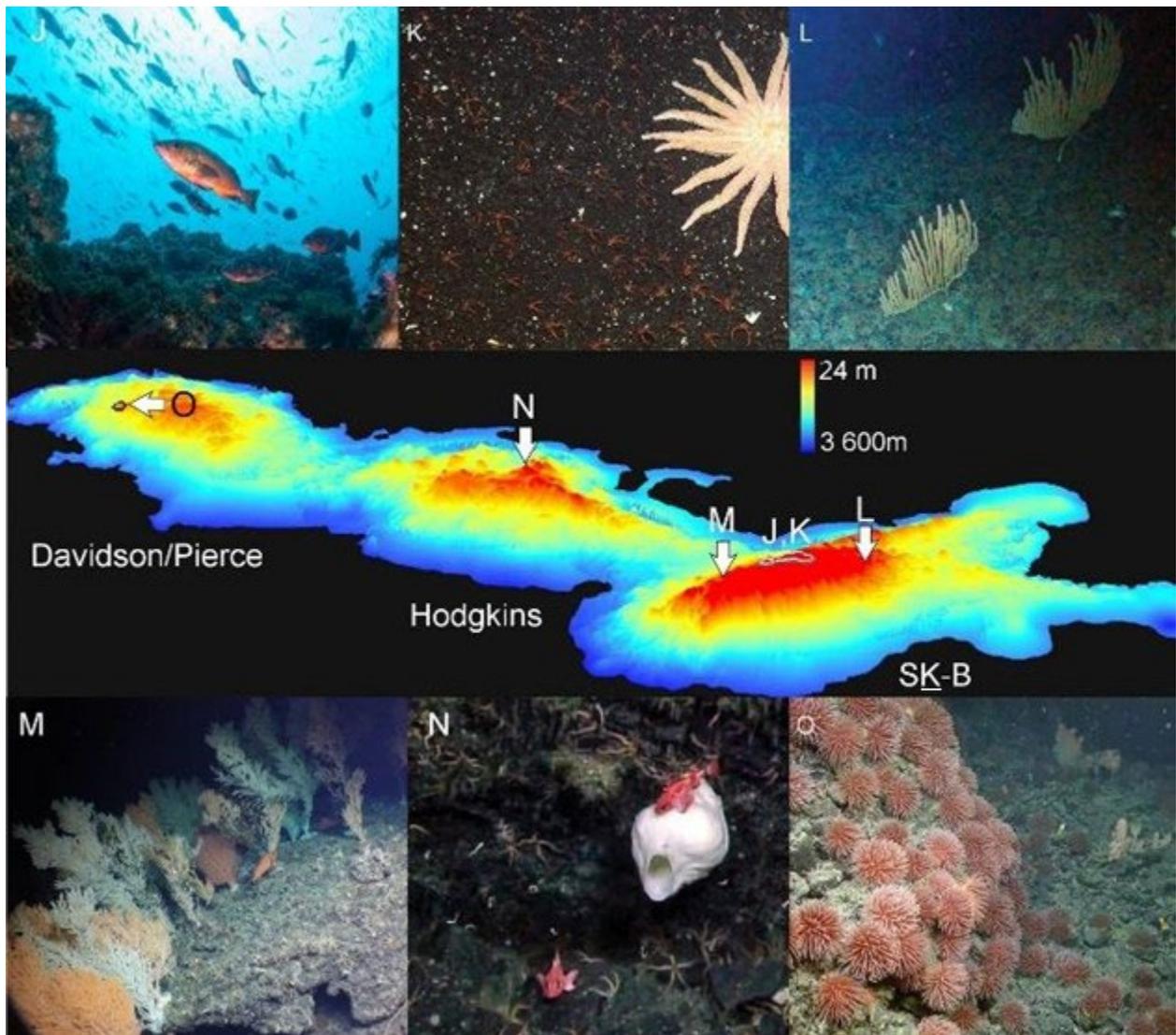


Figure 7. Exemples d'espèces, d'habitats et de communautés (définis par les invertébrés) uniques ou rares dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique (BZEP), qui se trouvent dans la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B). (J) Le sommet éclairé par le soleil du mont sous-marin du SK-B soutient des animaux côtiers au-dessus de 130 m de profondeur (ligne blanche) et (K) des regroupements denses et étendus de galathées (*Munida quadrispina*) au-dessus de 190 m de profondeur (ligne grise). Le mont sous-marin abrite également des espèces et des habitats plus profonds et rares dans la région, comme les forêts denses de la grande gorgone (L) *Isidella tentaculum* et (M) le corail orangé du Pacifique *Primnoa pacifica*, entre 550 et 600 m et de 230 et 450 m de profondeur, respectivement. Ses deux monts sous-marins jumeaux soutiennent également des assemblages rares dans les profondeurs de leurs sommets, notamment des jardins d'éponges pouvant servir de zones de croissance pour les jeunes poissons (sur le sommet du mont sous-marin Hodgkins, à environ 600 m) et (O) des jardins denses d'anémones pompon (*Liponema brevicorne*), de coraux noirs et d'éponges siliceuses (sur le sommet du mont sous-marin Davidson/Pierce, entre 1 180 et 1 500 m de profondeur environ (ligne noire)). Figure tirée de Du Preez et Norgard (2022).

Le genre *Primnoa* est un représentant de la famille des Primonidae. Les noms communs de la plupart des espèces de cette famille contiennent les noms comme « gorgone », « plume de mer » et « corail arborescent » en raison de la nature ramifiée caractéristique qui donne lieu à des colonies en éventail, arbustives ou en forme d'arbre. Neuf espèces de la famille des

Primnoidae sont connues dans les eaux de la Colombie-Britannique (Wilborn *et al.* 2021). Les espèces de Primnoidae formant des habitats et très abondantes dans la ZPM SK-B appartiennent notamment aux genres *Parastenella*, *Paragorgia* et *Primnoa*, avec des espèces représentatives présentes sur les trois monts sous-marins, à l'exception de *Primnoa* spp. sur les monts sous-marins Hodgkins et Davidson/Pierce (Du Preez et Norgard 2022). La *Primnoa* sp. mentionnée comme une composante écosystémique importante a été décrite comme une « *Primnoa* blanche » et on la pense endémique à la ZPM SK-B. Des travaux moléculaires effectués à partir d'échantillons prélevés en 2018 ont permis de déterminer que l'espèce blanche *Primnoa* est une forme colorée du corail orangé du Pacifique *P. pacifica* (données inédites, voir Gartner *et al.* 2022 : annexe 5) (voir les formes de couleur blanche et rouge à la figure 7M). Cette composante écosystémique importante de l'espèce a été choisie en partie parce qu'elle présente de nombreuses similitudes écologiques avec *I. tentaculum*, mais qu'elle est très abondante sur le mont sous-marin SK-B à des profondeurs moins grandes (au-dessus de 457 m, dans différentes zones de gestion à l'époque; Rubidge *et al.* 2018). En 2018, une incroyable forêt de *P. pacifica* a été découverte à la rupture du sommet de la crête ouest du mont sous-marin SK-B, s'étendant sur plus d'un kilomètre du fond marin entre 230 et 450 m de profondeur (Du Preez et Norgard 2022) (figure 7M). La forêt regorgeait d'une grande diversité d'animaux associés aux habitats coralliens, y compris le sébaste à œil épineux/à taches noires (*Sebastes aleutianus/melanostichus*) qui se réfugiait sous et autour des grands coraux de 3 mètres de haut (comme dans Du Preez et Tunnicliffe 2011).

On a relevé au moins 58 taxons coralliens sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, dont 30 ont été documentés dans la ZPM SK-B (beaucoup plus que ceux qui figurent sur la liste, y compris plusieurs espèces de *Swiftia* spp., des forêts denses du corail noir *Chrysopathes* sp., un assemblage diversifié de véritables coraux mous, de pennatules, de madréporaires et d'hydrocoraux) (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10). Toutes ces espèces de coraux peuvent contribuer à la composante écosystémique importante de l'habitat corallien. De plus, les éponges formant des habitats ont été désignées comme une autre composante écosystémique importante de l'habitat, avec les cotes de risque les plus élevées (Rubidge *et al.* 2018).

Les coraux et les éponges d'eau froide sont capables de modifier la structure du fond marin de façons qui sont utilisées par d'autres organismes. L'importance, pour les fonctions de l'écosystème, de l'habitat structurel qu'ils apportent a été documentée dans de nombreuses études et examinée dans Freiwald et Roberts (2005). En créant la complexité de l'habitat physique, ces bioingénieurs assurent des fonctions clés : le refuge contre la prédation pour les petits invertébrés et poissons planctoniques et benthiques (figure 7N), les aires d'alimentation pour les brouteurs et les prédateurs, les sites de repos contre les courants forts en modifiant l'écoulement, la rétention des nutriments et l'entraînement du plancton près des sédiments (Tissot *et al.* 2006). En général, ils servent de caractéristiques de regroupement pour la vie marine (Boutillier *et al.* 2010) et contribuent largement au réseau trophique local. En outre, ces fonctions se combinent pour faire de ces communautés les zones les plus riches en espèces parmi les écosystèmes marins, représentant des points chauds de la biodiversité pour les invertébrés et soutenant généralement une abondance élevée de poissons. Contrairement aux récifs tropicaux, les températures froides et l'approvisionnement alimentaire inégal dans les grands fonds signifient que la plupart des coraux d'eau froide ont des taux de croissance réduits et des taux de recrutement sporadiques ou faibles. Ces caractéristiques du cycle biologique et leur longévité indiquent que les coraux et les éponges d'eau froide (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10) ont une capacité réduite de rétablissement après des perturbations, comme les pêches entrant en contact avec le fond (Du Preez *et al.* 2020). On sait que la pêche à la morue charbonnière se pratique principalement le long des talus du mont sous-marin SK-B, perpendiculairement aux lignes de niveau à des profondeurs comprises entre 457 et 1 500 m et

qu'elle chevauche largement la répartition de ces espèces de coraux formant des habitats (Doherty et Cox 2017). Le temps nécessaire pour détecter ces changements sera essentiel pour guider les efforts de surveillance (p. ex. fréquence, taille de l'échantillon).

Pour les éponges, les formes morphologiques telles que les incrustations épaisses, les boules et les corps ramifiés en forme d'entonnoir ou d'éventail influent sur les courants près du fond et les profils de sédimentation. Bien que certains des spicules siliceux des espèces qui ne forment pas de récifs se dissolvent rapidement, on observe une certaine accumulation d'excréments et de spicules provenant d'éponges mortes entre et sous les espèces vivantes. Ces spicules peuvent former un épais tapis sédimentaire stabilisateur, qui constitue un type spécial de fond et abrite une faune riche d'espèces de petite taille (Conseil international pour l'exploration de la mer [CIEM] 2009). Dans les habitats à faible débit, les squelettes d'espèces qui ne forment pas de récifs peuvent demeurer intacts pendant si longtemps qu'ils offrent un relief avantageux pour la croissance d'autres coraux et éponges (observations visuelles pour l'expédition de 2018, Cherisse Du Preez).

La taxonomie des éponges est assez complexe et comporte généralement l'examen de petites structures morphologiques, appelées spicules, au microscope. Il peut être difficile d'identifier les éponges à partir des seules images, car leur morphologie brute peut changer en fonction de l'habitat, du courant, etc. (Henry Reiswig, Royal BC Museum, Victoria, C.-B., comm. pers.). Il existe quatre classes d'éponges en fonction de la composition de leurs spicules : les démosponges et les homoscléromorphes ont des spicules siliceux, les éponges calcaires ont des spicules calcaires et les hexactinellides ont des spicules en silice ou en verre. Des espèces représentatives de toutes les classes ont été identifiées dans la ZPM SK-B (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10). Les éponges fournissent des habitats à d'autres espèces, mais en particulier, les hexactinellides (ou éponges siliceuses) sont maîtres dans la construction de structures complexes. Bien qu'ils soient faits de verre, leurs spicules peuvent devenir grands avec des motifs structurels marqués (propres à l'espèce) et fusionner d'une manière qui les rend extrêmement solides (p. ex. Fernandes *et al.* 2021) (p. ex. la grande éponge en forme d'entonnoir *Pinulasma* sp., trouvée sur les trois monts sous-marins de la ZPMP; Clark 2022). Ces structures sont si solides que les individus peuvent pousser sur plusieurs mètres dans la colonne d'eau (p. ex. Wagner et Kelly 2016) et certaines espèces peuvent fusionner pour croître ensemble et former des récifs d'éponges siliceuses dont la superficie peut atteindre des centaines de kilomètres carrés (p. ex. récifs du détroit d'Hécate et du détroit de la Reine-Charlotte; Conway *et al.* 2001).

On trouve au moins 66 taxons d'éponges sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, dont 31 ont été documentés dans la ZPM SK-B, y compris les grandes espèces formant des habitats, *Chonelasma oreia*, *Farrea* spp., *Tretrodictyum* n. sp., *Pinulasma* n. sp. et *Hexactinella* n. sp. (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10). Beaucoup ne sont pas résolus au niveau de l'espèce, car il est nécessaire d'examiner les spicules pour confirmer les identifications et en raison de l'immense quantité de travail de taxonomie des éponges en cours. Il est essentiel d'avoir des spécimens de référence pour déterminer la biodiversité des fonds marins. En 2015, une nouvelle espèce d'éponge siliceuse a été décrite à l'aide d'un échantillon récupéré dans les prises accessoires de la pêche à la morue charbonnière dans la ZPM SK-B. L'espèce *Doconesthes dustinchiversi* a été documentée comme le premier membre du genre *Doconesthes* signalé en dehors de l'océan Atlantique Nord et le tout premier découvert dans l'océan Pacifique (Reiswig 2015). L'année suivante, deux éponges collectées de la même manière ont été identifiées comme de nouvelles espèces précédemment inconnues des scientifiques (*Rhabdocalyptus trichotis* et *Pinulasma bowiensis*; Reiswig 2018). Des échantillons prélevés au cours de l'expédition de 2018 dans la ZPM SK-B ont permis à la science de découvrir sept nouvelles espèces (descriptions inédites de feu Henry

Reiswig; Gartner *et al.* 2022 : annexe 5). Ces découvertes permettent de penser que la ZPM pourrait contenir d'autres espèces qui sont à l'heure actuelle inconnues dans le Pacifique Nord, et cela souligne l'importance des recherches et de la surveillance en cours dans la zone.

Autres invertébrés benthiques

Les taxons benthiques des monts sous-marins vivent dans et sur différents substrats, allant des sédiments non consolidés à des roches basaltiques en coussins. Dans la ZPM SK-B, ces habitats se trouvent à des profondeurs d'environ 3 300 m à 24 m de la surface de l'océan. Ce gradient de profondeur couvre plusieurs limites bathymétriques dont le nombre et les caractéristiques déterminent le renouvellement et la structure d'assemblage des espèces (McClain *et al.* 2010). Les différentes zones bathymétriques soutiennent divers habitants tolérant les gradients environnementaux liés à la profondeur. Par exemple, les nutriments, l'oxygène et l'acidité de l'océan influent directement ou indirectement sur l'alimentation, la répartition, la respiration, le métabolisme, la croissance, la dissolution, le comportement, la reproduction et, en fin de compte, la survie (Ross *et al.* 2020).

Les communautés d'invertébrés benthiques présentes dans la ZPM SK-B ont été identifiées pendant la phase de définition de la portée du Cadre d'évaluation du risque écologique, mais n'ont pas été incluses dans l'évaluation des risques. Ces communautés devraient être prises en compte dans les futures applications du Cadre d'évaluation du risque écologique, tout comme dans l'élaboration d'indicateurs écosystémiques et fondés sur les risques supplémentaires (Thornborough *et al.* 2016). Les espèces de coraux et d'éponges d'eau froide qui contribuent à ces communautés ont été présentées dans la section précédente. Les autres espèces d'invertébrés benthiques de ces communautés seront prises en compte dans le document de recherche en fonction de leur habitat et de leur mobilité, car ces facteurs influencent la façon dont nous surveillons ces espèces.

Les invertébrés endofauniques habitent tous les substrats non consolidés de la ZPM. Les espèces courantes d'invertébrés endofauniques sur les monts sous-marins sont souvent des nématodes, des copépodes, des polychètes, des percarides et des mollusques (Rogers 2018). Bien que les études menées dans la ZPM SK-B n'aient pas ciblé les spécimens benthiques (p. ex. les carottes sous pression de 2018 ont été utilisées pour les analyses des nutriments et de l'ADN (acide désoxyribonucléique); Gartner *et al.* 2022), de nombreux taxons ont été enregistrés et sont observés par imagerie (p. ex. les térébelles; voir Gauthier *et al.* 2018b). Un exemple d'échantillonnage ciblé de l'endofaune a été présenté lors de l'expédition de 2018 dans la ZPM SK-B; on a collecté des spécimens du genre *Chateopterus*, un polychète tubicole qui peut construire son tube dans des sédiments ou se fixer à un habitat rocheux, afin d'essayer de résoudre le travail taxonomique sur ce genre (Gartner *et al.* 2022 : annexe 5). Les espèces endofauniques jouent un rôle important dans la bioturbation (p. ex. Norling *et al.* 2007) et Yang et ses collaborateurs (2020) ont démontré une bioturbation renforcée autour des monts sous-marins dans le nord-ouest du Pacifique.

Les invertébrés épifauniques vivent sur le substrat. Environ 96 taxons ont été considérés comme des composantes écosystémiques importantes durant le Cadre d'évaluation du risque écologique (Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018). La liste montre clairement la combinaison unique d'espèces courantes des zones côtières peu profondes, comme les bryozoaires (p. ex. *Bugula* spp.) qui forment des habitats, et d'espèces des grands fonds, comme les crabes royaux (p. ex. *Paralithodes camtschaticus*). Les invertébrés peuvent être décrits souvent par leur capacité à se déplacer; les animaux sédentaires et sessiles sont attachés au substrat ou ont peu de motilité pour se déplacer à partir de leur emplacement, tandis que les animaux motiles peuvent se déplacer librement (Brusca et Brusca 1990). Il est important de tenir compte de ces deux modes de motilité, à la fois dans la façon dont on peut

étudier ces animaux, mais aussi dans la façon dont ils peuvent réagir aux perturbations et s'en rétablir. Par exemple, les galathées (*Munida quadrispina*) ont été identifiées comme une composante écosystémique importante des espèces pendant le processus du Cadre d'évaluation du risque écologique, mais leur cote est inférieure à celle des autres composantes écosystémiques importantes, car elles peuvent réagir et contourner les impacts benthiques que les invertébrés sessiles ne peuvent pas éviter (Rubidge *et al.* 2018). Un assemblage dense de *M. quadrispina* vit sur le plateau de gravier peu profond du mont sous-marin SK-B (figure 7K). Compte tenu de sa répartition et de sa densité, cette population joue probablement un rôle important dans le transfert d'énergie du mont sous-marin, représentant une grande proportion de la productivité benthique et de la biomasse locales (Du Preez et Norgard 2022). Les collectes effectuées en 2018 ont confirmé l'identification de *M. quadrispina*, ainsi que la présence d'autres membres de la famille des Munidés dans la ZPM. En consultation avec un expert en taxonomie, les espèces supplémentaires n'ont pas été résolues, car des efforts taxonomiques mondiaux portent actuellement sur cette famille, en particulier pour les fonds marins (Greg Jensen, Université de Washington, Seattle, Washington, É.-U., comm. pers.; Gartner *et al.* 2022 : annexe 5).

L'assemblage d'invertébrés benthiques comprend un groupe diversifié d'animaux dont les taux de longévité, de croissance et de recrutement sont variables. La diversité de ces caractéristiques indique que l'assemblage d'invertébrés benthiques peut avoir des capacités différentes de réagir aux perturbations et de se rétablir. En plus de celles décrites ci-dessus, deux autres occurrences notables d'assemblages d'invertébrés rares ou uniques dans la ZPM ont été récemment documentées dans l'expédition de 2018 (Du Preez et Norgard 2022). L'assemblage dense d'anémones pompon (*Liponema brevicorne*) au sommet du mont sous-marin Davidson/Pierce (environ 1,5 km² entre 1 180 et 1 500 m; cooccurrent avec une forêt dense de coraux noirs *Lillipathes* cf. *wingi* et d'éponges siliceuses *Farrea* spp.) (figure 7O) et les tapis vivants d'ophiures sur le mont sous-marin SK-B entre environ 500 et 700 m de profondeur (*Ophiacantha diplasia*, *Ophiacantha eurypoma*, *Ophiacantha rhachophora*, *Ophiopholis bakeri*, *Ophiopholus longispina*; probablement d'autres *Ophiopholus* et *Ophiacantha* spp.) (figures 7L et M). Comme les galathées (mais probablement plus), l'assemblage des espèces d'ophiures joue sans doute un rôle important dans le transfert d'énergie du mont sous-marin, représentant une proportion massive de la productivité benthique et de la biomasse locales (sujet de la thèse de maîtrise en préparation, Pandora Gibbs). Les analyses préliminaires donnent fortement à penser que la concentration d'oxygène dans la zone du minimum d'oxygène contrôle la limite inférieure de la répartition de ces espèces, et donc que les effets des changements climatiques sur la zone du minimum d'oxygène pourraient avoir une incidence sur leur répartition et, étant donné qu'elles sont mobiles, que leur répartition peut être utile comme indicateur biologique des niveaux d'oxygène importants sur le plan écologique. Bien qu'ils soient considérés comme des espèces généralistes, les crinoïdes sont d'autres invertébrés abondants dans la ZPM qui sont souvent examinés dans les écosystèmes des grands fonds en tant qu'espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables (mentionnés comme une composante écosystémique importante des espèces potentiellement négligée dans Du Preez et Norgard 2022).

De plus, les invertébrés ont des stratégies de cycle biologique complexes qui varient d'un taxon à l'autre. Cependant, la plupart passent par une sorte de phase pélagique pendant la reproduction, et peuvent alors faire partie de la communauté planctonique (voir plus loin). Les assemblages et le recrutement des invertébrés sont donc aussi tous grandement influencés par les conditions et les facteurs dans la colonne d'eau.

1.2.3.2. Algues

Selon la définition donnée dans le plan de gestion de la ZPM SK-B, les habitats benthiques sensibles sont « vulnérables aux activités humaines proposées ou en cours. La vulnérabilité est

déterminée selon le degré des dommages que les activités humaines peuvent avoir sur l'habitat benthique, notamment la dégradation des fonctions de l'écosystème et la perturbation de la productivité. Les habitats biogènes, comme ceux créés par les coraux et les éponges d'eau froide, et les éléments physiques complexes du fond marin sont des exemples courants d'habitats benthiques sensibles. » Les évaluations fondées sur les risques pour la ZPM SK-B (O *et al.* 2015; Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018) ont déterminé que quatre groupes d'habitats étaient des composantes écosystémiques importantes : les coraux d'eau froide, les éponges, les macroalgues et les algues coralliennes (les deux premières composantes écosystémiques importantes des habitats ont été couvertes dans la section précédente sur les invertébrés).

Le mont sous-marin SK-B est peu profond et s'élève à moins de 24 m de la surface. Il s'agit d'une occasion unique pour le substrat disponible en haute mer dans la zone photique. Les algues sont des organismes à chlorophylle qui photosynthétisent et fournissent une rare production primaire in situ dans les chaînes alimentaires marines. Les premières études (résumées dans Canessa *et al.* 2003) ont décrit le sommet du mont sous-marin SK-B dominé par des algues rouges, brunes et incrustantes à un degré de richesse en espèces généralement limité à des régimes peu profonds, à courant modéré ou exposés aux vagues dans les milieux côtiers. Dans la biorégion de la zone extracôtère du Pacifique, 200 m marquent la limite inférieure de la zone euphotique et on a observé des algues croissant à 160 m et plus de profondeur sur le mont sous-marin SK-B (Gauthier *et al.* 2018a; Du Preez et Norgard 2022). Certains taxons sont présents sur le mont sous-marin SK-B à des profondeurs supérieures à celles jamais enregistrées pour les espèces (Canessa *et al.* 2003). La région du sommet du mont sous-marin SK-B, où l'on peut avec confiance s'attendre à trouver des varechs et des algues, couvre 5 km² (<130 m de profondeur) et crée une oasis sur une île marine peu profonde pour des espèces typiquement côtières (Du Preez et Norgard 2022). On a documenté au moins 31 taxons d'algues sur le mont sous-marin SK-B, principalement des algues brunes et rouges (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10).

Les macroalgues ont tendance à être charnues et hautes, fournissant une structure tridimensionnelle complexe. On a déterminé qu'il s'agit d'un habitat important où les invertébrés et les poissons peuvent vivre, frayer et grandir, et qui constitue une source de nourriture pour de nombreux taxons (Thornborough *et al.* 2016). Sur le mont sous-marin SK-B, on trouve des macroalgues brunes, rouges et vertes (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10). Les détritiques d'algues représentent une importante exportation de carbone organique et d'éléments nutritifs dans les écosystèmes des grands fonds; la présence d'algues sur le sommet du mont sous-marin SK-B peut donc avoir un important effet descendant, pour ses monts sous-marins jumeaux, et même accroître la biomasse dans les plaines bathyales environnantes (une fonction écosystémique unique assurée par le mont sous-marin SK-B; Du Preez et Norgard 2022). Sur le sommet du mont sous-marin SK-B, *Desmarestia* sp. (oseille de mer et *Desmarestia viridis*) sont les grandes algues dominantes (Rubidge *et al.* 2018).

Les algues coralliennes (rouges) sont dures, incrustantes ou ramifiées et fournissent un habitat structurel pour d'autres espèces sur le mont sous-marin SK-B. Les algues coralliennes ont été identifiées comme une composante écosystémique importante de l'habitat, car (1) elles jouent un rôle essentiel pour lier les matériaux des récifs dans une structure solide; (2) elles fournissent une structure bidimensionnelle pour l'établissement des larves; et (3) elles sont vulnérables à l'acidification des océans et peuvent donc en constituer un bon indicateur (Rubidge *et al.* 2018). De plus, les algues coralliennes sont plus vulnérables aux activités qui entraînent la remise en suspension des sédiments en raison de leur nature incrustante (MPO 2015a).

Comparativement aux autres composantes écosystémiques importantes des habitats, les algues ont une durée de vie plus courte et leur abondance et leur répartition peuvent être très saisonnières. Comme pour tous les indicateurs de surveillance, les caractéristiques du cycle biologique des espèces d'algues seront prises en compte dans tous les programmes de surveillance qui seront élaborés à l'avenir.

1.2.3.3. Poissons

Les poissons constituent le groupe de vertébrés le plus diversifié, avec environ 30 000 espèces spécialisées dans une multitude d'environnements aquatiques (Burton et Burton 2017). Les poissons sont caractérisés morphologiquement par leurs nageoires et leurs branchies; sur le plan écologique, ce sont souvent des prédateurs ayant la capacité de se déplacer rapidement et un système sensoriel complexe, même dans les stades juvéniles. En raison de la longue histoire évolutive et des adaptations de niche des poissons, certains genres ont des niveaux élevés de spéciation, en particulier les sébastes (*Sebastes* spp.; Hyde et Vetter 2007).

On trouve 121 espèces de poissons osseux, de raies et de requins sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, dont 81 sont documentées dans la ZPM SK-B (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10). Les espèces indiquées comme des composantes écosystémiques importantes comprennent le zaprora (*Zaprora silenus*), le loup ocellé (*Anarrhichthys ocellatus*), le flétan du Pacifique, la morue charbonnière et la limande-sole (*Microstomus pacificus*) (Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018). Il y a 30 espèces de sébastes et de sébastolobes (*Sebastes* spp. et *Sebastolobus* spp.) dans la ZPM SK-B (qui font toutes partie de la composante écosystémique importante de la communauté de sébastes), y compris les composantes écosystémiques importantes des espèces : sébaste à œil épineux/à taches noires (*Sebastes aleutianus/melanostictus*), sébaste aux yeux jaunes (*Sebastes ruberrimus*), veuve (*Sebastes entomelas*) et bocaccio (*Sebastes paucispinis*). À ce jour, huit espèces de requins, dont quatre espèces pélagiques (le grand requin blanc [*Carcharodon carcharias*], le requin pèlerin [*Cetorhinus maximus*], la taupe du Pacifique [*Lamna ditropis*] et le requin bleu [*Prionace glauca*]), ont été détectées dans la ZPM (Rubidge *et al.* 2018).

Bien que les enregistrements des pêches et les relevés par transects aient mis en lumière la diversité et l'abondance relative des poissons pélagiques que l'on trouve dans la ZPM, leur répartition et leur comportement (à l'intérieur et à l'extérieur des limites de la ZPM) nécessitent des recherches supplémentaires. On a observé une certaine connectivité entre les populations de poissons de la zone côtière et de la ZPM : Yamanaka et ses collaborateurs (2000) ont déterminé que le sébaste aux yeux jaunes présent sur le mont sous-marin SK-B n'est pas génétiquement distinct de celui de la côte de la Colombie-Britannique, et les données tirées du marquage indiquent que la morue charbonnière peut migrer des monts sous-marins vers la côte (et vice versa; Whitaker et McFarlane 1997); cependant, la fréquence et la phénologie de ces déplacements ne sont pas encore claires (p. ex. Beamish *et al.* 2006). À l'échelle du mont sous-marin, ce sont probablement des facteurs liés à la profondeur, comme la disponibilité de l'oxygène, qui influencent le plus la répartition des poissons pélagiques. Par exemple, le sébaste à œil épineux/à taches noires semble être limité aux zones oxiques supérieures des monts sous-marins dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique du Canada (c.-à-d. à moins de 450 m de profondeur), tandis que la morue charbonnière a été observée sur des monts sous-marins à des profondeurs allant jusqu'à 1 538 m et le flétan du Pacifique jusqu'à 1 765 m (Du Preez et Norgard 2022).

Dans le cas des poissons benthiques, les données sur la composition selon l'âge des prises de sébaste aux yeux jaunes sur le mont sous-marin SK-B indiquent que les facteurs démographiques peuvent agir à une échelle spatiale beaucoup plus petite (Canessa 2003), même si les analyses génétiques ont prouvé qu'un seul stock occupe la côte extérieure du

Pacifique (et un, la mer des Salish) (Siegle *et al.* 2013; Andrew *et al.* 2018). Le sébaste aux yeux jaunes adulte vit sur des habitats rocheux précis et s'éloigne peu de ces zones. Ainsi, la combinaison des caractères biologiques intrinsèques (longévité et comportement sédentaire) et de la pêche dans le passé a entraîné des changements détectables des paramètres de la population de cette espèce, au large des côtes ou plus près de celles-ci (Canessa 2003; Frid *et al.* 2016). Les populations fortement exploitées sont caractérisées par une troncature de la répartition selon la taille et l'âge, car les individus plus grands et plus âgés sont prélevés par la pêche et ne sont pas remplacés rapidement par l'immigration d'adultes ou la croissance de la population (Kronlund et Yamanaka 2001; Levin *et al.* 2005; Audzijonyte *et al.* 2013). Par conséquent, on devrait observer des changements dans la taille et l'âge à la maturité une fois que la pêche est fermée et qu'un renouvellement suffisant des larves a eu lieu. Il faudra peut-être des années, voire des décennies, avant de constater ces effets, et il faut aussi en tenir compte dans les efforts de surveillance.

1.2.3.4. Oiseaux et mammifères

Les monts sous-marins sont généralement considérés comme des points chauds de la diversité pélagique (p. ex. Morato *et al.* 2010) qui offrent des possibilités d'alimentation, un habitat de fraie ou des points de cheminement pour une grande variété d'espèces pélagiques (Rogers 2018). Les monts sous-marins peu profonds sont souvent décrits comme attirant de grandes concentrations d'espèces marines de passage, comme les cétacés, les pinnipèdes, les requins, les tortues et les grands poissons migrateurs (Holland et Grubbs 2007; Litvinov 2007; Pitcher et Bulman 2007; Morato *et al.* 2008; Rogers 2018). La liste complète des occurrences connues est fournie dans Du Preez et Norgard (2022 : tableau A10). Les monts sous-marins eux-mêmes peuvent servir de repères de navigation et sont associés à une disponibilité de nourriture plus grande que dans les régions avoisinantes (Holland et Grubbs 2007). Par exemple, les oiseaux de mer peuvent être attirés par « l'effet du mont sous-marin » de SK-B, du fait de l'abondance accrue du plancton favorisée par des conditions océanographiques locales particulières (p. ex. tourbillons Haïda). Autour du mont sous-marin Cobb, plusieurs espèces d'oiseaux de mer étaient nettement plus abondantes qu'ailleurs dans la région (Dower et Fee 1999). Un effet semblable devrait se produire dans la ZPM SK-B. Il n'est pas surprenant que la ZPM SK-B ait été désignée comme un site d'intérêt du Service canadien de la faune (SCF) pour les oiseaux migrateurs et que le mont sous-marin SK-B lui-même soit une zone d'importance confirmée par le SCF pour les oiseaux de mer et côtiers (Canessa 2003; SCF 2003). En raison de la vaste sphère d'influence que les monts sous-marins sont connus pour avoir sur les fonctions et services des écosystèmes océaniques, on considère que les ZIEB de monts sous-marins couvrent jusqu'à 30 km de l'océan environnant (MPO 2019a; Du Preez and Norgard 2022).

En 2015, on n'a trouvé aucun profil clair des oiseaux en ce qui concerne la proximité du pinnacule du mont sous-marin ou la profondeur de l'eau (Gale *et al.* 2017). Cependant, on a pu tirer quelques généralisations : (i) les océanites à queue fourche (*Oceanodroma furcata*) étaient présentes en densités plus fortes manifestes à moins de 50 km du pinnacule et au-dessus des eaux de 200 m de profondeur ou moins; (ii) les océanites cul-blanc (*Oceanodroma leucorhoa*) étaient présentes en densités plus fortes manifestes au-dessus des eaux profondes (plus de 200 m de profondeur), à plus de 50 km du mont sous-marin SK-B; et (iii) les espèces étaient moins nombreuses dans les eaux peu profondes, dans un rayon de 50 km du pinnacule. On ne sait pas si l'absence de profils était liée aux petites tailles des échantillons.

On connaît peu de choses sur la présence, l'abondance ou les profils saisonniers des oiseaux de mer ou des mammifères marins autour de la ZPM SK-B (Gale *et al.* 2017). Les premiers relevés d'oiseaux en mer effectués dans les environs du mont sous-marin SK-B en 1997, 1998 et 2000 (Ken Morgan, comm. pers. dans Canessa *et al.* 2003) ont enregistré 13 espèces d'oiseaux en été ou en automne et les deux autres espèces n'ont été observées qu'en automne

et en hiver. L'expédition de 2015 a permis d'observer trois nouvelles espèces pour la région, mais pas six des espèces répertoriées dans les relevés antérieurs.

Au cours des expéditions de 2018, des relevés opportunistes ont donné lieu à 32 transects réalisés sur cinq jours, y compris dans des zones de la ZPM SK-B (Gartner *et al.* 2022 : annexe 8). Les oiseaux observés étaient l'océanite cul-blanc, le fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*), l'albatros à pieds noirs (*Phoebastria nigripes*), des alcidés non identifiés et des oiseaux de mer non identifiés. Au total, 22 oiseaux de mer ont été documentés sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, dont 15 dans la ZPM SK-B (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10).

Seize mammifères marins ont été observés sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, dont 12 dans la ZPM SK-B (Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10). Sept espèces de cétacés ont été repérées pendant le relevé de 2015 (Gale *et al.* 2017) : rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*), rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*), épaulard (*Orcinus orca*), marsouin de Dall (*Phocoenoides dalli*), dauphin à flancs blancs du Pacifique (*Lagenorhynchus obliquidens*) et dauphin à dos lisse (*Lissodelphis borealis*). Les observations de mammifères marins effectuées avant 2015 mentionnent le grand cachalot (*Physeter catodon*) et peut-être des dauphins bleus et blancs (*Stenella coeruleoalba*) (Canessa *et al.* 2003; Yamanaka 2005). D'autres mammifères marins ont été observés, notamment l'otarie à fourrure (*Callorhinus ursinus*), l'éléphant de mer boréal (*Mirounga angustirostris*) et l'otarie de Steller (*Eumetopias jubatus*) (Gale *et al.* 2017). Les autres espèces observées sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique à l'extérieur de la ZPM SK-B sont le dauphin à gros nez (*Tursiops truncatus*), le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*), le faux-orque (*Pseudorca crassidens*) et la baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*).

1.2.3.5. Plancton

Le plancton est un terme général utilisé pour décrire les organismes qui sont incapables de se déplacer contre les courants horizontaux (Brusca et Brusca 1990). Le plancton comprend un large éventail d'organismes, allant des bactéries aux algues photosynthétiques (phytoplancton), en passant par les petits animaux marins flottants et dérivants (zooplancton), ainsi que par les stades juvéniles de certains animaux marins (méroplancton).

Les monts sous-marins peu profonds sont généralement une zone d'eaux froides riches en nutriments dans la zone euphotique supérieure, avec une remontée d'eau et un mélange turbulent des eaux de surface. En termes biologiques, ces conditions augmenteraient la croissance du phytoplancton, contribuant ainsi aux communautés très productives qui existent souvent sur les monts sous-marins peu profonds (Morato *et al.* 2010). On ne sait pas dans quelle mesure cette amélioration de la productivité est conservée au-dessus du mont sous-marin (influant directement ou indirectement sur la productivité locale) ou poussée vers le bas. Le concept d'un « effet du mont sous-marin » qui renforce la productivité primaire locale a été documenté dans certaines régions (Leitner *et al.* 2020 et les citations qui s'y trouvent), mais n'a pas été démontré dans la région de la ZPM. Il se peut que les abondances plus élevées du plancton soient causées (entièrement ou partiellement) par des courants locaux provoquant l'advection ou la rétention des matières organiques (p. ex. tourbillons Haïda ou cône de Taylor) et par le piégeage de couches de dispersion profonde (voir plus loin).

La productivité primaire du phytoplancton est plus élevée tout au long du printemps et de l'été (de mai à septembre; Du Preez et Norgard 2022 : Annexe G par Andrea Hilborn, Institut des sciences de la mer, MPO). La longue efflorescence du phytoplancton est probablement rendue possible par les nutriments soutenus qui ne sont jamais épuisés et parce que les micro-

nutriments, comme le fer, sont facilement disponibles au sommet du mont sous-marin SK-B (Frank Whitney, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.).

Les communautés zooplanctoniques sont, en général, des producteurs secondaires et forment un lien trophique entre les producteurs primaires et les niveaux trophiques supérieurs. Le zooplancton exerce une influence importante sur le transport vertical du carbone dans la colonne d'eau, un processus connu sous le nom de « pompe biologique » (Stefanoudis *et al.* 2019). La composition taxonomique des communautés de zooplancton est donc très importante pour l'équilibre des réseaux trophiques et dépend fortement de la température et du moment de la productivité primaire, car ces facteurs indiquent une disponibilité plus ou moins grande de la nourriture pour ces communautés.

Une grande proportion du zooplancton subit une migration quotidienne connue sous le nom de couche de dispersion profonde (en surface la nuit et dans les profondeurs le jour). À l'intérieur de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, la limite inférieure de la migration de la couche de dispersion profonde est à environ 800 m; les monts sous-marins SK-B et Hodgkins reçoivent donc tous les jours des arrivages directs de zooplancton sur leur sommet et leurs flancs peu profonds; ces quantités de zooplancton peuvent alors être piégées et consommées par les espèces benthiques (Du Preez et Norgard 2022). En plus de la productivité de surface localisée, le zooplancton exporté à partir d'autres endroits par des courants horizontaux est souvent piégé derrière des monts sous-marins à la suite des migrations verticales nyctémérales. Ces organismes zooplanctoniques piégés soutiennent la productivité dans les grands fonds en fournissant un afflux de proies pour les poissons; les courants dynamiques autour des monts sous-marins sont de ce fait un aspect important de l'écologie du mont sous-marin. Le transport du zooplancton par les courants océaniques et les tourbillons Haïda est probablement aussi une source importante de larves planctoniques pour de nombreuses espèces d'invertébrés qui s'établissent dans la communauté benthique du mont sous-marin.

La productivité exportée (c.-à-d. le carbone organique particulaire ou « neige marine ») a été calculée pour les trois monts sous-marins de la ZPM SK-B en fonction de la productivité de la surface de la mer et de la profondeur des sommets (en milligrammes de carbone par mètre carré par jour) (Du Preez et Norgard 2022). Le sommet de SK-B reçoit le flux d'exportation le plus élevé parmi tous les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique ($581,2 \text{ mg C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$) mais, en comparaison, les monts sous-marins Hodgkins et Davidson/Pierce en reçoivent beaucoup moins ($33,1$ et $18,8 \text{ mg C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$, à titre représentatif). Bien que les apports soient beaucoup moins importants sur ces deux derniers monts sous-marins que sur le SK-B, les trois sont considérés comme ayant un flux d'exportation « élevé » par rapport aux 59 autres monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique (Du Preez et Norgard 2022).

Très récemment, au large de la côte de la Colombie-Britannique, les conditions d'eaux chaudes en 2019 se sont traduites par une abondance plus élevée d'espèces gélatineuses (p. ex. les pyrosomes) et une abondance plus faible de taxons de crustacés dans les communautés de zooplancton de l'est du Pacifique, ainsi que par une dominance des espèces de copépodes de petite taille (typiques des latitudes du sud) (Young et Galbraith 2020). Ces conditions persistent depuis quelques années, car les vagues de chaleur sont plus fréquentes que jamais (Boldt *et al.* 2020b).

Les organismes planctoniques ne vivent généralement pas longtemps et sont fortement influencés par les conditions locales. Leurs réactions aux perturbations sont habituellement immédiates et leur rétablissement dépend des conditions locales et du recrutement. Bien que les communautés de plancton réagissent régulièrement rapidement aux conditions changeantes, les variations de la productivité de surface (primaire, secondaire ou autre) ont un

effet direct sur le flux des exportations et peuvent donc avoir un effet à long terme sur la santé ou la répartition des espèces des grands fonds (Du Preez et Norgard 2022). Par exemple, le passage récent, lié aux changements climatiques, du zooplancton dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique vers une communauté dominée par un pyrosome (*Pyrosoma atlanticum*) a été documenté comme ayant un effet en cascade sur les communautés des eaux profondes situées à des kilomètres sous l'efflorescence proprement dite (Archer *et al.* 2018).

1.2.3.6. Liens trophiques

Dans les océans tempérés, comme l'océan Pacifique Nord-Est, la nourriture arrive par pics, après les efflorescences du printemps et de la fin de l'été de la productivité primaire (décrites dans la section précédente sur le plancton). Les communautés benthiques des eaux profondes reçoivent ainsi des phytodétritus de grande qualité peu de temps après les efflorescences à la surface (Witbaard *et al.* 2000; Dunlop *et al.* 2016). Il n'y a pas de production primaire dérivée de façon photosynthétique dans les eaux profondes et, par conséquent, les écosystèmes des grands fonds sont généralement caractérisés par un approvisionnement alimentaire limité et sont principalement hétérotrophes (à l'exception des suintements froids, des champs hydrothermaux et des zones mortes). Néanmoins, les aliments peuvent également être activement transportés vers le bas par les animaux qui effectuent des migrations verticales nyctémérales dans la colonne d'eau ou par la chute occasionnelle de carcasses d'animaux et d'autres débris organiques (p. ex. billes de bois et varech).

Les réseaux trophiques des monts sous-marins sont généralement sous-étudiés ou incomplets, les études mettant l'accent sur certains liens, comme l'écologie trophique des poissons de valeur commerciale (Christiansen *et al.* 2009; Hirsch et Christiansen 2010; Nishida *et al.* 2016; Laptikhovsky *et al.* 2020). Une étude du mont sous-marin Condor (Atlantique Nord) a révélé que les organismes mésopélagiques constituaient un lien entre les systèmes pélagique et benthique (Colaço *et al.* 2013), confirmant la modélisation et la théorie précédentes (van Denderen *et al.* 2021). Les relations trophiques dans la ZPM SK-B n'ont pas encore été traitées adéquatement, mais elles ont déjà été cartographiées et décrites comme étant plus simples que les écosystèmes côtiers typiques en raison de la présence apparemment réduite de la petite communauté pélagique sur le mont sous-marin par rapport au nombre d'espèces aux niveaux trophiques les plus élevés (Beamish et Neville 2003).

L'écosystème de la ZPM SK-B est vulnérable aux impacts de la perte d'engins de pêche, des changements climatiques (p. ex. désoxygénation, acidification de l'océan, hausse de la température), du trafic maritime, des débris et de nombreux autres agents de stress et activités anthropiques (Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018; Du Preez et Norgard 2022). De plus, il pourrait se rétablir des effets de la pêche à la suite des fermetures instaurées (bien que sur une échelle de plusieurs décennies à des siècles). D'autres recherches sont nécessaires pour quantifier les interactions entre les fonctions trophiques et ces changements écosystémiques potentiels. Toutefois, on peut prévoir quelques réactions générales des groupes fonctionnels à certains impacts, comme l'acidification de l'océan qui a des effets néfastes sur les mollusques et crustacés et leurs prédateurs (Haigh *et al.* 2015). Dans un autre exemple, l'effet de l'acidification de l'océan sur les ptéropodes à coquille, un groupe de zooplancton calcificateur, est une préoccupation majeure pour les réseaux trophiques extracôtiers (p. ex. Bednaršek *et al.* 2021). Sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, l'avenir des coraux d'eau froide, des éponges et d'autres espèces formant des habitats dans un océan plus acide est très préoccupant, car on prévoit la disparition de certaines espèces d'ici cent ans (Ross *et al.* 2020). De plus, les variations de la température et des éléments nutritifs découlant des changements climatiques ou des décalages des profils des tourbillons Haïda causeraient probablement une cascade trophique en réduisant le nombre de producteurs primaires (phytoplancton et varech) et les effets d'entraînement se

propageraient dans le réseau trophique et se répercuteraient sur les prédateurs de haut niveau. Des effets descendants sont également prévus, car la désoxygénation rapide de la zone du minimum d'oxygène déjà naturellement faible provoque la disparition locale ou un décalage de la répartition des prédateurs, comme les sébastes (Ross *et al.* 2020). Ces impacts sont très complexes et difficiles à cerner, ce qui met en évidence l'importance des données de référence pour comprendre les changements majeurs dans les populations qui peuvent influencer les fonctions trophiques de l'écosystème. Une priorité de la surveillance de référence devrait être de comprendre les liens entre les composantes clés de l'écosystème et les variables océanographiques (climatiques) qui changent déjà (pour plus de détails, voir la section sur la surveillance des changements climatiques).

Le mont sous-marin SK-B est un écosystème très biodiversifié qui s'étend des environnements peu profonds aux grands fonds et qui présente le niveau de risque le plus élevé de menaces parmi tous les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique (Du Preez et Norgard 2022). Bien que les relations trophiques soient complexes et étroitement liées, des recherches approfondies sur plusieurs espèces et composantes de l'habitat peuvent révéler des renseignements importants sur les fonctions de l'écosystème. Une surveillance uniforme de chacun des principaux groupes fonctionnels et de la façon dont ils réagissent aux changements dans l'environnement ou aux décalages des populations éclairera les relations prévues et imprévues dans le réseau trophique et peut permettre une gestion adaptative pour atténuer les effets négatifs.

1.3. HISTOIRE DES MONTS SOUS-MARINS SGÁAN KÍNGHLAS-BOWIE

1.3.1. Chronologie écologique

La section qui suit est illustrée à la figure 8.

SK-B et ses monts sous-marins jumeaux sont apparus sous la forme de petites montagnes volcaniques sous-marines sur les plaines bathyales profondes, 3 km sous les vagues, il y a environ 75 000 à 720 000 ans (Chaytor *et al.* 2007) (pour plus de détails, voir la section précédente sur la géologie). À un moment donné, probablement au cours de la dernière période glaciaire lorsque le niveau de la mer était plus bas, le plus haut des volcans (c.-à-d. le mont sous-marin SK-B) s'est élevé au-dessus du niveau de la mer, formant une île volcanique. Sa dernière éruption remonte à environ 18 000 ans, après quoi son régime de perturbation naturelle est devenu relativement stable (Chaytor *et al.* 2007). Les Haïdas habitent leur territoire depuis des temps immémoriaux et se transmettent une histoire orale de Haïdas qui visitent l'île de SK-B, au large (pour plus de détails, voir la section précédente sur le contexte). Bien que l'on puisse supposer sans trop craindre de se tromper que les animaux marins visitent et occupent les habitats sous-marins avec divers degrés de réussite et de succession depuis le début des éruptions, on ne sait presque rien de l'occupation de l'île par les animaux terrestres. Les connaissances traditionnelles des Haïdas décrivent une île où les **k wa.Anaa macareux** abondent (figure 9) et des mammifères marins ont probablement utilisé la plage comme échouerie (p. ex. les otaries). La pêche et la cueillette des Haïdas auraient été durables et sélectives en fonction de la taille et il est peu probable qu'elles aient eu des répercussions à long terme (Smythe 2018) (figure 9).

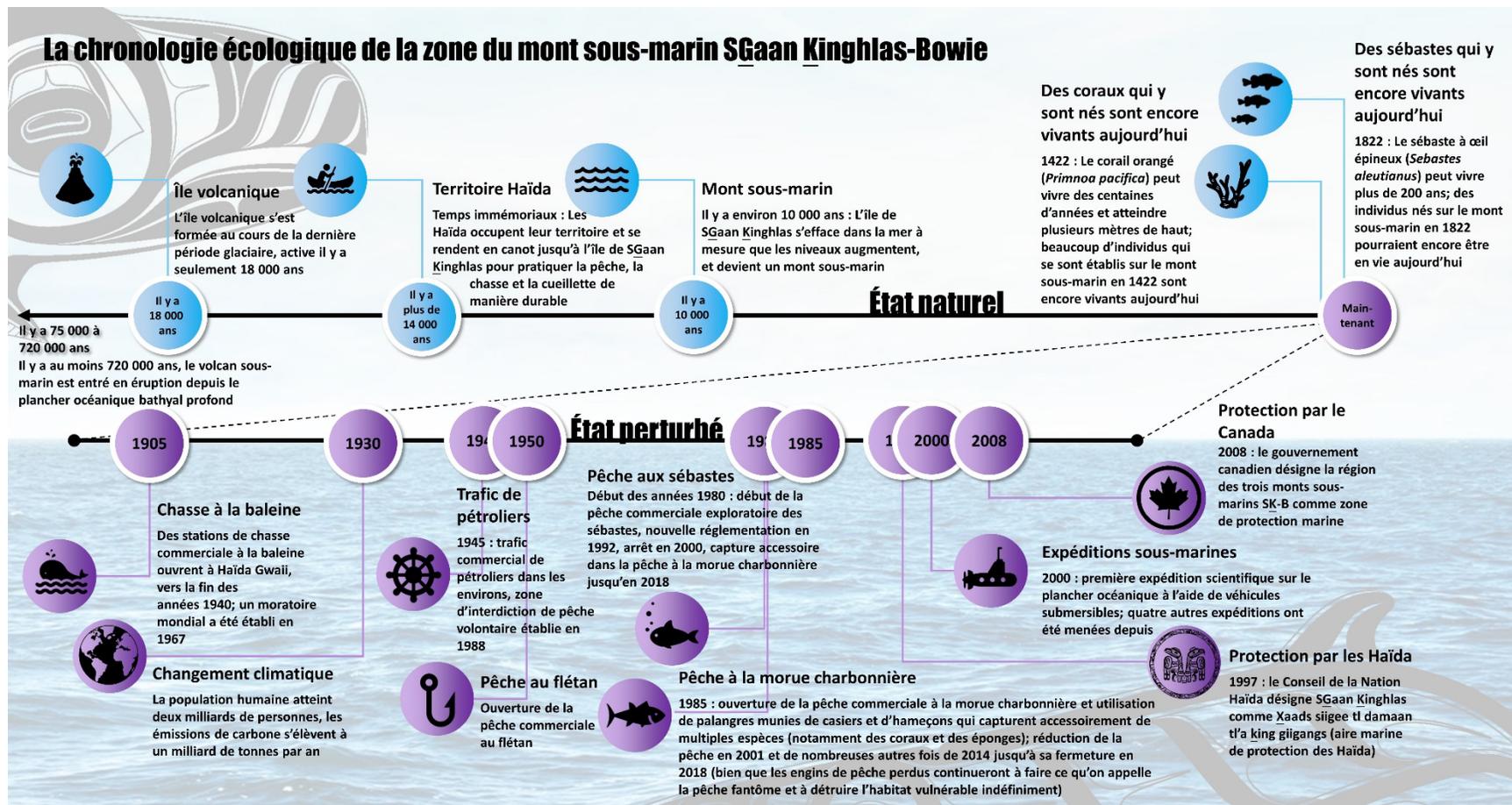


Figure 8. La chronologie écologique de la zone du mont sous-marin SGaan Kinghlas-Bowie (SK-B) illustre la longue histoire naturelle et l'histoire récente, relativement courte, de l'extraction, suivie de la protection et des activités. Voir le texte pour en savoir plus sur chaque événement. L'art haïda, tiré du plan de gestion de la zone de protection marine (ZPM) du mont sous-marin SK-B, a été partagé par Iijuuwaas Tyson Brown (CNH et MPO 2019).

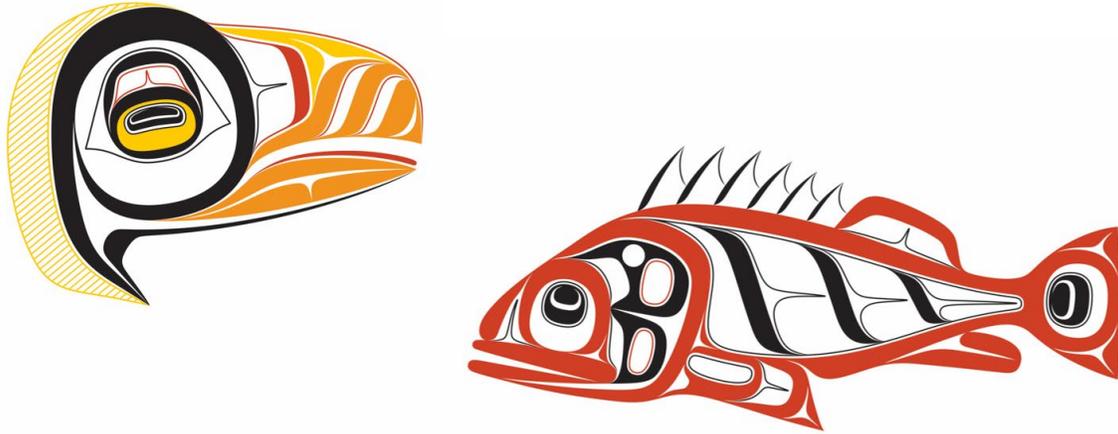


Figure 9. Le savoir traditionnel décrit les Haïdas visitant une île où les **k wa.Anaa** macareux abondent (à gauche), où ils ont pêché, probablement des **k'aalts'adaa** sébastes à œil épineux/à taches noires (*Sebastes aleutianus/melanostictus*) et d'autres espèces de **k'ats** sébastes (*Sebastes spp.*). L'art haïda, tiré du plan de gestion de la zone de protection marine (ZPM) du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie, a été partagé par **Iljuuwaas** Tyson Brown (CNH et MPO 2019).

Il y a environ 10 000 ans, SK-B s'est effondré dans la mer sous l'effet de l'érosion à mesure que le niveau de l'eau montait et l'île est devenue un mont sous-marin, son sommet peu profond abritant un assemblage diversifié d'espèces que l'on trouve habituellement dans les habitats côtiers.

De nombreuses espèces dans la ZPM SK-B ont une croissance lente et vivent longtemps; en d'autres termes, de nombreux animaux vivants aujourd'hui se sont fixés sur les monts sous-marins il y a des centaines, voire des milliers d'années (p. ex. coraux et éponges d'eau froide). Un **k'aalts'adaa** sébaste à œil épineux/à taches noires (*S. aleutianus/melanostictus*) vivant encore aujourd'hui aurait pu être à la « moitié de sa vie », âgé de 100 ans, lorsque la chasse à la baleine, la première industrie d'extraction, a commencé (vers 1905). Depuis, l'écosystème de la ZPM SK-B a subi les effets cumulatifs de plusieurs pêches (davantage de détails plus loin), de la révolution industrielle et des changements climatiques, du trafic maritime commercial et d'autres changements environnementaux d'origine humaine (p. ex. déchets océaniques, pollution par le bruit, collisions avec des navires).

Au cours des vingt-cinq dernières années, les activités humaines modernes ont lentement évolué de l'extraction pure des ressources à la protection et à la conservation. En 1997, la Nation haïda a désigné la région en tant que **Xaads síigee tl'a dám.án tl'a kíng giigangs aire marine protégée des Haïdas**. Les expéditions scientifiques sous-marines augmentent depuis 2000 (davantage de détails plus loin). En 2008, la zone a été officiellement désignée zone de protection marine (ZPM) en vertu de la *Loi sur les océans* du Canada. Grâce à la cogestion entre le CNH et le MPO, la dernière pêche opérationnelle a été fermée en 2018. Bien que la gestion de l'espace ne puisse à elle seule atténuer tous les impacts humains, la réduction ou l'élimination de certains agents de stress limitera les effets cumulatifs et conjugués de ceux qui sortent de la portée de la ZPM (p. ex. les changements climatiques, la pollution, etc.). Le décalage des impacts complets des cent dernières années, suivi d'un rétablissement à l'état naturel, peut prendre de l'ordre de plusieurs générations (c.-à-d. des centaines à des milliers d'années).

1.3.2. Historique de la surveillance et des activités dans la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie

Il n'y a pas eu de plan ou de programme antérieur de surveillance écologique pour la ZPM SK-B. Cependant, des relevés et des initiatives de recherche sporadiques y sont effectués depuis les années 1940 à des fins géologiques, biologiques, océanographiques et navales (voir les résumés dans Canessa *et al.* 2013 et Gale *et al.* 2017). Des données sur les poissons ciblés et non ciblés et les espèces d'invertébrés non ciblées sont également disponibles dans les registres de la pêche commerciale, ainsi que dans les relevés menés en plongée sous-marine, par des submersibles et des véhicules sous-marins téléguidés (VTG) (Canessa *et al.* 2003; Gauthier *et al.* 2018a-c; Gartner *et al.* 2022). Depuis des temps immémoriaux, les Haïdas se rendent sur le mont sous-marin SK-B et possèdent des connaissances traditionnelles marines sur les monts sous-marins (CNH et MPO 2019). Une certaine surveillance des activités humaines a eu lieu dans la région (résumé dans Davies *et al.* 2011), s'intéressant plus récemment au trafic maritime et à la pollution sonore connexe (p. ex. Allen *et al.* 2018). Les détails de ces activités ont déjà été examinés à plusieurs reprises (Canessa *et al.* 2003; Davies *et al.* 2011; Gale *et al.* 2017; Thornborough *et al.* 2016) et sont résumés ci-après, avec des informations inédites mises à jour.

Pour de plus amples renseignements sur les études scientifiques et sur les relevés des pêches réalisés dans et autour de la ZPM SK-B, voir la section sur les stratégies plus loin. Pour en savoir plus sur la surveillance actuelle des activités humaines dans et autour de la ZPM SK-B, voir la section sur la surveillance des activités humaines plus loin.

1.3.2.1. Activités de pêche

Les Haïdas pêchent sur le mont sous-marin SK-B à des fins traditionnelles (culturelles, de subsistance et économiques) depuis des temps immémoriaux (CNH et MPO 2019). La pêche traditionnelle haïda était principalement **x aguu Tla danjuu isgyáan sk íl Tla x awgang** *une pêche du flétan à la turlutte et une pêche de la morue charbonnière, ainsi que des sébastes*, à l'aide d'hameçons hautement spécialisés. Compte tenu de l'emplacement éloigné du mont sous-marin SK-B et des eaux libres et agitées qui l'entourent, les activités de pêche sont limitées à des navires plus grands possédant une puissance suffisante (Canessa *et al.* 2003).

Il est très probable que des activités commerciales de chasse à la baleine aient eu lieu à proximité des monts sous-marins de la ZPM SK-B, car il y avait deux stations baleinières côtières à Haida Gwaii, Naden Harbour et Rose Harbour, qui ont été fermées en 1941 et en 1943, respectivement (Nichol *et al.* 2002). La chasse à la baleine a commencé en Colombie-Britannique en 1905 et s'est poursuivie jusqu'en 1967, mais des articles de journaux antérieurs la décrivent dans le détroit de la Reine-Charlotte entre 1866 et 1873 (Nichol *et al.* 2002). Un certain niveau de chasse à la baleine a sans doute perduré jusqu'à son interdiction en 1986, lorsque le moratoire de la Commission baleinière internationale a été imposé (Nichol *et al.* 2002).

Dès les années 1950, la pêche commerciale du flétan du Pacifique était pratiquée sur les monts sous-marins, mais la majorité des activités commerciales documentées depuis faisaient partie des pêches dirigées des sébastes et de la morue charbonnière (voir l'historique plus détaillé dans Canessa *et al.* 2003; sébaste : de 1992 à 1999; morue charbonnière avec prises accessoires de sébaste : de 1985 à 2018) (figure 8). Les méthodes de pêche commerciale sur le mont sous-marin SK-B étaient surtout des chaluts pélagiques et des palangres de fond munies d'hameçons ou de pièges. Les relevés exploratoires pour établir ces pêches et certaines données sur les prises fournissent des données limitées sur les poissons ciblés et non ciblés et sur certaines espèces d'invertébrés non ciblées (voir Canessa *et al.* 2003; Gauthier *et al.* 2018a-c). Par exemple, la pêche qui a duré le plus longtemps était celle de la morue

charbonnière (voir les détails sur les engins de pêche dans l'encadré 1), qui était surveillée à l'aide des journaux de bord, de l'observation en mer par des observateurs en mer ou la surveillance électronique (SE), de l'échantillonnage au port et de la surveillance à quai (DFO 2010). Tous les pêcheurs devaient tenir des registres des prises en mer dans leurs journaux de bord de pêche et par surveillance électronique afin de consigner les détails concernant le bateau, les spécifications des lignes et des pièges, la durée d'immersion, le lieu de pêche et les prises conservées et relâchées par espèce (Davies *et al.* 2011).

Encadré 1. Engins de pêche à la morue charbonnière

La pêche à la morue charbonnière utilisait le plus souvent des pièges circulaires en forme de cône, d'une largeur de 1,4 m à la base et de 0,8 m sur le dessus, fixés par centaines à une longue ligne de fond, par des cordages et des attaches biodégradables (figure 10). La ligne fixe était abaissée à des profondeurs comprises entre 800 et 1 200 m à l'aide d'ancres de 60 kg (CNH 2018). La longueur moyenne des cordes de palangre pour les pêches était de $2\,915 \pm 25$ m, avec une empreinte de $3\,994 \pm 24$ m² pour les palangres munies de pièges, et des lignes flottantes et des flotteurs supplémentaires aux deux extrémités de l'engin traversaient la colonne d'eau jusqu'à la surface (Du Preez *et al.* 2020). Les données disponibles et les tendances ont été résumées dans Canessa *et al.* (2003) et ont décrit une diminution des captures par unité d'effort et des prises totales jusqu'en 1993, donnant à penser que les niveaux de pêche n'étaient pas durables (Murie *et al.* 1996). Bien que certaines preuves montrent que l'abondance de la population de morue charbonnière en Colombie-Britannique a commencé à se stabiliser à la fin des années 1990 et au début des années 2000 et qu'elle a possiblement augmenté plus récemment (Lacko *et al.* 2021), la recherche sur la pêche elle-même a permis de déterminer que les courants, le vent et les vagues traînent les pièges sur le fond marin, où ceux-ci rencontrent et détériorent les espèces formant des habitats, comme les coraux et les éponges (Doherty *et al.* 2018; Buchanan *et al.* 2018). La pêche a par la suite été fermée en 2018 (CNH et MPO 2019).

Bien que les pêches soient fermées sur les monts sous-marins, les engins perdus et rejetés demeureront indéfiniment empêtrés dans les monts sous-marins exploités, sans qu'il soit possible de les enlever et avec peu ou pas de dégradation, comme les centaines de milliers d'engins de pêche sur le mont sous-marin Cobb (Du Preez *et al.* 2020; Du Preez et Norgard 2022). Au cours de l'expédition de 2018, on a observé des palangres lors de la plupart des plongées sur le mont sous-marin SK-B, d'environ 2 000 m jusqu'aux pinacles exposés aux rayons du soleil sur le plateau du sommet (figure 10) (Gartner *et al.* 2022; Du Preez et Norgard 2022) (remarque : bien au-dessus de la limite supérieure de 800 m mentionnée dans l'encadré 1). Les impacts perpétuels des engins perdus comprennent la modification de l'habitat (p. ex. détérioration, écrasement, retrait des coraux et des éponges d'eau froide) et la pêche fantôme (si des cordages biodégradables étaient utilisés, la pêche fantôme cesse lorsque le piège se décompose) (Du Preez *et al.* 2020).



Figure 10. Engins de pêche perdus ou rejetés sur le sommet du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (SK-B) et observés pendant l'expédition Pac2018-103 (Gartner et al. 2022). Des palangres perdues jonchent le mont sous-marin; celle-ci est à une profondeur de 79 m, largement à l'intérieur de la zone 1 (pêche interdite depuis 2008). Crédit photographique : S. Du Preez, Northeast Pacific Seamount Expedition Partnership, Ocean Exploration Trust.

Il existe peu de données disponibles pour la pêche du thon blanc (*Thunnus alalunga*) aux alentours du mont sous-marin SK-B (voir Canessa et al. 2003), mais Stocker et ses collaborateurs (2007) indiquent que la déclaration des prises n'était pas fiable avant 1995. La pêche au thon est associée à des conditions plus chaudes de la surface de la mer (Nieto et al. 2017). La pêche au thon blanc utilise des engins à la traîne à des profondeurs proches de la surface et n'est pas conçue pour entrer en contact avec les habitats du fond (DFO 2020).

1.3.2.2. Activités scientifiques benthiques

Pour ce qui est des types de données existants, le mont sous-marin SK-B est le site le mieux étudié de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, suivi de près par les monts sous-marins Hodgkins et Davidson (Du Preez et Norgard 2022). Les premières images enregistrées de la vie sur les monts sous-marins de la ZPM SK-B ont été recueillies par des plongeurs autonomes en 1969 (Scrimger et Bird 1969; Herlinveaux 1971). Par la suite, les recherches sur les invertébrés benthiques ont été principalement axées sur les pêches et leurs méthodes d'échantillonnage, bien que quelques voyages sporadiques de recherche par plongée sous-marine et véhicules sous-marins téléguidés aient été effectués (Gale et al. 2017 : tableau 1). Depuis 2000, le MPO et ses partenaires ont mené quatre relevés scientifiques ciblés sur les invertébrés benthiques à l'aide de véhicules sous-marins téléguidés, de submersibles ou de caméras remorquées (figure 11). En 2000, on a mené une mission de recherche pluridisciplinaire et multipartite qui a fourni les premières méthodes de relevé in situ à l'aide d'un submersible (PAC 2000-31; Yamanaka 2005). En 2011, un relevé conjoint du MPO et de la National Atmosphere and Oceanic Organization (NOAA) a utilisé des données provenant de véhicules sous-marins téléguidés et de véhicules sous-marins autonomes (VSA) pour documenter l'habitat et les espèces (PAC 2011-62; inédit). En 2015, le MPO a mené un relevé de recherche au moyen d'une nouvelle caméra lestée pour étudier l'habitat benthique et a été le premier à décrire la vie sur le mont sous-marin Hodgkins (PAC 2015-48; Gale et al. 2017). En

2018, les partenaires de l'expédition sur les monts sous-marins dans le nord-est de l'océan Pacifique (y compris le CNH et le MPO) ont réalisé des recherches sur les trois monts sous-marins de la ZPM à l'aide du navire à la pointe de la technologie d'Ocean Exploration Trust, le navire d'exploration *Nautilus*, équipé d'un échosondeur multifaisceaux utilisé pour cartographier le fond marin, d'outils d'échantillonnage océanographique et des deux véhicules sous-marins téléguidés *Hercules* et *Argus* (PAC du MPO 2018-103 et *Nautilus* NA097; Gartner *et al.* 2022). Ces relevés ont fourni des aperçus et des renseignements préliminaires sur la richesse en espèces et la répartition des espèces sur les monts sous-marins dans la ZPM, mais ils ne sont pas suffisamment complets pour être considérés comme une étude de référence (Davies *et al.* 2011). Des sites de surveillance ont été établis au cours de l'expédition de 2018 sur les trois monts sous-marins (documentant pour la première fois le mont sous-marin Pierce/Davidson) dans le cadre d'une étude pilote de surveillance des monts sous-marins, dans l'espoir de contribuer à un ensemble de données à long terme (Gartner *et al.* 2022 : tableau 3). Les expéditions dans la ZPM ont surtout eu lieu en été, par exemple en juin 2022.

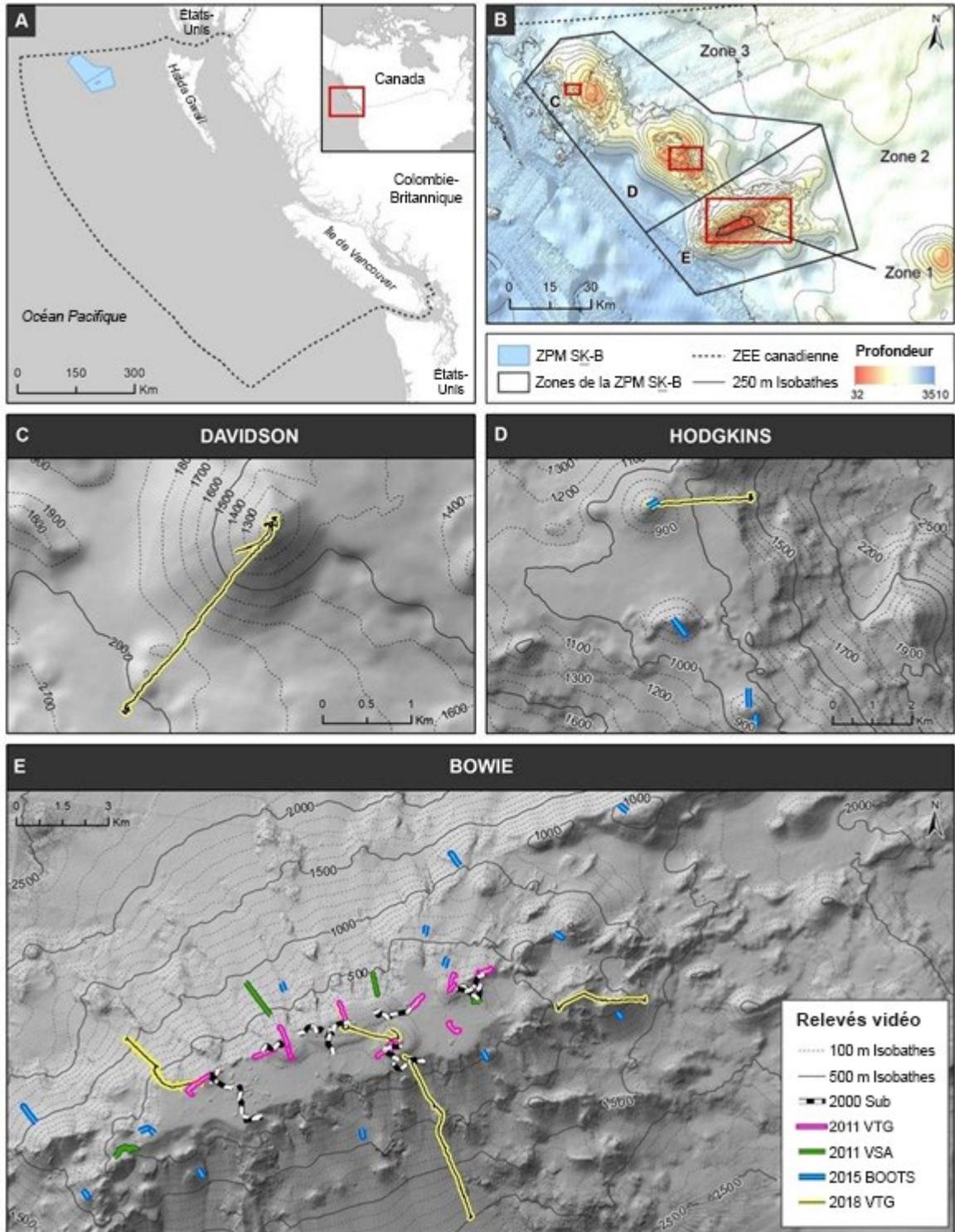


Figure 11. Emplacement des relevés scientifiques benthiques dans la zone de protection marine du mont sous-marin Sgáan K'inghlas-Bowie (ZPM SK-B). Carte créée par Georgia Clyde, Institut des sciences de la mer.

1.3.2.3. Activités océanographiques

Canessa et ses collaborateurs (2003) ont décrit en détail l'histoire des activités dans la ZPM SK-B, y compris les données océanographiques et sur la surface de la mer recueillies. Voici quelques activités dignes de mention.

- 1969 : une composante océanographique importante du relevé d'Herlinveaux (Herlinveaux 1971).
- 1974-1975 : amarrages de marégraphes et de thermomètres sur le mont sous-marin SK-B (Crawford *et al.* 1981).
- 1998 : échantillonnage océanographique et des saumons en haute mer près du mont sous-marin SK-B (David Welch, comm. pers. dans Canessa *et al.* 2003).
- 2000 : bathymétrie multifaisceaux des monts sous-marins SK-B et Hodgkin (Canessa *et al.* 2003).
- 2000 : échantillonnage océanographique (CTP – conductivité, température, profondeur et filets bongo), avec observation des oiseaux de mer et des mammifères marins pendant le relevé scientifique (Yamanaka 2005).
- 1998-2001 : mesures des propriétés de l'eau et études de la communauté planctonique associées aux tourbillons mésométriques (résumé dans Canessa *et al.* 2003).
- 2015 : contraste entre la communauté planctonique et l'océanographie chimique à l'intérieur et à l'extérieur des limites de la ZPM SK-B (Gale *et al.* 2017).
- 2016-2018 : recherche sur l'environnement acoustique sous-marin et le bruit anthropique (p. ex. Riera *et al.* 2016; Allen *et al.* 2018).
- 2018 : échantillonnage océanographique (filets bongo), mesures océanographiques (p. ex. température, oxygène) prises en conjonction avec le véhicule sous-marin téléguidé, relevé bathymétrique multifaisceaux plus étendu et à plus haute résolution et par rétrodiffusion des trois monts sous-marins (Gartner *et al.* 2022 : annexe 3).
- 2018 : relevé aérien international de la mégafaune marine dans la région du Pacifique (PRISMM) (Wright *et al.* 2021).

Le MPO utilise certains programmes d'océanographie pour suivre les tendances dans le Pacifique Nord qui alimentent ou incluent les conditions dans la ZPM SK-B. Tiré de Davies *et al.* (2011) : « Il s'agit notamment des flotteurs-profileurs dérivants pour le projet Argo qui fournissent des renseignements sur les profils de la température de l'eau et de la salinité, ainsi que des images par satellite de SeaWiFS (instrument à grand champ pour l'observation des mers) et MODIS (spectroradiomètre imageur à résolution moyenne) qui surveillent les niveaux de phytoplancton et de nitrate. De plus, l'échantillonnage effectué par l'enregistreur continu de plancton (ECP) pour la Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science produit des données sur le cycle saisonnier de la biomasse totale du mésozooplancton dans l'ensemble du Pacifique. » [traduction libre] Des données océanographiques à long terme provenant des stations situées le long du programme de la ligne P sont disponibles. Il y a 26 stations, installées de l'embouchure du détroit de Juan de Fuca jusqu'à la station Papa au large, et les données sont recueillies au moins trois fois par année depuis 1959 (Ross *et al.* 2020). Le programme prélève des échantillons jusqu'à des profondeurs de 2 500 m, y compris à certains emplacements au-dessus ou à proximité de monts sous-marins. Enfin, à compter de 2019, le MPO a établi un programme de planeurs avec un relevé « nordique » dans le site d'intérêt ThT (figure 2A) et une deuxième ligne de relevé « méridionale » est proposée. Le programme de planeurs est lui aussi

instructif pour la ZPM SK-B, car les relevés couvrent plusieurs monts sous-marins, bien qu'ils ne descendent qu'à 1 000 m (Installation canadienne d'observation de l'océan Pacifique par robotique [C-PROOF] 2022). Les données océanographiques recueillies par le MPO, qui font l'objet d'un contrôle de la qualité, sont stockées et accessibles par l'entremise de son groupe chargé d'étudier les propriétés de l'eau. Comme il a été mentionné précédemment, pour en savoir plus sur les relevés en cours, consultez la section sur les stratégies plus loin.

1.3.2.4. Autres activités

En plus de la pêche et des activités scientifiques, les autres activités anthropiques faisant l'objet de mesures de gestion et de surveillance dans la ZPM SK-B sont le tourisme maritime, les activités d'exploitation de ressources non renouvelables (p. ex. exploitation minière des fonds marins des monts sous-marins en dehors de la ZPM) [CNH et MPO 2019], les déversements d'hydrocarbures, les débris et les déchets marins, les autres rejets, l'abandon d'équipement, l'installation d'équipement (MPO 2015), les changements concernant les espèces de passage ou migratrices (p. ex. changements des prises de thon blanc, *Thunnus alalunga*; Canessa *et al.* 2003), et enfin, le trafic maritime (y compris l'eau de ballast), qui est un élément de la plupart des autres activités humaines énumérées. En 1945, la circulation des pétroliers a commencé dans les environs et s'est poursuivie sans restriction jusqu'à la création de la zone d'exclusion volontaire autour du mont sous-marin SK-B en 1985 (Transports Canada 2017). Le Programme de connaissance améliorée de la situation maritime, lancé en 2019, est un partenariat entre Transports Canada, le CNH et 12 autres nations autochtones côtières, et constitue une autre étape vers l'amélioration de la sécurité maritime, de la surveillance environnementale et de la protection dans la région (Transports Canada 2022).

2. OBJECTIFS DE LA ZONE DE PROTECTION MARINE ET REGROUPEMENTS DES COMPOSANTES ÉCOSYSTÉMIQUES BIOLOGIQUES

2.1. OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE CONSERVATION

Les objectifs de conservation pour la ZPM SK-B sont présentés dans le plan de gestion (CNH et MPO 2019). Cinq des objectifs de la ZPM sont liés à la protection et à la conservation de l'écosystème, aux mesures de gestion, à la surveillance efficace, à la gestion coopérative et à la sensibilisation du public. Les objectifs opérationnels écologiques sont compris dans le but 1 : Le fonctionnement de l'écosystème, l'habitat structurel et la biodiversité unique de la ZPM SK-B sont protégés et conservés. Certains aspects des autres buts chevauchent les objectifs du but 1 – ils sont indiqués et abordés dans le document de recherche, le cas échéant (p. ex. objectif opérationnel 3.2.d lié à la surveillance des populations migratrices; voir la section sur la surveillance relative à d'autres objectifs de conservation pertinents à la surveillance écologique plus loin).

Tableau 1. Objectifs stratégiques et objectifs opérationnels correspondants du but 1 du Plan de gestion de la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B) (CNH et MPO 2019).

Objectifs stratégiques	Objectifs opérationnels
1.1 Les populations d'espèces vulnérables, endémiques, rares et isolées sont protégées et conservées.	a. L'état et l'abondance des coraux et éponges d'eau froide correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.
	b. L'état et l'abondance des autres invertébrés correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.
	c. L'état et l'abondance des poissons (sébeste à taches noires et à œil épineux, sébeste bocace, sébeste aux yeux jaunes, morue charbonnière, zaprora) correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.
1.2 Les habitats essentiels à certains stades du cycle biologique des espèces qui vivent dans la ZPM sont protégés et conservés.	a. Les habitats benthiques sensibles correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.
	b. Les conditions pélagiques et les conditions à la surface de l'eau correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.
1.3 Les réseaux trophiques de l'écosystème sont protégés et conservés.	a. Le fonctionnement de l'écosystème et la structure trophique correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.

Comme l'ont souligné Thornborough et ses collaborateurs (2016), il est essentiel d'affiner des objectifs de conservation stratégiques, mesurables, réalisables, réalistes et limités dans le temps (SMART) pour préparer un programme de surveillance. En adoptant l'approche de gestion adaptative (section sur le glossaire [Termes utilisés]), le Conseil de gestion de la ZPM SK-B peut utiliser les résultats de ce cadre de surveillance pour élaborer et mettre en œuvre des mesures de gestion, y compris réexaminer les décisions antérieures, comme préciser les objectifs opérationnels. Par exemple, l'interprétation de la protection et de la conservation de façon à ce qu'une composante de l'écosystème « corresponde ou s'apparente à l'état naturel » nécessite une interprétation réfléchie en ce qui concerne les changements climatiques. Nous avons défini le terme comme suit dans ce document : Variation naturelle de l'état et de l'étendue, ou de la répartition, d'une composante d'un écosystème (p. ex. une espèce, un processus écologique ou une qualité de l'environnement). Dans les régions où des activités humaines ont lieu, cela signifie qu'il n'y a pas de différence mesurable avec ou sans cette activité (DFO et CNH 2019). Par conséquent, en ce qui concerne les impacts des changements climatiques, cela sous-entend qu'il n'existe aucune différence mesurable, avec ou sans les répercussions directes ou indirectes des changements climatiques. Il sera nécessaire d'élaborer un lexique commun, y compris une définition pratique de « l'état naturel ». Pour de plus amples renseignements sur l'évolution des conditions océaniques et les objectifs opérationnels, voir les sections sur la surveillance des changements climatiques et le glossaire (Termes utilisés).

2.2. REGROUPEMENT DES COMPOSANTES ÉCOSYSTÉMIQUES D'INDICATEURS BIOLOGIQUES

La présente section porte sur les regroupements proposés des composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques potentiels qui seront surveillés afin d'évaluer l'efficacité de la mise en œuvre des objectifs opérationnels (CNH et MPO 2019; tableau 1). À l'instar des défis liés à l'utilisation et à la définition du terme « cadre », les termes et les définitions utilisés pour discuter des « indicateurs » diffèrent entre les régions et les praticiens et ont changé au fil du temps (voir la section sur le glossaire). Pour faciliter la compréhension, les définitions de travail utilisées dans le présent document sont résumées ci-après (encadré 2).

Encadré 2. Terminologie : Indicateur = Composante écosystémique * Paramètre

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 (Thornborough *et al.* 2016). Par conséquent, tout au long du présent document, nous examinons les « indicateurs » dans le contexte de deux éléments (composantes) : 1) la « composante écosystémique » et 2) le « paramètre ». Une « composante écosystémique » est un élément fondamental de l'environnement biologique, physique ou chimique qui représente une espèce, un habitat, une fonction, une structure ou d'autres attributs explicites et tangibles (c.-à-d. mesurables ou observables) (CNH et MPO 2019). Un « paramètre » est le type de mesure ou d'observation – il s'agit des données quantifiables qui peuvent être mesurées directement ou calculées à partir d'autres paramètres (dérivés). Voici des exemples d'indicateurs écologiques potentiels pertinents pour les objectifs opérationnels de la ZPM SK-B :

- Abondance [le paramètre] du corail *Primnoa pacifica* [la composante écosystémique biologique];
- Diversité [le paramètre dérivé] des *Sebastes* spp. [la composante écosystémique biologique];
- Température [le paramètre] des eaux de surface [la composante écosystémique environnementale];
- Abondance [le paramètre] des chaluts de fond [la composante écosystémique de l'agent de stress].

En séparant délibérément le concept de l'indicateur et en distinguant et définissant les deux éléments, notre intention est de clarifier la terminologie de manière à faciliter une utilisation facile et intuitive. À titre d'exemple, la densité du corail *P. pacifica* peut être un indicateur de l'activité de chalutage par le fond, tandis que la proportion d'individus vivants et morts de corail *P. pacifica* peut être un indicateur de la désoxygénation et des changements climatiques. Bien que la composante écosystémique soit la même (le corail *P. pacifica*), le paramètre change la nature de ce qui est indiqué. Par conséquent, en précisant les deux éléments, un indicateur peut être directement lié à une priorité de conservation.

Dans le contexte des écosystèmes des grands fonds, pour lesquels la base de connaissances sur l'identité, la répartition et les comportements des espèces continue de croître et d'évoluer, le regroupement des composantes écosystémiques biologiques peut faciliter l'avancement de la surveillance et de la gestion adaptative. Les regroupements permettent aux chercheurs et aux praticiens d'effectuer des activités de surveillance sans avoir à se concentrer sur des espèces individuelles, à moins que cela ne soit justifié et possible (Neves *et al.* en préparation). Les

indicateurs propres à une espèce seront fort probablement résolus pendant la phase de surveillance de référence, en fonction des évaluations et des besoins régionaux et en tenant compte d'initiatives plus larges (p. ex. surveillance à l'échelle du réseau, indicateurs nationaux, espèces dont la conservation est préoccupante). Aux fins du cadre de surveillance de la ZPM SK-B, les groupes d'espèces et d'habitats ont été définis en fonction de la phylogénie, de la morphologie (p. ex. taille, forme), des caractéristiques du cycle biologique et des préférences en matière d'habitat, et conformément à la convention décrite dans Gullage *et al.* (2022), comme le proposent Neves et ses collaborateurs (en préparation) (tableau 2).

Les regroupements proposés de composantes écosystémiques biologiques énumérés ici ne sont pas représentatifs de toutes les espèces et de tous les habitats présents dans la ZPM SK-B. Ils constituent plutôt un sous-ensemble de groupes pertinents pour la surveillance du rendement écologique de l'objectif 1 du plan de gestion (décrit à la section précédente). Les regroupements sont fondés sur une liste de composantes écosystémiques importantes d'espèces, de communautés et d'habitats définies à l'origine dans le Cadre d'évaluation du risque écologique de la ZPM SK-B (O *et al.* 2015; Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018). Par exemple, les regroupements de poissons proposés ne comprennent pas les espèces de poissons démersales bathyales, pélagiques bathyales et pélagiques, qui se trouvent toutes dans la ZPM SK-B. Ces groupes sont exclus parce qu'ils sont courants dans toute la région, migratoires ou qu'ils occupent des habitats continus à grande échelle (c.-à-d. les eaux pélagiques ou les plans bathyaux à abyssaux). La surveillance de ces groupes sort de la portée actuelle des « populations d'espèces rares, localisées, endémiques et vulnérables » (tableau 1 : Objectif stratégique 1.1). Bien que les espèces présentes dans la ZPM SK-B ne figurent pas toutes dans les regroupements proposés de composantes écosystémiques biologiques, une liste exhaustive de toutes les espèces présentes dans la ZPM SK-B et sur d'autres monts sous-marins régionaux est fournie dans Du Preez et Norgard 2022 (tableau A10).

Il n'est pas rare que l'identification taxonomique d'un organisme change en raison d'une mauvaise identification, de nouvelles collectes de spécimens, de techniques d'identification améliorées (p. ex. codage à barres de l'ADN, imagerie à haute résolution), de nouvelles découvertes scientifiques ou de changements de nomenclature. La liste des espèces indiquée dans Du Preez et Norgard 2022 (tableau A10) est une bonne base de référence, mais elle devra être mise à jour pour demeurer exacte, car la surveillance et la recherche dans la ZPM et les régions avoisinantes se poursuivent. À ce sujet, il faut apporter quelques mises à jour d'identifications taxonomiques dans la liste des composantes écosystémiques importantes du Cadre d'évaluation du risque écologique (Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018). Dans le présent document, nous désignons la composante écosystémique importante de l'espèce galathée par le nom de *Munida quadrispina* — auparavant appelée *Cervimunida princeps* et *Munida quadrispina*. Dans le présent document, nous désignons la composante écosystémique importante de l'habitat des éponges comme incluant toutes les espèces d'éponges. Les travaux antérieurs du Cadre d'évaluation du risque écologique ont fait référence par erreur à toutes les éponges de la ZPM en tant que classe des Démospouges (la diversité des éponges est abordée dans la section précédente sur l'écologie). Nous parlons ici de la composante écosystémique importante de l'habitat des gorgones, précédemment appelée coraux de grands fonds de l'ordre des alcyonacés et gorgones des grands fonds. Nous faisons ici référence aux espèces de la composante écosystémique importante *Primnoa pacifica*. On a déjà émis l'hypothèse que le morphotype blanc trouvé sur le mont sous-marin SK-B pourrait être une espèce différente, peut-être endémique à la région, mais le codage à barres de l'ADN a confirmé que les morphotypes de couleur différente observés sur le mont SK-B sont tous des individus de l'espèce *P. pacifica* (d'après l'expert en identification taxonomique Merlin Best; correspondance à 100 % du gène COI-5P de l'ADN BOLD pour cinq *Primnoa* spp., y compris *P. pacifica*; Gartner *et al.* 2022 : annexe 5). Nous mentionnons ici les sébastes à taches noires et à

œil épineux (*Sebastes aleutianus/melanostichus*) – un complexe d'espèces (Orr *et al.* 2008) auparavant appelé seulement sébaste à œil épineux ou sébaste à taches noires/à œil épineux.

Le Cadre d'évaluation du risque écologique et l'identification des composantes écosystémiques importantes ont directement alimenté les objectifs de conservation écologique du but 1 (p. ex. les cinq poissons énumérés dans le but 1 sont une composante écosystémique importante des espèces; tableau 1). Il est facile d'organiser les composantes écosystémiques importantes du Cadre d'évaluation du risque écologique en quatre regroupements de haut niveau : les coraux et les éponges d'eau froide, les invertébrés, les poissons et les habitats benthiques sensibles (HBS) afin de les harmoniser avec les objectifs opérationnels. Un tableau récapitulatif de référence est fourni ci-après, reliant les objectifs opérationnels et les regroupements de composantes écosystémiques biologiques, des exemples de composantes écosystémiques importantes des espèces, les notes d'enregistrement et les agents de stress liés à la composante écosystémique importante (tableau 2).

Les coraux d'eau froide ont été classés en sept groupes : gorgones, coraux mous, pennatules, coraux noirs, coraux formant des récifs, madréporaires et hydrocoraux. Ces groupes sont tirés de Neves *et al.* (en préparation), à une différence près : nous avons fusionné les « petites » et les « grandes » gorgones (huit groupes à l'origine). Pour la région de la ZPM SK-B et aux fins du présent rapport, les données de surveillance pour les deux groupes de gorgones sont les mêmes. Il est à noter que les coraux qui forment des récifs sont inclus, même si aucune espèce de corail formant des récifs n'a été documentée à ce jour dans la ZPM SK-B. Il est possible qu'il s'agisse d'un artefact de l'effort de relevé – des relevés occasionnels dans la région, à des profondeurs semblables à celles du sommet peu profond du mont sous-marin SK-B, ont documenté de rares biohermes de *Lophelia pertusa*⁴ (p. ex. sur le mont sous-marin Cobb, Du Preez *et al.* 2015; côte centrale de la Colombie-Britannique). Le travail moléculaire a donné lieu à des révisions taxonomiques et *L. pertusa* porte maintenant le nom accepté de *Desmophyllum pertusum* (Hoeksema et Cairns 2022). Nous continuerons ici de parler des récifs de *Lophelia* dans un souci de cohérence avec Neves *et al.* (en préparation). Pour plus de détails sur le processus de regroupement des coraux, voir Neves *et al.* (en préparation).

Les éponges sont classées en deux groupes : les espèces des récifs d'éponges siliceuses et les autres (espèces diverses). Il est à noter que les éponges formant des récifs sont incluses, même si aucun récif d'éponges n'a été documenté à ce jour dans la ZPM SK-B. Il est possible qu'il s'agisse d'un artefact de l'effort de relevé, car les espèces formant des récifs ont toutes été documentées sur le mont sous-marin SK-B (l'éponge moutonnée [*Aphrocallistes vastus*], l'éponge à corolle [*Heterochone calyx*], l'éponge renversée [*Farrea occa*]⁴; Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10). Il s'agit des groupes pertinents sur le plan régional des quatre groupes originaux fournis dans Neves *et al.* (en préparation).

Les invertébrés benthiques autres que les coraux et les éponges d'eau froide sont classés en trois groupes : l'endofaune, l'épifaune sessile et l'épifaune motile. Ces groupes sortent de la portée de l'étude de Neves *et al.* (en préparation). Les séparations sont fondées sur l'habitat, l'endofaune vivant dans le substrat par opposition à l'épifaune vivant sur le substrat (p. ex. Reiss *et al.* 2010). L'épifaune a été encore plus divisée en fonction de la mobilité, car ce facteur influencera les outils potentiels utilisés pour étudier ces animaux et leurs réactions aux agents de stress (Rubidge *et al.* 2018).

Les poissons benthiques sont classés en trois groupes : les poissons benthopélagiques, les poissons benthiques des zones peu profondes et les poissons benthiques des zones profondes. Ces groupes sortent de la portée de l'étude de Neves *et al.* (en préparation). Les séparations

⁴ Du Preez *et al.* En préparation. Discovery of *Lophelia pertusa* in Pacific Canada.

sont fondées sur la mobilité et la profondeur et représentent des regroupements normalisés utilisés pour la gestion des pêches dans la région (MPO 2021c). Comme il a été mentionné précédemment, aux fins du présent rapport, les animaux non localisés sont exclus de cette section (p. ex. poissons bathyaldémersaux, bathyalpélagiques et pélagiques); toutefois, les espèces non localisées sont examinées plus loin dans la section sur les fonctions de l'écosystème et la structure trophique » (tableau 1 : Objectif opérationnel 1.3.a).

La morue charbonnière est une exception non localisée des regroupements de poissons et est citée à titre d'exemple parmi les poissons benthiques des zones profondes (tableau 2). La morue charbonnière est une composante écosystémique importante des espèces (Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018) et un exemple d'espèce de poisson dans les objectifs de conservation du Plan de gestion de la ZPM SK-B (tableau 1 : 1.1), mais elle n'est pas considérée comme « localisée ». On la trouve à des profondeurs supérieures à celles du groupe des poissons benthiques des zones profondes (plus de 2 000 m de profondeur) et elle est très migratoire tout au long de son cycle biologique (MPO 2013a). De plus, la morue charbonnière de la ZPM SK-B fait au moins partie de la population qui occupe la zone entre l'île de Vancouver et la mer de Béring (MPO 2013a). Cependant, la surveillance de la morue charbonnière est pertinente pour la surveillance des fonctions de l'écosystème et de la structure trophique des monts sous-marins (tableau 1 : 1.3.a) et la surveillance des populations migratrices (conformément à l'objectif opérationnel 3.2.d; CNH et MPO 2018), surtout si l'on tient compte de son importance culturelle et écologique et de sa valeur commerciale continue (encadré 3, figure 12).

Encadré 3. Skil / Morue charbonnière / Morue noire / *Anoplopoma fimbria*



Figure 12. La représentation artistique de la **Skil** / morue charbonnière / morue noire / *Anoplopoma fimbria* a été communiquée par **Ijuuwaas** Tyson Brown, de la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B) (CNH et MPO 2019).

La **Skil** / morue charbonnière / morue noire / *Anoplopoma fimbria* est un poisson unique et important dans le contexte de la ZPM SK-B. La morue charbonnière effectue des migrations verticales nyctémérales, consommant des proies benthiques et pélagiques, reliant les niveaux trophiques inférieurs et supérieurs, et contribuant aux fonctions écologiques globales (Goetz *et al.* 2017). Décrite dans l'étude sur les connaissances traditionnelles marines de la Nation haïda, « la pêche à la morue noire est une tradition haïda. Il y a longtemps, les pêcheurs fabriquaient des hameçons spéciaux pour la morue noire », et « il existe des preuves que les Haïdas se rendent à SGáan Kínghlas, ou mont sous-marin Bowie, pour pêcher » (Haida Marine Traditional Knowledge Study Participants *et al.* 2011a, 2011b). Des préoccupations ont été soulevées au sujet du règlement sur la pêche commerciale de la

morue charbonnière (de 1985 à 2018) en raison des engins non sélectifs qui ont endommagé les habitats benthiques et ont causé des taux élevés de prises accessoires. Ainsi, l'un des principaux objectifs de la ZPM était de protéger l'écosystème fragile contre la pêche (CNH et MPO 2019). En 2018, la pêche a été fermée à la demande du Conseil de gestion de la ZPM SK-B (CNH 2018) et on peut donc s'attendre à ce que la population de morue charbonnière montre éventuellement des signes de rétablissement. Cependant, les adultes sont très migrateurs, se déplaçant des monts sous-marins sur toute la côte et revenant à maintes reprises (MPO 2013a), ce qui complique la surveillance de cette espèce importante sur le plan culturel et écologique. Il sera important de garder à l'esprit que contrairement aux espèces localisées, les changements (ou l'absence de changement) détectés pour la morue charbonnière dépendront de conditions et d'agents de stress sortant de la portée des mesures de gestion par zone dans la ZPM SK-B et que la population est toujours exploitée sur le talus et le plateau continentaux et sur les monts sous-marins à l'extérieur de la zone économique exclusive canadienne (p. ex. Lacko *et al.* 2021). La gestion spatiale de la population de morue charbonnière nécessite une approche à l'échelle de la côte du Pacifique intégrant des facteurs intergouvernementaux (p. ex. MPO 2013a). Cependant, lorsque l'habitat de la ZPM SK-B est sain et productif, la morue charbonnière pourrait passer plus de temps dans la région. En raison de la vaste aire de répartition de l'espèce, aucun paramètre écologique n'a pu être attribué aux mesures de gestion de la ZPM sans des données de contrôle solides provenant de l'extérieur de la ZPM (pour de plus amples renseignements, voir la section sur le plan d'échantillonnage).

Les habitats benthiques sensibles sont classés en quatre groupes : l'habitat des algues coralliennes, l'habitat des macroalgues, l'habitat des coraux d'eau froide et l'habitat des éponges. Les deux premiers groupes sortent de la portée de l'étude de Neves *et al.* (en préparation). Ces quatre composantes écosystémiques importantes des habitats ont été définies lors de l'application du Cadre d'évaluation du risque écologique à la ZPM SK-B (Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018). Les séparations des algues reposent sur la taxonomie et les formes de croissance qui représentent les regroupements standard (voir la section précédente sur les algues). Les deux dernières reviennent aux groupes de coraux d'eau froide et d'éponges mentionnés précédemment. Pour la région de la ZPM SK-B, et aux fins du présent rapport, il convient de noter que les habitats de coraux d'eau froide et d'éponges se chevauchent souvent dans l'espace, produisant des jardins mixtes des deux (Du Preez et Norgard 2022). Contrairement aux regroupements précédents, les habitats benthiques sensibles sont définis comme les éléments physiques du fond marin, qui comprennent une combinaison de composantes biologiques et environnementales (CNH et MPO 2019). Par conséquent, en plus des regroupements de composantes écosystémiques de coraux d'eau froide, d'éponges et d'algues, les habitats benthiques sensibles devraient inclure l'océanographie géologique (p. ex. la géologie superficielle) dans les regroupements de composantes écosystémiques environnementales, ainsi que des agents de stress comme les perturbations anthropiques du fond marin (ces deux sujets sont abordés dans la section sur les composantes écosystémiques et les paramètres des indicateurs de surveillance écologique).

Au total, nous proposons 19 regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques : sept coraux d'eau froide, deux éponges, trois autres invertébrés, trois poissons et quatre habitats benthiques sensibles (macroalgues, algues coralliennes, coraux d'eau froide et éponges). Les regroupements environnementaux (océanographie géologique, biologique, physique et chimique) et d'agents de stress sont abordés plus loin dans le document.

Tableau 2. Regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques et exemples d'espèces trouvées dans la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B), répertoriés sous leur objectif opérationnel respectif (de 1.1.a à 1.2.a) : coraux et éponges d'eau froide, invertébrés, poissons et habitats benthiques sensibles. Les renseignements supplémentaires comprennent les notes d'enregistrement et les espèces des composantes écosystémiques importantes (CEI), les agents de stress connexes, l'état actuel (c.-à-d. agent de stress actuel de la composante écosystémique importante = rouge; agent de stress non existant, mais potentiel de la composante écosystémique importante = vert) et les tendances et réactions actuelles prévues (rétablissement après la perturbation = ▲; en déclin = ▼; état stable = —; indéterminé = ?) (définitions dans le Cadre d'évaluation du risque écologique; Thornborough et al. 2016; Rubidge et al. 2018; et Du Preez et Norgard 2022).

Regroupement	Description	Composantes écosystémiques importantes des espèces ¹ (en caractères gras) et autres exemples ²	Notes d'enregistrement	Agents de stress de la composante écosystémique importante ³ et autres
Coraux et éponges d' eau froide (objectif opérationnel 1.1.a)	Gorgone	Corail arborescents ou en forme d'éventail de l'ordre des Alcyonacés, avec un axe interne (squelette) protéique ou calcaire ⁴ .	Corail orangé du Pacifique (<i>Primnoa pacifica</i>), <i>Isidella tentaculum</i>, habitat gorgonien (composante écosystémique importante de l'habitat), octocorail (<i>Paragorgia</i> spp.), <i>Parastenella</i> spp., <i>Keratoisis</i> spp., <i>Swiftia</i> spp., corail bambou (<i>Isidella</i> spp.), <i>Acanthogorgia</i> sp., <i>Callogorgia</i> sp.	▲ Pêche (perturbation du substrat : écrasement et remise en suspension; retrait de matériel biologique; espèces aquatiques envahissantes), ■ Déversement d'hydrocarbures (pétrole), ■ Opérations menées à l'aide d'engins sous-marins et rejets (espèces aquatiques envahissantes) ³ , ▼ Perte d'engins de pêche (perturbation du substrat : écrasement et remise en suspension) (Du Preez et al. 2020), ▼ Changements climatiques (changements de la température, de
	Corail mou	Coraux de l'ordre des Alcyonacés sans axe interne. Ces coraux ont un corps mou soutenu par un squelette hydrostatique et de petites structures en CaCO ₃ (c.-à-d. des sclérites) intégrées dans leurs tissus. Ce groupe est principalement représenté par les familles des Nephtheidés et des Alcyoniidés (coraux-champignons), mais comprend des formes délicates comme les espèces stolonifères (rampantes) <i>Clavularia</i> spp. ⁴ .	<i>Gersemia</i> sp., <i>Heteropolypus</i> sp., <i>Clavularia</i> spp.	Généralement trouvée fixée à un substrat dur. Les grandes gorgones peuvent atteindre des hauteurs de plus de 2 m. Prises accessoires dans la pêche de la morue charbonnière sur le mont sous-marin ⁵ . Couramment observée pendant les relevés d'imagerie ⁶ .

Regroupement	Description	Composantes écosystémiques importantes des espèces ¹ (en caractères gras) et autres exemples ²	Notes d'enregistrement	Agents de stress de la composante écosystémique importante ³ et autres
				l'oxygène, du pH, des horizons de saturation, du réseau trophique, de la répartition des espèces) (Ross <i>et al.</i> 2020).
Pennatules	Coraux de l'ordre des Pennatulacés. Comprennent à la fois les morphologies en plumes (p. ex. <i>Pennatula</i> spp.) et en fouet (p. ex. <i>Halipterus</i> spp., <i>Protoptilum</i> spp.) ⁴ .	<i>Umbellula lindahli</i> , <i>Anthoptilum grandiflorum</i> , <i>A. cf. lithophilum</i> , <i>Halipterus</i> spp., pennatule de Gurney (<i>Ptilosarcus gurneyi</i>)	Trouvés surtout sur un substrat meuble (exception : <i>A. cf. lithophilum</i>). Partiellement enterrés en permanence dans les sédiments (pédoncule). Prise accessoire peu fréquente ⁵ . Observés pendant les relevés d'imagerie ⁶ .	Aucune composante écosystémique importante de l'espèce.
Corail noir	Coraux de l'ordre des Antipathaires. Ils ont un squelette organique en forme de fil métallique composé de couches concentriques de protéines et de chitine. La forme des colonies varie d'une morphologie en branches (p. ex. <i>Stauropthes</i> sp.) à une morphologie ressemblant à une plume (p. ex. <i>Bathypathes</i> sp.) ou à un fouet (p. ex. <i>Stichopathes</i> sp.). Certaines espèces peuvent dépasser 1 m de hauteur, mais la plupart sont inférieures à 50 cm ⁴ .	<i>Chrysopathes</i> spp., <i>Bathypathes patula</i> , <i>Stichopathes spiessi</i> , <i>Lillipathes wingi</i> , <i>Parantipathes</i> sp.	Surtout trouvé fixé à un substrat dur. Prise accessoire peu fréquente (seulement <i>Parantipathes</i> sp.) ⁵ . Observé pendant les relevés d'imagerie ⁶ . Certaines espèces sont abondantes (p. ex. <i>Chrysopathes</i> spp.), mais d'autres sont moins courantes.	Aucune composante écosystémique importante de l'espèce [ne figure pas dans le tableau récapitulatif des composantes écosystémiques importantes]. Non déterminé comme étant une composante écosystémique importante dans le Cadre d'évaluation du risque écologique de 2015.
Coraux formant des récifs	Coraux de l'ordre des Scléactiniaires qui forment de vrais récifs ⁴ .	<i>Desmophyllum pertusum</i> (<i>Lophelia pertusa</i>)	Aucune observation dans la ZPM SK-B à ce jour. Il est peu probable qu'ils soient récupérés	Aucune composante écosystémique

Regroupement	Description	Composantes écosystémiques importantes des espèces ¹ (en caractères gras) et autres exemples ²	Notes d'enregistrement	Agents de stress de la composante écosystémique importante ³ et autres
			en tant que prises accessoires (petits et fragiles). Faible occurrence sur d'autres monts sous-marins du Pacifique Nord et le plateau et le talus continentaux adjacents ⁶ .	importante de l'espèce.
Madréporaires	Coraux solitaires de l'ordre des Scléactiniaires. Ils ont un squelette en CaCO ₃ et peuvent être trouvés libres (non fixés) sur des fonds meubles ou fixés à des substrats durs.	<i>Desmophyllum dianthus</i> , <i>Balanophyllia elegans</i> , Flabellidae	Les individus sont petits (habituellement < 5 cm de hauteur), attachés à un substrat dur, peuvent être rares ou se trouvent rarement en groupes. Aucune prise accessoire enregistrée ⁵ . Observés pendant les relevés par imagerie, mais difficiles à identifier au niveau de l'espèce ⁶ .	Aucune composante écosystémique importante de l'espèce.
Hydrocoraux	Coraux de l'ordre des Anthoathécates (classe des Hydrozoaires). Ils ont des squelettes en CaCO ₃ et peuvent présenter une morphologie ramifiée ou incrustante ou former des feuillettes lamellés. Les colonies se ramifient habituellement ⁴ .	Stylastéridés	Les espèces ont une morphologie ramifiée, sont fixées à un substrat dur et ont une hauteur de moins de 30 cm. Aucune prise accessoire enregistrée ⁵ . Observés pendant les relevés par imagerie, mais difficiles à identifier au niveau de l'espèce ⁶ .	Aucune composante écosystémique importante de l'espèce.
Éponges siliceuses hermatypiques	Uniques à l'échelle mondiale. Formées, au terme de siècles de croissance, sur une structure de spicules d'éponges siliceuses fusionnées se sédimentant en chicanes, formant de grandes biohermes ⁴ .	Habitat des éponges (composante écosystémique importante de l'habitat), éponge moutonnée (<i>Aphrocallistes vastus</i>), éponge à corolle (<i>Heterochone calyx</i>), éponge renversée (<i>Farrea occa</i>)	Les récifs sont formés de trois espèces d'éponges, avec plusieurs autres éponges qui ne forment pas de récif présentes sur les structures des récifs et à proximité. Rarement des prises accessoires ⁵ . Fréquemment observées dans les jardins d'éponges de la ZPM SK-B pendant les relevés par imagerie ⁶ .	▲ Pêche (perturbation du substrat : écrasement et remise en suspension; retrait de matériel biologique; espèces aquatiques envahissantes),

Regroupement	Description	Composantes écosystémiques importantes des espèces ¹ (en caractères gras) et autres exemples ²	Notes d'enregistrement	Agents de stress de la composante écosystémique importante ³ et autres
Autres : éponges diverses	Comprend les éponges non incluses dans le groupe précédent ⁴ .	Habitat des éponges (composante écosystémique importante de l'habitat), toutes les autres hexactinellides et toutes les autres éponges; <i>Pinulasma</i> sp., <i>Chonelasma oreia</i> , <i>Farrea</i> spp., éponge de Dawson (<i>Rhabdocalyptus dawsoni</i>), <i>Auleta</i> sp., <i>Asbestopluma</i> spp., <i>Mycale</i> sp., <i>Penares cortius</i>	Prises accessoires ⁵ et observées couramment pendant les relevés par imagerie ⁶ , mais la plupart des éponges sont difficiles à identifier à partir des images et l'identification à partir des observations en mer est à un niveau de résolution taxonomique faible. D'autres regroupements d'éponges seront probablement définis à l'avenir.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Déversement d'hydrocarbures (pétrole), ■ Opérations menées à l'aide d'engins sous-marins et rejets (espèces aquatiques envahissantes)³, ▼ Perte d'engins de pêche (perturbation du substrat : écrasement et remise en suspension) (Du Preez <i>et al.</i> 2020), ■ ▼ Changements climatiques (changements de la température, de l'oxygène, du pH, des horizons de saturation, du réseau trophique, de la répartition des espèces) (Ross <i>et al.</i> 2020).
Invertébrés (objectif)	Endofaune Animaux issus de différents phyla qui vivent dans le substrat.	Assemblage d'invertébrés benthiques (composante écosystémique importante de la communauté), nématodes, (certains) petits crustacés, polychètes, bivalves	Preuve indirecte de la présence (p. ex. bioturbation) observée pendant les relevés par imagerie. Les rares enregistrements taxonomiques de haut niveau proviennent d'échantillons scientifiques (p. ex. bennes preneuses).	Aucune composante écosystémique importante de l'espèce.

Regroupement	Description	Composantes écosystémiques importantes des espèces ¹ (en caractères gras) et autres exemples ²	Notes d'enregistrement	Agents de stress de la composante écosystémique importante ³ et autres	
Épifaune sessile et sédentaire	Animaux issus de différents phyla qui vivent sur le substrat et qui sont peu ou pas capables de se déplacer (autres que les coraux et les éponges, couverts précédemment).	Assemblage d'invertébrés benthiques (composante écosystémique importante de la communauté), hydroïdes, brachiopodes, bivalves fixés, crinoïdes à pédoncule, bryozoaires, tuniciers	Observées pendant les relevés par imagerie, mais bon nombre sont difficiles à résoudre à partir des images et l'identification est généralement à un niveau de résolution taxonomique faible. Les rares enregistrements taxonomiques de haut niveau proviennent d'échantillons scientifiques (p. ex. bennes preneuses).	Aucune composante écosystémique importante de l'espèce.	
Épifaune mobile	Animaux issus de différents phyla qui vivent sur le substrat et qui sont capables de se déplacer (autres que les poissons, couverts plus loin).	Galathée (<i>Munida quadrispina</i>), assemblage d'invertébrés benthiques (composante écosystémique importante de la communauté), complexe de tapis d'ophiures (p. ex. <i>Ophiacantha diplasia</i>), solaster géant (<i>Pycnopodia helianthoides</i>), crabe royal rouge (<i>Lithodes couesi</i>), poulpe géant du Pacifique Nord (<i>Enteroctopus dofleini</i>), holothurie de Californie (<i>Apostichopus californicus</i>), comatule du Pacifique (<i>Florometra serratissima</i>)	Certaines espèces capturées par les pêches sur le mont sous-marin (p. ex. gros crabes). Observée pendant les relevés par imagerie.	Non rempli pour la composante écosystémique importante de l'espèce.	
Poissons (objectif opérationnel 1.1.c)	Poissons benthopélagiques ⁷	Sébastes, que l'on trouve surtout à des profondeurs intermédiaires, mais qui sont présents entre 0 et 600 mètres; les adultes vivent près du fond, plus susceptibles de se rassembler en bancs ⁷ .	Veuve (<i>Sebastes entomelas</i>), bocaccio (<i>Sebastes paucispinis</i>), assemblage de sébastes (composante écosystémique importante de la communauté), sébaste à bandes vertes (<i>Sebastes elongatus</i>), sébaste arlequin (<i>Sebastes variegatus</i>)	Capturés par les pêches sur le mont sous-marin et observés pendant les relevés benthiques par imagerie, mais les vidéos pélagiques montrent une abondance beaucoup plus élevée loin du fond. Présents uniquement sur le mont sous-marin SK-B (pas sur les monts sous-marins Hodgkins ou Davidson/Pierce).	▲ Pêche (retrait de matériel biologique), ? Circulation (perturbation sonore). ■ Levés sismiques (essais sismiques/canons à air), ■ Déversement d'hydrocarbures (pétrole) ³ , ▲ Prises accessoires dans les pêches (retrait de matériel biologique)
	Poissons benthiques des zones peu profondes ⁷	Sébastes et autres taxons, que l'on trouve surtout dans des zones peu profondes, mais qui sont présents entre 0 et 600 mètres; les adultes	Zaprora (<i>Zaprora silenus</i>), sébaste aux yeux jaunes (<i>Sebastes ruberrimus</i>)⁸, assemblage de sébastes (composante écosystémique importante de la communauté), sébaste à bandes jaunes (<i>Sebastes nebulosus</i>), sébaste-tigre	Capturés dans les pêches sur le mont sous-marin et observés pendant les relevés par imagerie. Uniquement présents sur le mont sous-marin SK-B.	

Regroupement	Description	Composantes écosystémiques importantes des espèces ¹ (en caractères gras) et autres exemples ²	Notes d'enregistrement	Agents de stress de la composante écosystémique importante ³ et autres
	vivent près du fond, habituellement dans des zones rocheuses dont le fond présente un haut relief, certaines espèces aiment se cacher dans des crevasses rocheuses ⁷ .	(<i>Sebastes nigrocinctus</i>), loup ocellé (<i>Anarrhichtocellatus</i>)		(Du Preez <i>et al.</i> 2020), ▲ Dégradation de l'habitat biogène (voir Grandes gorgones et coraux mous) (MPO 2019a), ▼ Changements climatiques (changements dans l'oxygène, le pH) (Ross <i>et al.</i> 2020).
Poissons benthiques des zones profondes ⁷	Sébastes, poissons plats et autres taxons, que l'on trouve surtout dans des zones plus profondes, mais qui sont présents entre 100 et 2 000 mètres; la plupart des espèces sont de couleur rouge, mélange d'espèces qui vivent sur le fond, près du fond et se rassemblent en bancs loin du fond ⁷	Sébastes à taches noires et sébastes à œil épineux (<i>S. aleutianus/ Sebastes melanostictus</i>) , flétan du Pacifique (<i>Hippoglossus stenolepis</i>), morue charbonnière (<i>Anoplopoma fimbria</i>), assemblage dessébastes (composante écosystémique importante de la communauté), sébaste à longue mâchoire (<i>Sebastes alutus</i>), sébaste rosacé (<i>Sebastes helvomaculatus</i>), sébastolobe à courtes épines et à longues épines (<i>Sebastolobus alascanus</i> et <i>S. altivelis</i>), limande-sole (<i>Microstomus pacificus</i>)	Capturés dans les pêches sur le mont sous-marin et observés pendant les relevés par imagerie. Uniquement présents sur le mont sous-marin SK-B.	
Habitats benthiques sensibles (objectif)	Habitat d'algues coralliennes	Algues coralliennes incrustantes (composante écosystémique importante de l'habitat), non identifiées (probablement plusieurs espèces)	Observées pendant les relevés par imagerie. Certaines parcelles incrustantes couvrent de vastes zones de galets, de rochers et de substrat rocheux. Uniquement présentes sur le mont sous-marin SK-B.	■ Déversement d'hydrocarbures (pétrole), ■ Opérations menées à l'aide d'engins sous-marins et rejets (espèces aquatiques envahissantes) ³ ,

Regroupement	Description	Composantes écosystémiques importantes des espèces ¹ (en caractères gras) et autres exemples ²	Notes d'enregistrement	Agents de stress de la composante écosystémique importante ³ et autres
Habitat de macroalgues	Algues brunes de la classe des Phaeopyceae, trouvées dans des zones peu profondes au-dessus de 40 mètres environ, flexibilité structurale, à lames ou filamenteuses	Macroalgues (composante écosystémique importante de l'habitat), oseille de mer (<i>Desmarestia ligulata</i>), algue brune (<i>Laminaria yezoensis</i>)	Observées pendant les relevés par imagerie (principalement en plongée sous-marine). Certaines parcelles incrustantes couvrent de vastes zones de galets, de rochers et de substrat rocheux. Peuvent atteindre plusieurs dizaines de centimètres de hauteur, créant des habitats biogènes complexes. Présentes uniquement sur les pinacles les moins profonds du mont sous-marin SK-B.	
Habitat de coraux d'eau froide		Voir tous les regroupements de coraux précédemment.		
Habitat d'éponges		Voir les deux regroupements d'éponges précédemment.		

¹ Les exemples d'espèces sont tirés de la liste de composantes écosystémiques importantes du Cadre d'évaluation du risque écologique de la ZPM SK-B (Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018). ² Les exemples d'espèces sont tirés de Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10. ³ Les agents de stress sont tirés de Thornborough *et al.* 2018 (tableaux 4.7 et 4.8 : agents de stress actuels et potentiels), sauf indication contraire. ⁴ Description tirée du document de recherche sur le cadre national de surveillance des zones de coraux et d'éponges (Neves *et al.* en préparation). ⁵ Enregistrements des observateurs de la pêche en mer (p. ex. Buchanann *et al.* 2015; Buchanann *et al.* 2017; Buchanan *et al.* 2018). ⁶ Du Preez et Best 2022. Marine Life of the Northeast Pacific. iNaturalist. ⁷ Les définitions et les descriptions des regroupements proviennent du MPO et les noms de deux des trois regroupements ont été modifiés pour utiliser les termes appropriés pour les monts sous-marins : « espèce pélagique » = « espèce bathypélagique » et « espèce benthique côtière » = « espèce benthique des zones peu profondes ». ⁸ Le MPO classe le sébaste aux yeux jaunes dans la catégorie des « espèces benthiques des zones profondes », mais il figure ici dans la liste des « espèces benthiques des zones peu profondes » d'après les experts consultés (Danna Haggarty, MPO, Nanaimo, C.-B., comm. pers.).

3. AVANTAGES INDIRECTS POUR LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ

Les regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques décrits dans la section précédente sont axés sur les avantages directs pour la conservation de la biodiversité (ACB) des mesures de gestion de la ZPM SK-B. Ces avantages peuvent être directs, c'est-à-dire la conservation de l'espèce ou de l'habitat visé par la mesure de protection, ou indirects, c'est-à-dire des avantages supplémentaires découlant de la mesure de protection (Neves *et al.* en préparation). Les fonctions des écosystèmes fournies par les espèces sont habituellement considérées comme des avantages indirects pour la conservation de la biodiversité ou des « avantages connexes » qui peuvent se produire fortuitement en raison des mesures de conservation mises en œuvre dans la région (Neves *et al.* en préparation). Cela dit, la protection et la conservation des fonctions des écosystèmes du mont sous-marin, ainsi que de la structure trophique, de la ZPM SK-B constituent un objectif opérationnel (tableau 1 : 1.3.a). Compte tenu des définitions données dans le plan de gestion (DFO et CNH 2019), cet objectif opérationnel peut être interprété comme suit : « [Processus ou attributs physiques, chimiques et biologiques qui contribuent à l'autosuffisance des [composantes environnementales vivantes et non vivantes] et des [interactions de prédation] correspondent ou s'apparentent à l'état naturel. »

L'élaboration d'un objectif opérationnel axé sur les écosystèmes nécessite (i) de comprendre les relations et les processus dynamiques à différentes échelles et (ii) de surveiller un éventail accru de conditions environnementales et de composantes écologiques. Ce serait un défi pour n'importe quel écosystème marin, mais c'est particulièrement le cas pour les monts sous-marins, qui sont situés au large des côtes, dans les grands fonds et qui sont reconnus pour avoir une grande sphère d'influence (on utilise une zone tampon de 30 kilomètres pour définir la limite d'une ZIEB de mont sous-marin; MPO 2019a). De plus, le nombre de processus et d'attributs de l'écosystème d'un mont sous-marin augmente en nombre et en force à mesure que la profondeur du sommet diminue (MPO 2019a; Du Preez et Norgard 2022); par conséquent, avec son sommet particulièrement peu profond, SK-B est celui qui en compte le plus parmi tous les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique. La productivité, la productivité exportée, l'hétérogénéité de l'habitat, le potentiel de refuge et la biodiversité des monts sous-marins SK-B, Hodgkins et Davidson/Pierce augmentent (Du Preez et Norgard 2022).

Bien qu'aucun programme ne puisse, du fait de ses limites pratiques, surveiller tous les avantages directs et indirects pour la conservation de la biodiversité (c.-à-d. toutes les composantes écologiques et les conditions environnementales), la compréhension des interrelations entre les indicateurs prioritaires peut aider à surveiller les fonctions de l'écosystème et la structure trophique, à cerner les lacunes dans les connaissances et à recenser les agents de stress pour les interventions de gestion adaptative (p. ex. définir de nouveaux indicateurs de surveillance et de nouvelles voies potentielles pour détecter les changements). Les interrelations entre les regroupements biologiques, y compris les avantages indirects pour la conservation de la biodiversité, sont examinées dans la section sur la surveillance des fonctions de l'écosystème et de la structure trophique.

4. COMPOSANTES ÉCOSYSTÉMIQUES DES INDICATEURS DE SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE ET PARAMÈTRES

4.1. INTRODUCTION

À la suite de la désignation en 2008 de la zone du mont sous-marin SK-B en tant que ZPM, la Direction des Sciences du MPO a été chargée de recommander des indicateurs scientifiquement défendables pour surveiller la réalisation de la ZPM. La définition des indicateurs écologiques est l'une des étapes les plus importantes de la planification de la surveillance (Neves *et al.* en préparation). Cependant, avec seulement des objectifs de conservation généraux et les objectifs opérationnels encore à définir, Davies et ses collaborateurs (2011) ont recommandé une approche fondée sur le risque utilisant les séquences des effets et des méthodes d'évaluation des risques écologiques. La région du Pacifique a élaboré un Cadre d'évaluation du risque écologique (O *et al.* 2015) pour évaluer les menaces uniques et cumulatives découlant de multiples activités anthropiques et des agents de stress correspondants pour les composantes écosystémiques importantes. Le Cadre d'évaluation du risque écologique a été élaboré et amélioré par l'application pilote à la ZPM SK-B et à la ZPM du champ hydrothermal Endeavour (MPO 2015a) (figure 2A). Appliquant le processus du Cadre d'évaluation du risque écologique, Thornborough et ses collaborateurs (2016) ont défini des indicateurs et les ont classés en ordre de priorité. Rubidge et ses collaborateurs (2018) ont déterminé les effets des activités humaines sur les composantes écosystémiques importantes dans la ZPM SK-B. Cette évaluation des menaces fondée sur les risques et le choix des indicateurs ont été réalisés en l'absence d'objectifs de conservation précis. En 2019, le Conseil de gestion de la ZPM SK-B a publié son plan de gestion avec des objectifs de conservation, stratégiques et opérationnels clairs (CNH et MPO 2019). Ce cadre de surveillance des indicateurs, des protocoles et des stratégies intégrera les travaux antérieurs du Cadre d'évaluation du risque écologique.

Comme il a été mentionné précédemment, il s'agira du premier cadre de surveillance pour une ZPM du Pacifique, mais d'autres administrations au Canada se sont attaquées aux concepts des indicateurs et de la surveillance :

- Dans la biorégion de l'ouest de l'Arctique : 1) des indicateurs de surveillance ont été définis pour la ZPM de Tarium Niryutait (MPO 2010a; Loseto *et al.* 2010), ainsi qu'un plan de surveillance (DFO et Comité mixte de gestion de la pêche [CMGP] 2013) et des protocoles et stratégies de surveillance pour certains indicateurs (MPO 2013b); 2) des indicateurs, des protocoles et des stratégies de surveillance possibles ont été décrits pour le site d'intérêt d'Anguniaqvia Niqiyuam (Schimnowski *et al.* 2017). Il existe également un document de recherche décrivant les indicateurs de surveillance de la mégafaune des coraux et des éponges dans l'est de l'Arctique (Kenchington *et al.* 2012).
- Dans l'estuaire et la biorégion du golfe du Saint-Laurent : 1) la ZPM du Banc-des-Américains comporte un examen des indicateurs et des plans de surveillance écologique (Faille *et al.* 2019); 2) la ZPM de Basin Head avait un programme communautaire de surveillance aquatique de 2002 à 2008 (Thériault et Courtenay 2010), un plan de surveillance avec des indicateurs et des relevés (MPO 2019b) et un examen de l'efficacité du plan (Joseph *et al.* 2021); et 3) un plan de surveillance écologique a été mis en place pour la ZPM de l'estuaire du Saint-Laurent (MPO 2012).
- Dans la biorégion du plateau néo-écossais : 1) dans la ZPM du Gully, on procède à la surveillance des contaminants (MPO 2009a), les recommandations de surveillance comprennent des indicateurs, des protocoles et des stratégies (Kenchington 2010) et une réunion du SCAS a été organisée pour examiner la surveillance de la ZPM en 2021

(documents en préparation); 2) un cadre de surveillance a été élaboré pour la ZPM du banc de Sainte-Anne alors que la zone était un site d'intérêt (Kenchington 2014); et 3) dans la ZPM de l'estuaire de la Musquash, un cadre de surveillance a été mis en place (Cooper *et al.* 2011), on a examiné les données de référence pour les indicateurs de surveillance (Cooper *et al.* 2014) et mis en œuvre un plan de surveillance (Division de la gestion des océans et des zones côtières 2015).

- Dans la biorégion des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador : 1) La ZPM d'Eastport dispose d'indicateurs, de protocoles et de stratégies de surveillance pour maintenir une population viable de homards d'Amérique (MPO 2014; Lewis *et al.* 2017); 2) dans la ZPM de la baie Gilbert, on mène une surveillance de la population génétiquement distincte de morues du Nord depuis 1998, un rapport de surveillance a été rédigé depuis (Janes *et al.* 2009), on a procédé à un examen (MPO 2010b) et à une évaluation (Morris et Green 2017) des indicateurs, protocoles et stratégies de surveillance et on a adopté une approche adaptative des protocoles et stratégies de surveillance (Morris et Green 2014; MPO 2017a); 3) dans la ZPM du chenal Laurentien, un cadre de surveillance (Lewis *et al.* 2016) a été élaboré, ainsi que des propositions d'indicateurs, de protocoles et de stratégies (MPO 2015b) alors que la zone était un site d'intérêt.

Ces ressources de surveillance élaborées pour les ZPM dans tout le Canada ont servi d'information pour l'élaboration du cadre de surveillance de la ZPM SK-B. De plus, le MPO a fourni des orientations sur la définition des indicateurs, des protocoles de surveillance et des stratégies pour les réseaux biorégionaux d'AMP (MPO 2013c) et les approches de surveillance et d'évaluation des réseaux biorégionaux marins (DFO 2020); ces renseignements sont pertinents, même si la ZPM SK-B ne fait pas partie d'un réseau planifié d'AMP. Toutefois, un cadre national de surveillance récemment élaboré pour les zones de coraux et d'éponges (Neves *et al.* en préparation) constitue le fondement de l'élaboration de notre cadre. Le cadre de surveillance des coraux et des éponges fournit un format efficace pour mettre en évidence 1) les regroupements pour la surveillance écologique; 2) les paramètres informatifs de ces regroupements; 3) les outils, les stratégies et les méthodologies pour obtenir les données sur les indicateurs; et 4) les limites, les avantages et les compromis des ressources pour surveiller ces indicateurs.

4.2. MÉTHODES

4.2.1. Comment nous avons choisi les regroupements des composantes écosystémiques des indicateurs et les paramètres

Dans ce cadre, nous déterminons les regroupements des composantes écosystémiques des indicateurs et les paramètres appropriés pour surveiller chaque objectif de conservation écologique de la ZPM SK-B. Nous avons examiné les composantes écosystémiques des indicateurs et les paramètres décrits dans les publications des autres provinces et territoires susmentionnés et nous avons travaillé avec des experts régionaux en la matière; essentiellement, nous les avons harmonisés avec le format et les paramètres de regroupement des composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques (c.-à-d. les états indicateurs) utilisés dans Neves *et al.* (en préparation). Cela dit, trois des objectifs opérationnels (tableau 1 : 1.1.a-c) mentionnent spécifiquement deux paramètres pour la protection et la conservation des populations de coraux et d'éponges d'eau froide, d'invertébrés et de poissons : l'abondance et l'état.

Les lignes directrices nationales pour la sélection des composantes des indicateurs écosystémiques de surveillance et des paramètres sont détaillées dans un processus en huit étapes (MPO 2013c). Comme dans Neves *et al.* (en préparation), nous suivons ici les quatre

premières étapes de l'analyse (sections suivantes du présent document). Les étapes 5 à 8 devraient intervenir pendant l'élaboration d'un plan de surveillance.

4.2.1.1. Étape 1. Définir les objectifs de conservation

Par chance, les buts de conservation ainsi que les objectifs stratégiques et opérationnels pour la ZPM SK-B sont clairement énoncés dans le plan de gestion (CNH et MPO 2019; indiqués dans le tableau 1). Ce n'est pas toujours le cas pour les ZPM ou les autres mesures de conservation efficaces (AMCE) (p. ex. Kenchington 2010).

Le plan de gestion de la ZPM SK-B comporte six objectifs opérationnels de conservation écologique qui sont liés aux populations de coraux et éponges d'eau froide, d'autres invertébrés et de poissons, aux habitats benthiques sensibles, aux conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique, aux fonctions de l'écosystème et à la structure trophique (CNH et MPO 2019 : But 1) (tableau 1). Ces objectifs limitent les composantes de l'écosystème pertinentes pour la surveillance de l'efficacité des mesures de gestion (étape 1 sur 4 pour la sélection des composantes écosystémiques des indicateurs et des paramètres).

4.2.1.2. Étape 2. Déterminer les regroupements de composantes écosystémiques des indicateurs et les paramètres appropriés

Nous proposons des regroupements de composantes écosystémiques (biologiques, environnementales et agents de stress) pour les indicateurs afin de répondre à chaque objectif opérationnel dans le cadre du but de conservation écologique (tableau 1) en reprenant ceux de Neves *et al.* (en préparation) pour les coraux et les éponges, nos propres regroupements pour les autres composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques (voir la section précédente sur le regroupement des composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques), et ensuite les regroupements déterminés pour les composantes écosystémiques environnementales et les composantes écosystémiques pertinentes des agents de stress (jumelées à des paramètres) par des experts en la matière et publiés par d'autres provinces et territoires. Dans le cadre de nos regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques, nous mettons en évidence les composantes écosystémiques importantes tirées des applications du Cadre d'évaluation du risque écologique à la ZPM SK-B (O *et al.* 2015; Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018; tableau 2 : Composantes écosystémiques importantes et agents de stress correspondants).

Nous devons évaluer comment nous pouvons surveiller ou mesurer le changement dans certains regroupements de composantes écosystémiques des indicateurs pour la ZPM. Neves et ses collaborateurs (en préparation³) ont repris les 12 paramètres⁵ proposés dans Kenchington *et al.* (2012) pour la surveillance des coraux et des éponges dans l'est de l'Arctique canadien : l'abondance, la biomasse, la répartition, les indices de la diversité, la structure selon la taille, le rapport vivant:mort, le pourcentage de couverture des zoanthaires, la superficie des parcelles, la densité des parcelles, l'isolement ou la proximité des parcelles, la connectivité des parcelles et la dispersion des parcelles. Dunham et ses collaborateurs (2018) suggèrent également des indices propres aux récifs d'éponges siliceuses, comme le potentiel de rétablissement, les taxons indicateurs des récifs vivants et la structure des récifs.

Pour les regroupements de composantes écosystémiques environnementales et les paramètres, nous avons tiré l'information de cadres de surveillance qui intégraient des paramètres environnementaux (p. ex. Kenchington 2010; Kenchington 2014). Nous avons

⁵ Dans le présent document, nous utilisons le terme « paramètres » pour discuter du type de composante mesurable pour les indicateurs de surveillance. D'autres termes ont été utilisés précédemment, comme « indicateurs de l'état »³ ou « indicateurs » (Thornborough *et al.* 2016).

ensuite transmis l'information à des experts en la matière afin de peaufiner et d'évaluer les indicateurs (voir l'annexe A : tableau A1). La surveillance des agents de stress comme objectif de premier ordre sort de la portée du but 1 (tableau 1) et est couverte par différents buts du plan de gestion. Cependant, dans certains cas, les agents de stress peuvent être le moyen le plus efficace de surveiller indirectement une espèce, un habitat ou un état. Les principaux agents de stress pertinents pour les objectifs opérationnels de conservation écologique sont inclus dans ce cadre (p. ex. les données des relevés visuels permettant d'identifier les engins de pêche perdus sur le fond marin), mais la surveillance des agents de stress pourrait être instructive et fournir un contexte important pour les profils écologiques (ou indiquant indirectement l'état) (p. ex. les données déclarées par les pêches sur les engins de pêche perdus, recueillies dans le cadre de la surveillance de référence en vertu du but 2.1.d – hors de la portée de ce cadre – seraient un indicateur indirect d'un habitat touché/perturbé du fond marin, voire d'un habitat benthique vulnérable).

4.2.1.3. Étape 3. Établir les critères de sélection pour les paramètres

Nous utilisons les lignes directrices nationales pour les critères de sélection des indicateurs, y compris pour les paramètres (MPO 2012). Les critères de sélection à prendre en considération pour chaque indicateur sont les suivants :

- Fondement théorique – les concepts sont conformes à la théorie établie;
- Mesure – les données utilisées pour estimer les indicateurs doivent être mesurées facilement et avec exactitude;
- Données historiques – les données des périodes antérieures doivent être disponibles, idéalement avec une série chronologique d'au moins 10 à 20 ans;
- Sensibilité – la variation de la valeur de l'indicateur correspond à un changement de la pression (p. ex. pêche, pollution);
- Réactivité – inclut le type de réponse (linéaire, non linéaire, aléatoire) des indicateurs par rapport à la pression, le délai de réponse et le rapport signal:bruit (c.-à-d. que les données utilisées pour estimer les indicateurs doivent être mesurables avec une précision suffisante pour que tout changement ou toute tendance dans l'indicateur soit supérieur à la variance de sa mesure);
- Spécificité – les indicateurs peuvent être influencés par plus d'une pression (p. ex. pêche et température). À quel point l'indicateur est-il précis en ce qui concerne la pression visée? Peut-on la distinguer d'autres pressions (c.-à-d. qu'il est essentiel de savoir pourquoi un indicateur change)?
- Sensibilisation du public – l'indicateur doit être facile à comprendre pour les non-scientifiques et facile à communiquer;
- Rentabilité – l'échantillonnage, la mesure, le traitement, l'analyse des données des indicateurs et la présentation des résultats des évaluations doivent être faisables avec les ressources financières disponibles.

4.2.1.4. Étape 4. Évaluer les paramètres pour les regroupements de composantes écosystémiques

Thornborough et ses collaborateurs (2016) ont appliqué le processus des critères de sélection ci-dessus aux indicateurs des composantes écosystémiques importantes pour la ZPM SK-B (p. ex. voir l'annexe D de leur document). Il convient de noter que Thornborough et ses collaborateurs (2016) ont fourni le contexte de l'exclusion de la sensibilisation du public et de la

rentabilité de leur analyse. Neves et ses collaborateurs (en préparation³) ont également passé en revue ce processus de critères de sélection (voir le tableau 4 dans leur document) et souligné que l'évaluation n'est pas une tâche simple et que, dans de nombreux cas, des exceptions la rendent difficile. Cependant, ils ont noté les 12 paramètres présentés dans Kenchington *et al.* (2012) suffisamment bien pour les inclure comme indicateurs et ont ajouté l'étendue des récifs de *Lophelia*, les taxons indicateurs des récifs d'éponges vivantes, la structure des récifs, le potentiel de rétablissement (tiré de Dunham *et al.* 2018) et des avantages indirects pour la conservation de la biodiversité à leurs paramètres. Nous allons tirer parti des efforts des auteurs de ces deux publications en utilisant leurs paramètres évalués pour les regroupements de coraux et éponges d'eau froide; nous avons procédé à des suppressions raisonnables pour d'autres regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques (p. ex. nous avons supprimé le contexte des récifs pour les poissons) et avons fait appel à des experts en la matière pour établir la liste finale des paramètres environnementaux (p. ex. l'océanographie physique).

4.3. RÉSULTATS

4.3.1. Regroupements des composantes écosystémiques des indicateurs et paramètres

Nous avons tiré les renseignements sur les paramètres pour les coraux et les éponges d'eau froide du document de Neves *et al.* (en préparation³), qui décrit de façon exhaustive les paramètres : ce que chacun d'eux mesure, comment il *pourrait être et est* mesuré, les considérations relatives au plan d'échantillonnage, les changements prévus et les coûts-avantages. Il n'est pas possible, dans les limites pratiques du présent document de recherche, de reproduire ce niveau de détail pour tous les regroupements de composantes écosystémiques biologiques et environnementales pertinents pour les objectifs opérationnels de la ZPM SK-B et leurs avantages indirects pour la conservation de la biodiversité. Heureusement, Thornborough et ses collaborateurs (2016) donnent des renseignements semblables pour les composantes écosystémiques importantes propres à la ZPM SK-B (annexes C et D de leur document). Afin de ne pas dédoubler les efforts, nous présentons des renseignements sommaires pour chaque paramètre et son adéquation pour chaque regroupement de composantes écosystémiques. Voir le texte plus loin pour les descriptions des paramètres et les tableaux pour les résumés des paramètres appropriés (tableau 3 : Coraux et éponges d'eau froide; tableau 4 : Invertébrés; tableau 5 : Poissons; tableau 6 : Habitats benthiques sensibles; tableau 7 : Habitats pélagiques et à la surface de la mer). Les tableaux reprennent le format adopté dans Neves *et al.* (en préparation³) à quelques différences importantes près : les avantages indirects pour la conservation de la biodiversité ne sont pas inclus (couverts dans la section sur la surveillance de la structure trophique, plus loin) et les paramètres environnementaux sont couverts dans les deux derniers tableaux.

Nous définissons, décrivons et examinons l'adéquation de 15 paramètres biologiques (composantes abordées en détail dans la section précédente), de 16 composantes et paramètres environnementaux et de 5 composantes et paramètres des agents de stress. Les paramètres biologiques comprennent deux paramètres prioritaires explicitement mentionnés dans le plan de gestion : l'état et l'abondance (CNH et MPO 2019 : objectifs opérationnels 1.1.a à 1.1c).

4.3.1.1. Paramètres biologiques

Nous avons indiqué si les paramètres sont directement mesurés (mesurés) ou créés en fonction d'autres paramètres (p. ex. dérivés).

Abondance – mesurée ou dérivée

L'abondance est expressément mentionnée dans le plan de gestion comme paramètre pour les objectifs opérationnels portant sur la protection et la conservation des populations dans des assemblages précis (coraux et éponges d'eau froide, invertébrés, poissons; énumérés dans le tableau 1) et devrait être considérée comme un paramètre prioritaire pour la surveillance des regroupements de composantes écosystémiques connexes. Dans sa forme la plus simple, l'abondance est la mesure du nombre d'individus ou de colonies (aussi l'abondance ou la densité relative, la couverture et la fréquence) (Thornborough *et al.* 2016). L'abondance peut renseigner sur la biodiversité, le succès de la reproduction, la taille et la structure de la population. Les mesures directes de l'abondance peuvent être non extractives (p. ex. imagerie et acoustique) ou extractives (p. ex. relevés des pêches). Les données dérivées (calculs indirects) peuvent être non extractives (p. ex. modèles de répartition des espèces), mais elles nécessitent des mesures directes (réalité de terrain). Les limites peuvent être que les paramètres de l'abondance peuvent négliger ou sous-estimer les espèces de petite taille ou rares (p. ex. le couvert forestier de grands organismes dans les images peut dissimuler de plus petits organismes). Les estimations de l'abondance par imagerie pour les invertébrés mobiles et les poissons peuvent être sous-estimées en raison des comportements d'évitement ou de migration. Les estimations de l'abondance par les pêches ou à l'aide de caméras appâtées pour les poissons sont plus représentatives d'une capture par unité d'effort ou de l'abondance maximale pour la zone. Un écart de l'abondance par rapport à l'état naturel peut découler d'une perturbation directe (p. ex. pêches), d'un rétablissement après une perturbation (p. ex. après la fermeture des pêches en 2018), de conditions abiotiques (p. ex. désoxygénation liée aux changements climatiques) ou d'une réaction en chaîne (p. ex. cascades trophiques : les proies diminuent à mesure que les prédateurs augmentent; pour plus de détails, voir la section sur la surveillance des fonctions de l'écosystème et de la structure trophique). Les tableaux 3 à 6 présentent des renseignements propres aux regroupements de composantes biologiques écosystémiques.

Biomasse – mesurée ou dérivée

La biomasse est la mesure du poids des organismes pour une unité de superficie/volume (Thornborough *et al.* 2016). La biomasse peut renseigner sur la productivité, le succès de la reproduction, la structure des populations et la structure trophique, le métabolisme et les caractères associés, ainsi que sur la détermination des points chauds biologiques. Les mesures directes de la biomasse nécessitent le retrait de matériel biologique de l'écosystème (destructif par nature; paramètre courant utilisé dans les relevés des pêches et des poissons). Les données dérivées peuvent être non extractives (p. ex. imagerie ou acoustique), mais nécessitent des rapports taille-poids fiables. Les interprétations des changements sont semblables à celles mentionnées précédemment pour « l'abondance ». Les tableaux 3 à 6 présentent des renseignements propres aux regroupements de composantes biologiques écosystémiques.

Répartition – dérivée

La répartition est la mesure de l'emplacement des organismes (aire ou étendue spatiale, présence-absence, invasion ou disparition) (Thornborough *et al.* 2016; Neves *et al.* en préparation³) La répartition peut renseigner sur la résilience des écosystèmes et la diversité génétique. Les données sur la répartition nécessitent la collecte de données taxonomiques à haute résolution et de données sur l'abondance accompagnées d'information spatiale. Des données de référence solides sont nécessaires pour détecter un décalage de la répartition (p. ex. une couverture suffisante de données spatiales et taxonomiques à haute résolution pour détecter de manière fiable des changements de répartition en latitude ou en profondeur en

réaction aux changements climatiques). Les interprétations des changements sont semblables à celles mentionnées précédemment pour « l'abondance ». Les tableaux 3 à 6 présentent des renseignements propres aux regroupements biologiques.

Indices de la diversité – dérivés

Les indices de la diversité mesurent le nombre de types différents présents dans un ensemble et peuvent tenir compte des proportions (richesse, régularité et diversité à des échelles allant de la génétique à la communauté). La diversité peut renseigner sur la structure des communautés, la résilience des écosystèmes et la diversité génétique. Le calcul des indices de la diversité suivra la collecte de données sur l'abondance pour un assemblage et dépend de la qualité de ces données et de la résolution taxonomique. Les relevés des pêches contribuent peu aux relevés de la diversité, car il s'agit habituellement de pêches ciblées (sauf pour le chalut de fond, dont l'utilisation n'est pas recommandée dans la ZPM SK-B). Tous les échantillons physiques prélevés doivent comprendre des échantillons de tissus pour évaluer la diversité génétique. Il faut comprendre la composition de l'assemblage, les réactions individuelles et les effets en cascade pour interpréter les changements dans la diversité. Les tableaux 3 à 6 présentent des renseignements propres aux regroupements biologiques.

Structure selon la taille – mesurée

La structure selon la taille est la mesure de la fréquence des tailles des individus/colonies dans un assemblage (Thornborough *et al.* 2016). La structure selon la taille peut renseigner sur la population (p. ex. âge – stades du cycle biologique ou âge réel pour les rapports taille-âge établis) et la structure trophique, le stade de reproduction et le succès de la reproduction. Les mesures directes de la taille peuvent être non extractives (p. ex. imagerie et acoustique, mais non simples compte tenu de l'orientation du capteur et de l'organisme) ou extractives (p. ex. relevés des pêches avec des mesures précises ex situ). Un écart de la structure selon la taille par rapport à l'état naturel peut résulter d'une perturbation liée à la taille (p. ex. biais des engins pour pêcher des poissons plus gros), d'un rétablissement après une perturbation (p. ex. une importante cohorte de juvéniles après la fermeture des pêches en 2018) ou d'une réaction en chaîne (p. ex. cascades trophiques de la sélection en fonction de la taille; pour plus de détails, voir la section sur la surveillance des fonctions de l'écosystème et de la structure trophique). Les tableaux 3 à 6 présentent des renseignements propres aux regroupements biologiques.

Proportion d'individus vivants et morts – mesurée

La proportion d'individus vivants et morts en est la mesure³. Elle peut renseigner sur le taux de mortalité, les agents de stress et, dans une certaine mesure, des données historiques sur l'abondance et la répartition, mais elle se limite aux espèces qui « laissent une trace » sur le fond marin à une échelle détectable par la surveillance, comme les coraux d'eau froide et les éponges dont les structures squelettiques restent longtemps intactes (ce paramètre a été retiré des tableaux de biologie subséquents). Les mesures directes peuvent être non extractives (p. ex. imagerie) ou extractives (p. ex. relevés des pêches). Compte tenu de la longue génération de ces groupes taxonomiques, la réactivité du rapport dépendrait du sens du changement (c.-à-d. qu'un événement de mortalité massive pourrait se produire plus rapidement qu'un événement de rétablissement) et de la connaissance des taux de dégradation. Il convient de noter que certaines espèces de coraux et d'éponges ont un rapport mort-vivant naturellement élevé (p. ex. espèces formant des récifs et espèces dont le taux de dissolution squelettique est lent). Le tableau 3 présente des renseignements propres aux regroupements biologiques.

État – mesuré ou dérivé

L'état est expressément mentionné dans le plan de gestion comme paramètre pour les objectifs opérationnels portant sur la protection et la conservation des populations dans des assemblages précis (coraux et éponges d'eau froide, invertébrés, poissons; énumérés dans le tableau 1) et devrait être considéré comme un paramètre prioritaire pour la surveillance des regroupements de composantes écosystémiques connexes. L'état est la mesure de la santé des individus et des colonies et peut être lié à la charge parasitaire (p. ex. pourcentage de coraux avec des zoanthaires), aux maladies marines (p. ex. syndrome du dépérissement de l'étoile de mer), aux blessures/dommages et au comportement (Thornborough *et al.* 2016). L'état renseigne sur le stress physiologique et la résistance. Les mesures directes de l'état peuvent être non extractives (p. ex. imagerie à haute résolution d'individus) ou extractives (p. ex. relevés ou collectes des pêches). L'évaluation de l'état à partir de l'imagerie peut être opportuniste et limitée par des facteurs comme l'angle de la caméra. En biologie halieutique, on calcule des indices morphométriques (p. ex. poids/L³), bioénergétiques et biochimiques pour évaluer le « coefficient de condition » d'un poisson (p. ex. Brosset *et al.* 2015; Getso *et al.* 2017). Bien que le délai puisse être long (des années à des décennies), la réactivité de l'état aux changements environnementaux sera probablement plus rapide que les mesures de détection des décès. Les tableaux 3 à 6 présentent des renseignements propres aux regroupements biologiques.

Dynamique des parcelles – dérivée

Les interactions écologiques des populations se produisent dans des environnements spatialement et temporellement hétérogènes à une vaste gamme d'échelles, se traduisant par une répartition « inégale » des populations (Grünbaum 2012). L'étude de la dynamique des parcelles à de grandes échelles spatiales, comme les AMP, fournit un contexte plus précis que lorsque l'on tient compte des populations existantes à un seul endroit ou un seul moment (p. ex. Goode *et al.* 2021). Les mesures directes de la dynamique des parcelles peuvent être non extractives (p. ex. imagerie à haute résolution d'individus) ou extractives (p. ex. traits de filets de plancton). Il faut tenir compte de la fragmentation à de grandes échelles spatiales et les mesures directes sont généralement utilisées pour alimenter la théorie et les modèles. Dans le domaine de la biologie et de l'écologie halieutique, on utilise souvent la « fragmentation » dans le contexte de l'habitat, des proies ou des larves, puis le terme « population » (locale) pour décrire l'influence qui en résulte pour la faune (p. ex. Jacobus et Webb 2005; Knutsen *et al.* 2021; Dupont *et al.* 2022). Comme nous avons défini la façon dont nous décrivons le concept de parcelle (phrase d'ouverture du paragraphe), nous l'appliquerons à toute la faune. Un écart de la dynamique des parcelles par rapport à l'état naturel peut découler d'une perturbation directe (p. ex. pêches), d'un rétablissement après une perturbation (p. ex. après la fermeture des pêches en 2018), d'une réaction à des conditions abiotiques (p. ex. oxygène) ou d'une réaction en chaîne (p. ex. cascades trophiques : prédation accrue), la réactivité de la population correspondant à sa mobilité (p. ex. les parcelles de crabes mobiles peuvent changer rapidement par rapport aux parcelles de coraux sessile) et à sa durée de génération (p. ex. plancton à courte durée de vie par rapport aux éponges longévives).

Paramètres de la dynamique des parcelles

- Superficie et densité de la parcelle – mesure la superficie de chaque parcelle et la densité des individus dans cette zone donnée. Nous aimerions mesurer les changements de ces paramètres au fil du temps afin de renseigner sur l'état d'une population³; il est donc important d'établir des données de référence.
- Isolement/proximité des parcelles – mesure la distance entre une parcelle et la parcelle voisine la plus proche. Kenchington et ses collaborateurs (2012) proposent un calcul dans

lequel cette distance est considérée dans le contexte de la distance moyenne du plus proche voisin pour toutes les parcelles pour mesurer l'isolement relatif.

- Connectivité des parcelles – mesure la connectivité des parcelles par l'aire de dispersion des gamètes ou des larves (Kenchington *et al.* 2012). Elle sera déterminée par la stratégie de reproduction de la population étudiée (p. ex. phase planctonique de courte et de longue durée), les conditions océanographiques locales (c.-à-d. les courants) et la distance entre les parcelles.
- Indice de la contagion des parcelles – mesure de la tendance à la répartition régulière ou contagieuse (c.-à-d. en grappes) des parcelles les unes par rapport aux autres (Kenchington *et al.* 2012). La contagion est élevée dans les zones où se trouvent quelques grandes parcelles contiguës, tandis que des valeurs inférieures caractérisent généralement les zones où se trouvent de nombreuses petites parcelles. Il existe des formules pour calculer l'indice de la contagion (Riitters *et al.* 1996).

Les paramètres de la dynamique des parcelles doivent être bien définis par rapport aux populations étudiées et être étayés par des études de référence dans la ZPM SK-B. Les tableaux 3 à 6 présentent des renseignements propres aux regroupements biologiques pour les quatre paramètres de la dynamique des parcelles.

Dynamique des récifs – dérivée

La section sur la dynamique des récifs dans Neves *et al.* (en préparation³) repose sur les travaux décrits dans Dunham *et al.* (2018) pour l'évaluation et la surveillance des récifs d'éponges siliceuses. Cependant, pour l'étendue des récifs, Neves et ses collaborateurs (en préparation³) décrivent l'étendue des récifs seulement pour *Lophelia* (récifs coralliens), alors que Dunham et ses collaborateurs (2018) s'intéressent uniquement aux récifs d'éponges siliceuses. Nous nous écartons de ces deux groupes d'auteurs en ce sens que nous essayons d'examiner la dynamique des récifs pour les coraux et les éponges qui forment des récifs. Ces paramètres des récifs ont été retirés des tableaux biologiques subséquents, car ils ne contiennent pas d'espèces formant des récifs.

Les récifs sont des habitats biogènes structurés qui sont formés par les composantes vivantes et mortes d'espèces qui forment des récifs. Ces structures dynamiques fournissent un habitat à d'autres espèces et, comme nous ne comprenons pas suffisamment l'écologie des récifs siliceux, il peut être difficile de quantifier la « santé » d'un récif (Dunham *et al.* 2018). Dunham et ses collaborateurs (2018) proposent plusieurs paramètres pour la surveillance et incluent un arbre décisionnel sur la façon d'ajuster la surveillance et la gestion si des changements sont détectés (Dunham *et al.* 2018 : figure 23). Bon nombre des paramètres sont déjà couverts (abondance, état), mais Neves et ses collaborateurs (en préparation³) ont ajouté quelques-unes des catégories qui ne sont pas déjà couvertes (voir les paramètres de la dynamique du récif ci-après). Les paramètres de la dynamique des récifs que nous proposons ici doivent être calculés à l'aide d'outils non extractifs (p. ex. imagerie et capteurs acoustiques). Les changements apportés à ces paramètres indiqueraient une réaction à des conditions biotiques (p. ex. la prédation – peu susceptible de provoquer des changements importants), abiotiques (p. ex. la sédimentation) ou anthropiques (p. ex. la pêche entrant en contact avec le fond). Compte tenu de la longue durée de génération de ces groupes taxonomiques, la réactivité peut comprendre un certain décalage, mais l'arbre décisionnel de Dunham et ses collaborateurs (2018) comprend des mesures de surveillance et de gestion qui peuvent indiquer l'agent de stress potentiel (p. ex. destruction par contact) et une gestion adaptative appropriée.

Paramètres de la dynamique des récifs

- Étendue du récif – mesure la superficie couverte par les espèces formant des récifs.

-
- Structure du récif – mesure le pourcentage de diverses catégories d’habitats de structure du récif (aucun récif visible, récif mort, récif mixte, récif vivant).
 - Taxons indicateurs – mesure la présence et l’abondance de certains taxons indicateurs de structures de récifs vivants. Pour les récifs d’éponges siliceuses de la mer des Salish dans le Pacifique Nord-Est, ils comprennent *Chorilia longipes*, Sebastidae, *Rhabdocalyptus dawsoni*, *Pandalus platyceros* et *Munida quadripina* (Dunham *et al.* 2018). Toutefois, ces associations peuvent varier à l’échelle locale et des études futures devront mettre à jour et réexaminer cette liste dans le contexte des monts sous-marins dans la ZPM SK-B. De plus, les récifs de *Lophelia pertusa* sont une nouvelle découverte sur la côte du Pacifique⁴ et, à l’heure actuelle, il n’existe aucun taxon indicateur; ce point devrait être un élément d’une étude future.
 - Potentiel de rétablissement – mesure le pourcentage de la structure du récif qui est morte ou examine les catégories d’habitats de la structure du récif visible combinées. Ce paramètre doit être considéré comme un changement dans le temps, soulignant la nécessité d’avoir des données de référence.

Le tableau 3 présente des renseignements propres aux regroupements biologiques pour les quatre paramètres de la dynamique des récifs.

4.3.1.2. Composantes environnementales et paramètres

Même si les indicateurs environnementaux proposés (c.-à-d. les composantes ou les paramètres) ne sont pas énumérés en détail dans Neves *et al.* (en préparation³), le plan de gestion de la ZPM SK-B prévoit un cadre de surveillance qui tient compte des conditions physiques du fond marin (sur le plan des habitats benthiques sensibles), des conditions à la surface de l’eau et en milieu pélagique (qualités océanographiques, comme les caractéristiques biologiques, physiques et chimiques) en plus de l’état des espèces benthiques d’intérêt (DFO et CNH 2019). La section qui suit décrit les paramètres utilisés pour surveiller les conditions océanographiques, géologiques, biologiques, physiques et chimiques. Ces quatre regroupements de composantes écosystémiques environnementales sont utilisés à des fins de commodité et de compréhension, mais les groupes ne sont pas censés avoir une plus grande importance (comme dans Kenchington *et al.* 2012).

Composantes écosystémiques de l’océanographie géologique

L’océanographie géologique fait référence aux caractéristiques de la planète Terre qui se trouvent sous l’océan. Les matériaux géologiques de surface à l’interface entre l’eau et le fond marin (c.-à-d. l’habitat benthique) présentent un intérêt particulier pour ce travail. Les paramètres de la géologie superficielle, ou géologie des dépôts meubles, sont directement applicables à la surveillance des habitats benthiques sensibles, mais ils sont également indirectement informatifs pour la surveillance de toutes les espèces associées au milieu benthique (si on l’utilise comme approximation écologique, le décalage doit être bien compris dans le cadre de la surveillance de référence). Les paramètres de la géologie superficielle comprennent la taille du substrat et des grains, le taux de sédimentation et le régime de perturbation physique naturelle, qui peuvent renseigner sur la répartition des espèces et leur cycle biologique, leur aptitude phénotypique et leur mortalité. Les mesures directes de la géologie superficielle peuvent être non extractives (p. ex. imagerie et acoustique) ou extractives (p. ex. bennes preneuses et dragues). Les calculs indirects sont non extractifs (p. ex. modèles de distribution), mais nécessitent des mesures directes (réalité de terrain). Un écart de la géologie superficielle par rapport à l’état naturel peut indiquer un événement catastrophique à grande échelle (p. ex. des tremblements de terre), des changements hydrologiques et des

impacts anthropiques (p. ex. des marques de traînée des engins de pêche). Le tableau 6 présente des renseignements propres aux regroupements environnementaux.

Composantes écosystémiques de l'océanographie biologique

L'océanographie biologique désigne les caractéristiques des producteurs primaires et secondaires dans la colonne d'eau (principalement le phytoplancton et le zooplancton). Les paramètres de l'océanographie biologique sont directement applicables à la surveillance des conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique, mais ils sont également indirectement informatifs pour la surveillance de toutes les espèces associées au milieu benthique et des habitats benthiques sensibles (si on l'utilise comme approximation écologique, le décalage doit être bien compris dans le cadre de la surveillance de référence). Les paramètres de l'océanographie biologique comprennent la productivité primaire (c.-à-d. la chlorophylle-a, les algues, les bactéries chimiosynthétiques, les proliférations d'algues nuisibles ou PAN, la fluorescence), la productivité secondaire (c.-à-d. le zooplancton) et le flux de carbone organique particulaire (COP) (exportation) – qui peuvent renseigner sur l'énergie et les nutriments créés dans un écosystème ou qui y pénètrent, la séquestration du carbone et la répartition des espèces. Les mesures directes de l'océanographie biologique peuvent être non extractives (p. ex. imagerie satellitaire), mais nécessitent un échantillonnage direct (p. ex. chaluts pélagiques). Un écart de l'océanographie biologique par rapport à l'état naturel peut indiquer un événement catastrophique à grande échelle (p. ex. changements dans la structure trophique), des changements hydrologiques, des changements dans les populations sources (p. ex. Haida Gwaii) et des impacts anthropiques (p. ex. changements climatiques; pour plus de détails, voir la section sur la surveillance des changements climatiques plus loin). Le tableau 7 présente des renseignements propres aux regroupements environnementaux.

Composantes écosystémiques de l'océanographie physique

L'océanographie physique fait référence aux conditions et aux processus physiques de l'eau. Les paramètres de l'océanographie physique s'appliquent directement à la surveillance des conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique, mais ils sont également indirectement informatifs pour la surveillance de toutes les espèces associées au milieu benthique et des habitats benthiques sensibles (si on l'utilise comme approximation écologique, le décalage doit être bien compris dans le cadre de la surveillance de référence). Les paramètres de l'océanographie physique comprennent la température, le courant (vitesse et sens; p. ex. courants océaniques majeurs, ondes internes, ondes de surface, tourbillons, cônes/colonnes de Taylor), les conditions météorologiques (p. ex. vent, fetch, houle, état de la mer, niveaux lumineux), la turbidité (ou charge sédimentaire) et le bruit marin (d'origine anthropique et naturelle), qui peuvent renseigner sur la productivité, les niveaux lumineux, la charge sédimentaire, le transport (d'éléments nutritifs, de productivité, des larves et des masses d'eau), les processus biologiques et de nombreux autres facteurs corrélés. Les mesures directes de l'océanographie physique sont généralement non extractives (p. ex. capteurs, échantillons d'eau, imagerie satellitaire). Des mesures localisées sont souvent utilisées pour alimenter la modélisation de plus grandes échelles spatiales. Un écart de l'océanographie physique par rapport à l'état naturel peut indiquer un événement naturel à grande échelle (p. ex. au-delà de la portée de nos données de référence) ou anthropique (p. ex. changements climatiques). Par exemple, un changement des propriétés de l'eau à l'intérieur de la ZPM SK-B influencé par un changement à grande échelle de la source de la masse d'eau dominante (influences du Pacifique Nord, influences subtropicales, sous-courant de la Californie, tourbillons Haïda ou autres eaux du plateau et du haut du talus dont la contribution est importante). Le tableau 7 présente des renseignements propres aux regroupements environnementaux.

Composantes écosystémiques de l'océanographie chimique

L'océanographie chimique fait référence à la chimie de l'eau de l'océan. Les paramètres de l'océanographie chimique s'appliquent directement à la surveillance des conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique, mais ils sont également indirectement informatifs pour la surveillance de toutes les espèces associées au milieu benthique et des habitats benthiques sensibles (si on l'utilise comme approximation écologique, le décalage doit être bien compris dans le cadre de la surveillance de référence). Les paramètres de l'océanographie chimique comprennent la saturation en carbone (ou pH), le carbone inorganique dissous ou alcalinité totale (ou CID et AT; liés au pH, à la saturation en calcite et en aragonite), la pression partielle du dioxyde de carbone ($p\text{CO}_2$; liée au pH et au CID), la salinité, l'oxygène et les nutriments (p. ex. silicate, silice, nitrate, azote, phosphate, fer, calcium, carbone), qui peuvent renseigner sur la productivité, les processus biologiques (p. ex. l'étendue et les limites physiologiques) et de nombreux autres facteurs corrélés. Les mesures directes de l'océanographie chimique sont généralement non extractives (p. ex. capteurs, échantillons d'eau, imagerie satellitaire). Des mesures localisées sont souvent utilisées pour alimenter la modélisation de plus grandes échelles spatiales. Certains paramètres chimiques peuvent être obtenus de nombreuses façons (p. ex. par des capteurs ou des analyses chimiques d'échantillons d'eau) et il faut tenir compte de certains éléments de normalisation avant d'effectuer une comparaison entre les échelles temporelle et spatiale. Un écart de l'océanographie chimique par rapport à l'état naturel peut indiquer un événement naturel à grande échelle (p. ex. au-delà de la portée de nos données de référence) ou anthropique (p. ex. changements climatiques et eutrophisation). Par exemple, l'exhaussement de l'horizon de saturation en calcite et l'approfondissement de la limite inférieure de la zone du minimum d'oxygène, décrits dans Ross *et al.* (2020). Le tableau 7 présente des renseignements propres aux regroupements environnementaux.

4.3.1.3. Composantes des agents de stress et paramètres

Les perturbations anthropiques désignent l'interruption dans les zones écologiques due à des activités anthropiques, qui se produisent partout dans le milieu marin. Les agents de stress actuels et prévus pour les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique et de la ZPM SK-B ont fait l'objet d'une évaluation ou d'un examen approfondis (p. ex. Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018; Du Preez et Norgard 2022). Les paramètres des perturbations anthropiques s'appliquent ici directement à la surveillance des habitats benthiques sensibles et des conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique, mais ils sont également indirectement informatifs pour la surveillance de toutes les espèces marines (si on l'utilise comme approximation écologique, le décalage doit être bien compris dans le cadre de la surveillance de référence) (p. ex. tableau 2 : agents de stress de la composante écosystémique importante). Les paramètres des agents de stress des perturbations anthropiques comprennent les mesures des contaminants (p. ex. déversements d'hydrocarbures, agents dispersants, toxines), des microplastiques, d'autres débris anthropiques, des perturbations physiques anthropiques – qui peuvent renseigner sur la répartition des espèces et leur cycle biologique, leur aptitude phénotypique et leur mortalité. Les mesures directes peuvent être non extractives (p. ex. échantillons d'eau, imagerie, acoustique) ou extractives (p. ex. chaluts et dragues). Les calculs indirects peuvent provenir de la surveillance des activités humaines (p. ex. conformité; surveillance couverte par le but 2 du plan de gestion), mais doivent être confirmés par des mesures directes (réalité de terrain). Le moment d'une perturbation anthropique peut être difficile à résoudre, car de nombreuses perturbations sont extrêmement durables (p. ex. marques de traînée) ou essentiellement permanentes (p. ex. engins de pêche fantômes). Les tableaux 6 et 7 présentent des renseignements propres aux regroupements des agents de stress.

Les changements climatiques d'origine anthropique peuvent avoir une incidence sur toutes les facettes de l'écosystème d'un mont sous-marin (p. ex. température, oxygène, répartition des espèces, productivité) et doivent être une considération primordiale dans tous les aspects du futur plan de surveillance, particulièrement dans l'interprétation des résultats de la surveillance écologique (voir la section sur la surveillance de l'activité humaine ci-après).

4.3.2. Tableaux récapitulatifs des indicateurs appropriés

4.3.2.1. Coraux et éponges d'eau froide

Tableau 3. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques des indicateurs sélectionnés pour s'assurer que l'état et l'abondance des coraux et des éponges d'eau froide correspondent ou s'apparentent à l'état naturel (objectif opérationnel 1.1 a). Les coraux et les éponges d'eau froide sont énumérés par groupe d'indicateurs. X = approprié. Un tiret = inapproprié. ? = inconnu.

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Gorgones	Coraux mous	Pennatules	Coraux noirs	Coraux formant des récifs	Madréporaires	Hydrocoraux	Éponges siliceuses hermatypiques	Éponges diverses	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Abondance (mesuré)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Biodiversité – Succès de la reproduction – Taille et structure des populations – Facile à mesurer (nombreuses options, p. ex. nombre, % de couverture) 	<ul style="list-style-type: none"> – Les spécimens petits ou rares peuvent être négligés ou sous-estimés. 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Biomasse (mesuré ou dérivé)	X	X	X	X	–	X	X	–	X	<ul style="list-style-type: none"> – Productivité – Succès de la reproduction – Structure des populations – Prédicteur du métabolisme et des caractères connexes – Détermination des points chauds pour la diversité – Poids direct d'après les échantillons physiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Nécessité d'étalonner les relations taille-poids si on utilise l'imagerie – La biomasse des éponges siliceuses peut être trompeuse, car elles sont très légères. 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Répartition (mesuré ou dérivé)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Résilience des écosystèmes – Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> – Dépend d'une bonne résolution taxonomique 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Gorgones	Coraux mous	Pennatules	Coraux noirs	Coraux formant des récifs	Madréporaires	Hydrocoraux	Éponges siliceuses hermatypiques	Éponges diverses	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
										<ul style="list-style-type: none"> – Peut utiliser les données historiques sur les prises accessoires dans la pêche entrant en contact avec le fond (présence seulement) 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) pouvant alimenter la modélisation 	marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Indices de la diversité (dérivé)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Biodiversité – Structure des communautés – Résilience des écosystèmes – Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> – Dépend de la qualité des données sur l'abondance et la richesse 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant, et échantillonnage génétique)
Structure selon la taille (dérivé)	X	X	X	X	–	X	X	–	X	<ul style="list-style-type: none"> – Structure des populations – Succès de la reproduction 	<ul style="list-style-type: none"> – Le mieux adapté aux organismes à croissance linéaire – Difficile à mesurer à partir des images – Les données d'imagerie pourraient omettre les petits organismes. 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Rapport vivant:mort (mesuré)	X	–	–	X	X	X	–	X	–	<ul style="list-style-type: none"> – Taux de mortalité – Stress physiologique 	<ul style="list-style-type: none"> – Dépend des taux de dégradation (qui sont propres aux taxons ou inconnus pour de nombreuses espèces) 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
État (mesuré ou dérivé)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Stress physiologique 	<ul style="list-style-type: none"> – Difficile à mesurer – Besoin d'images ciblées 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Gorgones	Coraux mous	Pennatules	Coraux noirs	Coraux formant des récifs	Madréporaires	Hydrocoraux	Éponges siliceuses hermatypiques	Éponges diverses	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
												marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Dynamique des parcelles : superficie et densité (dérivées)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Biodiversité – Succès de la reproduction 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins
Dynamique des parcelles : isolement/proximité (dérivés)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Succès de la reproduction – Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins
Dynamique des parcelles : connectivité (dérivée)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Succès de la reproduction – Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant, et échantillonnage génétique)

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Gorgones	Coraux mous	Pennatules	Coraux noirs	Coraux formant des récifs	Madréporaires	Hydrocoraux	Éponges siliceuses hermatypiques	Éponges diverses	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Dynamique des parcelles : indice de la contagion (dérivé)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	– Succès de la reproduction	– Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur)	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant, et échantillonnage génétique)
Dynamique des récifs : étendue des récifs (mesurée ou dérivée)	–	–	–	–	X	–	–	X	–	– Biodiversité – Succès de la reproduction	– Peut nécessiter un vaste échantillonnage spatial pour le contexte de l'étendue	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins – Relevés acoustiques benthiques
Dynamique des récifs : catégories de structure des récifs (aucun récif visible, récif mort, récif mixte, récif vivant) (mesurées ou dérivées)	–	–	–	–	X	–	–	X	–	– Proportions relatives de ces quatre catégories d'habitat – Stress physiologique	–	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins
Taxons indicateurs des récifs d'éponges vivantes (mesurés)	–	–	–	–	?	–	–	X	–	– Certains taxons présentent des associations importantes avec des types d'habitat particuliers et leur présence peut indiquer l'état du récif.	– Les associations connues peuvent dépendre de la région.	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant, et échantillonnage génétique)

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Gorgones	Coraux mous	Pennatules	Coraux noirs	Coraux formant des récifs	Madréporaires	Hydrocoraux	Éponges siliceuses hermatypiques	Éponges diverses	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Indicateurs du récif : Potentiel de récupération (mesuré ou dérivé)	-	-	-	-	X	-	-	X	-	<ul style="list-style-type: none"> - Recolonisation et repousse - Couverture morte en % - % de catégories d'habitats visibles combinées - Résilience du récif 	<ul style="list-style-type: none"> - Les recrues peuvent être difficiles à visualiser. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins

4.3.2.2. Invertébrés

Tableau 4. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques des indicateurs sélectionnés pour s'assurer que l'état et l'abondance des autres invertébrés correspondent ou s'apparentent à l'état naturel (objectif opérationnel 1.1b). X = approprié. Un tiret = inapproprié. ? = inconnu.

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Endo-faune	Épifaune sessile/sédentaire	Épifaune mobile	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Abondance (mesurée)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> - Biodiversité - Succès de la reproduction - Taille et structure des populations - Facile à mesurer (nombreuses options, p. ex. nombre, % de couverture) 	<ul style="list-style-type: none"> - Les spécimens petits ou rares peuvent être négligés ou sous-estimés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) - Carottes (endofaune) - Pièges (épifaune mobile)
Biomasse (mesurée ou dérivée)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> - Productivité - Succès de la reproduction - Structure des populations - Prédicteur du métabolisme et des caractères connexes - Détermination des points chauds pour la diversité - Poids direct d'après les échantillons physiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'étalonner les relations taille-poids si on utilise l'imagerie (impossible pour l'endofaune) 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) - Carottes (endofaune) - Pièges (mobile)
Répartition (mesurée ou dérivée)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> - Résilience des écosystèmes - Diversité génétique - Peut utiliser les données historiques sur les prises accessoires dans la pêche entrant en contact avec le fond (présence seulement) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dépend d'une bonne résolution taxonomique - Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) pouvant alimenter la modélisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) - Carottes (endofaune) - Pièges (mobile)
Indices de la diversité (dérivés)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> - Biodiversité - Structure des communautés - Résilience des écosystèmes - Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> - Dépend de la qualité des données sur l'abondance et la richesse 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) - Carottes (endofaune) - Pièges (mobile)

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Endo-faune	Épifaune sessile/sédentaire	Épifaune mobile	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Structure selon la taille (dérivée)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Structure des populations – Succès de la reproduction 	<ul style="list-style-type: none"> – Le mieux adapté aux organismes à croissance linéaire – Difficile à mesurer à partir des images – Les données d'imagerie pourraient omettre les petits organismes. 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) – Carottes (endofaune) – Pièges (motile)
État (mesuré ou dérivé)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Stress physiologique 	<ul style="list-style-type: none"> – Difficile à mesurer – Besoin d'images ciblées 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) – Carottes (endofaune) – Pièges (motile)
Dynamique des parcelles : superficie et densité (dérivées)	–	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Biodiversité – Succès de la reproduction 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) – Limité aux espèces mobiles sans comportements d'évitement 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins
Isolement et proximité des parcelles (dérivés)	–	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Succès de la reproduction – Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'un vaste échantillonnage spatial pour le contexte des parcelles – Limité aux espèces mobiles sans comportements d'évitement 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Endo-faune	Épifaune sessile/sédentaire	Épifaune mobile	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Dynamique des parcelles : connectivité (dérivée)	–	X	X	– Succès de la reproduction – Diversité génétique	– Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'un vaste échantillonnage spatial pour le contexte des parcelles	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) – Plaques de fixation (faune sessile)
Dynamique des parcelles : indice de la contagion (dérivé)	–	X	X	– Succès de la reproduction	– Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'un vaste échantillonnage spatial pour le contexte des parcelles	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)

4.3.2.3. Poissons

Tableau 5. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques des indicateurs sélectionnés pour s'assurer que l'état et l'abondance des poissons correspondent ou s'apparentent à l'état naturel (objectif opérationnel 1.1.c). X = approprié. Un tiret = inapproprié. ? = inconnu.

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Zones benthiques peu profondes	Zones benthopélagiques	Zones benthiques profondes	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Abondance (mesurée)	X	X	X	– Biodiversité – Succès de la reproduction – Taille et structure des populations	– Difficile à déterminer (sous-estimé) en cas d'obstructions biogènes ou rocheuses (p. ex. des espèces des zones benthiques peu profondes cachées dans des crevasses) – Les espèces de petite taille ou rares peuvent être négligées. – Comportements d'évitement et d'attraction en réaction au relevé – Migrations (p. ex. quotidiennes, saisonnières)	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (y compris caméras appâtées) – Relevé de pêche (p. ex. ligne garnie d'un hameçon)

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Zones benthiques peu profondes	Zones benthopélagiques	Zones benthiques profondes	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Biomasse (mesurée ou dérivée)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Productivité – Succès de la reproduction – Structure des populations – Prédicteur du métabolisme et des caractères connexes – Détermination des points chauds pour la diversité – Poids direct d'après les échantillons physiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Nécessité d'étalonner les relations taille-poids si on utilise l'imagerie – Difficile à mesurer à partir des images 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevé acoustique pélagique – Relevé de pêche (p. ex. ligne garnie d'un hameçon) – Relevés par imagerie (y compris caméras appâtées)
Répartition (mesurée ou dérivée)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Résilience des écosystèmes – Diversité génétique – Peut utiliser les données historiques de la pêche entrant en contact avec le fond (espèces ciblées et prises accessoires, présence seulement) 	<ul style="list-style-type: none"> – Dépend d'une bonne résolution taxonomique – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) pouvant alimenter la modélisation 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevé acoustique pélagique – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (y compris caméras appâtées) – Relevé de pêche (p. ex. ligne garnie d'un hameçon)
Indices de la diversité (dérivés)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Biodiversité – Diversité génétique – Structure des communautés – Fonction écosystémique – Résilience des écosystèmes 	<ul style="list-style-type: none"> – Dépend de la qualité des données sur l'abondance et la richesse 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (y compris caméras appâtées) – Relevé de pêche (p. ex. ligne garnie d'un hameçon)
Structure selon la taille (dérivée)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Structure des populations – Succès de la reproduction – Rétablissement après les pêches 	<ul style="list-style-type: none"> – Difficile à mesurer à partir des images – Les données d'imagerie pourraient omettre les petits organismes. – La taille du chalut/filet/hameçon peut être biaisée en fonction de la taille. 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (y compris caméras appâtées) – Relevé de pêche (p. ex. ligne garnie d'un hameçon)
État (mesuré ou dérivé)	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Stress physiologique 	<ul style="list-style-type: none"> – Difficile à mesurer – Relevé extractif nécessaire pour les poissons – Besoin d'images ciblées 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevé de pêche (p. ex. comparaison des longueurs et des poids par le

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Zones benthiques peu profondes	Zones benthopélagiques	Zones benthiques profondes	Objet/Forces	Limites	Outils privilégiés
						coefficient de condition K de Fulton) – Relevés par imagerie
Dynamique des parcelles : superficie et densité (dérivées)	X	X	X	– Biodiversité – Succès de la reproduction	– Besoin de définitions claires des parcelles/populations formées par chaque groupe – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) – Difficultés liées à la mobilité (migrations, comportements d'évitement, etc.)	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (non appâtés) – Relevé acoustique pélagique
Dynamique des parcelles : isolement/proximité (dérivés)	X	X	X	– Succès de la reproduction – Diversité génétique	– Besoin de définitions claires des parcelles/populations formées par chaque groupe – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur)	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (non appâtés) – Relevé acoustique pélagique
Dynamique des parcelles : connectivité (dérivée)	X	X	X	– Succès de la reproduction – Diversité génétique	– Besoin de définitions claires des parcelles/populations formées par chaque groupe – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur)	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (non appâtés) – Relevé acoustique pélagique
Dynamique des parcelles : indice de la contagion (dérivé)	X	X	X	– Succès de la reproduction	– Besoin de définitions claires des parcelles/populations formées par chaque groupe – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur)	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (non appâtés) – Relevé acoustique pélagique

4.3.2.4. Habitats benthiques sensibles

Tableau 6. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques des indicateurs sélectionnés pour s'assurer que les habitats benthiques sensibles correspondent ou s'apparentent à l'état naturel (objectif opérationnel 1.2.a). X = approprié. Un tiret = inapproprié. ? = inconnu.

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Coraux	Éponges	Algues coralliennes	Macroalgues	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Biotique							
Abondance (mesurée)	Voir le tableau 3		X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Biodiversité – Succès de la reproduction – Taille et structure des populations – Facile à mesurer (nombreuses options, p. ex. nombre, % de couverture) 	– Les spécimens petits ou rares peuvent être négligés ou sous-estimés.	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Biomasse (mesurée ou dérivée)			–	X	<ul style="list-style-type: none"> – Productivité – Succès de la reproduction – Structure des populations – Prédicteur du métabolisme et des caractères connexes – Détermination des points chauds pour la diversité – Poids direct d'après les échantillons physiques 	– Nécessité d'étalonner les relations taille-poids	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Répartition (mesurée ou dérivée)			X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Résilience des écosystèmes – Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> – Dépend d'une bonne résolution taxonomique – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) pouvant alimenter la modélisation 	– Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Coraux	Éponges	Algues coralliennes	Macro-algues	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Indices de la diversité (dérivés)			X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Biodiversité – Structure des communautés – Résilience des écosystèmes – Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> – Dépend de la qualité des données sur l'abondance et la richesse 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Structure selon la taille (dérivée)			–	X	<ul style="list-style-type: none"> – Structure des populations – Succès de reproduction 	<ul style="list-style-type: none"> – Le mieux adapté aux organismes à croissance linéaire – Difficile à mesurer à partir des images – Les données d'imagerie pourraient omettre les petits organismes. 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
État (mesuré ou dérivé)			–	X	<ul style="list-style-type: none"> – Stress physiologique 	<ul style="list-style-type: none"> – Difficile à mesurer – Besoin d'images ciblées 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Dynamique des parcelles : superficie et densité (dérivées)			X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Biodiversité – Succès de la reproduction 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'une vaste couverture spatiale de l'échantillonnage (y compris en profondeur) – Limité aux espèces mobiles sans comportements d'évitement 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins
Isolement et proximité des parcelles (dérivés)			X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Succès de la reproduction – Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'un vaste échantillonnage spatial pour le contexte des parcelles 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins

Paramètre (mesuré ou dérivé)	Coraux	Éponges	Algues coralliennes	Macroalgues	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Dynamique des parcelles : connectivité (dérivée)			X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Succès de la reproduction – Diversité génétique 	<ul style="list-style-type: none"> – Limité aux espèces mobiles sans comportements d'évitement – Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'un vaste échantillonnage spatial pour le contexte des parcelles 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) – Plaques de fixation
Dynamique des parcelles : indice de la contagion (dérivé)			X	X	<ul style="list-style-type: none"> – Succès de la reproduction 	<ul style="list-style-type: none"> – Besoin de définitions claires des parcelles formées par chaque groupe de coraux et d'éponges – Besoin d'un vaste échantillonnage spatial pour le contexte des parcelles 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)

Paramètre	Coraux	Éponges	Algues coralliennes	Macroalgues	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Environnement et agent de stress							
Déchets anthropiques (p. ex. plastique, engins de pêche perdus)			X		<ul style="list-style-type: none"> – Cycle biologique – Répartition – Aptitude phénotypique – Mortalité 	<ul style="list-style-type: none"> – Période difficile à résoudre – Le stress physiologique peut se poursuivre (p. ex. engins de pêche non retirés). 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant)
Perturbation physique d'origine anthropique (p. ex. marques de chalut)			X		<ul style="list-style-type: none"> – Cycle biologique – Répartition – Aptitude phénotypique – Mortalité 	<ul style="list-style-type: none"> – Période difficile à résoudre – Doit être vérifié sur le terrain 	<ul style="list-style-type: none"> – Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) – Relevé acoustique benthique

Paramètre	Coraux	Éponges	Algues coralliennes	Macroalgues	Objet/Force	Limites		Outils privilégiés
Régime de perturbation physique naturelle			X		<ul style="list-style-type: none"> - Cycle biologique - Répartition - Aptitude phénotypique - Mortalité 	-	- Période difficile à résoudre	<ul style="list-style-type: none"> - Relevés par imagerie menés à l'aide d'engins sous-marins (avec échantillonnage associé, le cas échéant) - Relevé acoustique benthique
Taille du substrat/du grain			X		<ul style="list-style-type: none"> - Cycle biologique - Répartition - Aptitude phénotypique - Mortalité 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - Relevés par imagerie (avec échantillonnage associé, le cas échéant) - Échantillon de sédiments
Taux de sédimentation			X		<ul style="list-style-type: none"> - Cycle biologique - Répartition - Aptitude phénotypique - Mortalité 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> - Piège à sédiments

4.3.2.5. Conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique

Tableau 7. Résumé des paramètres appropriés à prendre en considération (regroupés par composantes écosystémiques de l'océanographie biologique, physique et chimique, ainsi que par composantes écosystémiques des agents de stress) pour s'assurer que les conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique correspondent ou s'apparentent à l'état naturel (objectif opérationnel 1.2 b).

Paramètre	Objet/force	Limites		Outils privilégiés	
Composantes de l'océanographie biologique					
Production primaire	<ul style="list-style-type: none"> – Productivité – Séquestration du carbone – Distributions de l'abondance des espèces 	<ul style="list-style-type: none"> – La relation avec la concentration de phytoplancton est propre à chaque espèce. – Extinction à des intensités de lumière élevées 	Comme approximation écologique : le décalage doit être bien compris dans le cadre de la surveillance de référence (p. ex. figure 6)	<ul style="list-style-type: none"> – Échantillons d'eau (suivis de la filtration et de la spectrométrie/fluorimétrie) – Capteurs de fluorescence sur les outils (en particulier les satellites) 	
Production secondaire	<ul style="list-style-type: none"> – Productivité – Séquestration du carbone – Abondance, biomasse et répartition des espèces 	<ul style="list-style-type: none"> – Il faut du temps et de l'expertise pour identifier le zooplancton. 		<ul style="list-style-type: none"> – Filets (p. ex. bongo) – Compteur continu de plancton – Profileur de vision sous-marine 	
Composantes de l'océanographie physique					
Température	<ul style="list-style-type: none"> – Limite/portée physiologique pour les espèces – Mesure des changements climatiques 	-			<ul style="list-style-type: none"> – Capteurs (p. ex. CTP) – Modèles océaniques
Courant (vitesse et direction)	<ul style="list-style-type: none"> – Transport (nutriments, productivité, larves, masses d'eau) 	-			<ul style="list-style-type: none"> – Équipement déployé (p. ex. courantomètres, flotteurs) – Données satellitaires (p. ex. hauteur de la surface de la mer) – Modèles océaniques
Conditions météorologiques	<ul style="list-style-type: none"> – Productivité – Stratification – Perturbation (p. ex. stress) 	<ul style="list-style-type: none"> – Il est difficile d'obtenir des renseignements pendant les mois d'hiver (les satellites dépendent de la couverture nuageuse). 			<ul style="list-style-type: none"> – Données satellitaires – Stations météorologiques (p. ex. amarrages) – Modèles météorologiques/climatiques
Turbidité	<ul style="list-style-type: none"> – Pénétration de la lumière et limpidité de l'eau – Eutrophisation, charge sédimentaire, productivité 	<ul style="list-style-type: none"> – Plusieurs facteurs 		<ul style="list-style-type: none"> – Échantillonnage de l'eau (avec analyse connexe) – Capteurs (rétrodiffusion optique) 	

Paramètre	Objet/force	Limites	Outils privilégiés
Bruit sous-marin	<ul style="list-style-type: none"> – Vent, courant, action des vagues (physique) – Activité des organismes (biologique) – Le groupe fonctionnel des perturbations (anthropiques, p. ex. trafic maritime) est celui des mammifères. 	<ul style="list-style-type: none"> – Un étalonnage est nécessaire pour comparer les niveaux de bruit entre les instruments. 	<ul style="list-style-type: none"> – Hydrophones (amarrés, montés, etc.)
Composantes de l'océanographie chimique			
pH	<ul style="list-style-type: none"> – Dissolution du carbonate de calcium non protégé (saturation en carbonate) – Limite/portée physiologique pour les espèces – Mesure des changements climatiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Capteurs difficiles à utiliser (p. ex. exigeants en main-d'œuvre, erreurs d'étalonnage, coûteux) – Calculé (nécessite plusieurs mesures simultanément) – Diversité des mesures (capteurs ou calcul) 	<ul style="list-style-type: none"> – Capteurs – Calculs à partir d'autres paramètres (température, salinité, oxygène dissous, dioxyde de carbone partiel)
Carbone inorganique dissous (CID) et alcalinité totale (AT)	<ul style="list-style-type: none"> – Mesure plus robuste de la saturation en carbonate – Limite/portée physiologique pour les espèces – Mesure des changements climatiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Exigeant en main-d'œuvre – Calculé (nécessite plusieurs mesures simultanément) 	<ul style="list-style-type: none"> – Échantillonnage de l'eau avec calculs à partir d'autres paramètres (température, salinité, oxygène, nutriments)
Pression partielle en dioxyde de carbone (pCO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> – Lié au pH et au CID pour tout le dioxyde de carbone dans l'eau – Mesure des changements climatiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Calculé (nécessite plusieurs mesures simultanément) 	<ul style="list-style-type: none"> – Les capteurs ou les instruments peuvent effectuer des mesures (p. ex. sur l'amarrage ou dans l'écoulement sur un navire, il est préférable de mesurer la température, la salinité, l'oxygène et le pH en même temps)
Salinité	<ul style="list-style-type: none"> – Limite/portée physiologique pour les espèces (peu probable pour les microbes) – Mesure des changements climatiques 	-	<ul style="list-style-type: none"> – Capteurs (p. ex. CTP) – Échantillonnage de l'eau (avec analyse chimique connexe)
Oxygène	<ul style="list-style-type: none"> – Limite/portée physiologique pour les espèces – Mesure des changements climatiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Erreurs d'étalonnage. – Diversité de mesures (capteurs ou collecte) 	<ul style="list-style-type: none"> – Capteurs – Échantillonnage de l'eau (avec analyse chimique connexe)

Paramètre	Objet/force	Limites	Outils privilégiés
	<ul style="list-style-type: none"> – Approximation de l'océanographie physique (p. ex. stratification) – Approximation indirecte de l'eutrophisation 		
Nutriments	<ul style="list-style-type: none"> – Limite/portée physiologique pour les espèces – Mesure de l'eutrophisation 	–	<ul style="list-style-type: none"> – Échantillonnage de l'eau (avec analyse chimique connexe)
Carbone organique particulaire (COP)	<ul style="list-style-type: none"> – Flux de productivité – Mesure indirecte des nutriments 	–	<ul style="list-style-type: none"> – Échantillonnage de l'eau (avec analyse chimique connexe) – Piège à sédiments
Composantes des agents de stress			
Contaminants	<ul style="list-style-type: none"> – Aptitude phénotypique des individus/de la population – Mortalité – Mesure de l'activité anthropique 	– Le moment et l'étendue peuvent être difficiles à résoudre.	<ul style="list-style-type: none"> – Échantillonnage de l'eau (avec analyse chimique connexe)
Microplastiques	<ul style="list-style-type: none"> – Aptitude phénotypique des individus/de la population – Mortalité – Mesure de l'activité anthropique 	– Le moment et l'étendue peuvent être difficiles à résoudre.	<ul style="list-style-type: none"> – Échantillonnage de l'eau (avec analyse connexe)

5. PROTOCOLES

La présente section définit, décrit et examine l'adéquation des outils, des stratégies et des méthodes actuellement disponibles dans la région du Pacifique pour surveiller les indicateurs proposés (composantes écosystémiques et paramètres). Cette section est à nouveau adaptée et élargie à partir du document de Neves *et al.* (en préparation³); veuillez consulter leur texte intégral pour obtenir plus de détails. Nous l'avons indiqué quand nous avons résumé leur information; cependant, la majeure partie de la section suivante a été détaillée pour le contexte du Pacifique en fonction de la documentation publiée ou de la consultation d'experts en la matière. Les quelque 30 outils et capteurs examinés (qui font partie de cinq groupes de haut niveau : imagerie et échantillonnage biologique, équipement pour le plancher océanique, données acoustiques, océanographiques et en ligne) sont ceux qui pourraient être utilisés pour la surveillance de la ZPM SK-B pour les objectifs de conservation écologique et dans le contexte de l'équipement et de l'expertise existants dans la région du Pacifique. Nous avons défini une stratégie de mise en œuvre de la surveillance en désignant et en décrivant 14 stratégies de surveillance antérieures ou actuelles, dans la ZPM ou en dehors de celle-ci, en rapport avec les objectifs de conservation écologique. La méthodologie examinée était axée sur les pratiques exemplaires à utiliser lors de la conception de programmes de surveillance en ce qui concerne les données de référence, la fréquence, le volume (quantité) et l'emplacement. Nous désignons également les outils privilégiés pour des combinaisons proposées de regroupements de composantes écosystémiques des indicateurs et de paramètres (p. ex. le carottage est la méthode privilégiée pour mesurer l'abondance et l'état de l'endofaune). La section se termine par une description des considérations relatives à la gestion des données et à la production de rapports pour la mise en œuvre d'un plan de surveillance.

5.1. OUTILS

L'utilisation d'outils pour obtenir les données appropriées sur nos indicateurs est une partie importante du processus de surveillance. Le choix des outils peut influencer la résolution des données; par exemple, Neves et ses collaborateurs (en préparation³) le montrent bien dans le cas des outils d'imagerie, où « le seuil de détection de certains taxons peut différer considérablement entre les images fixes à haute résolution et la vidéo de définition standard (Althaus *et al.* 2015; Dunham *et al.* 2018). De plus, l'utilisation de différents engins peut donner lieu à des différences importantes en ce qui concerne la richesse en espèces, la densité ou la composition des espèces (Sheehan *et al.* 2014). Par conséquent, dans la mesure du possible, il faut procéder à un examen attentif et à des essais pour s'assurer que les outils choisis et les données qu'ils fournissent correspondent bien aux objectifs de conservation et aux indicateurs de surveillance. »

La surveillance de la ZPM SK-B pose un certain nombre de difficultés, notamment le fait qu'elle est située à 180 km au large et en eaux profondes, ce qui impose des contraintes logistiques et l'utilisation d'outils et de plateformes précis (p. ex. des navires relativement grands et de l'équipement sous-marin pour les eaux profondes). Il s'agit également d'une zone extrêmement vaste (6 131 km²) qui représente des défis pour la distribution spatiale de la collecte de données (y compris les données de référence) et la mise en œuvre de mesures de surveillance appropriées. Il faudra tenir compte de ces défis et de ces limites dans l'élaboration des plans de surveillance, qui devront être conformes aux pratiques exemplaires pour garantir la collecte de données permettant des analyses significatives. De plus, nous avons limité la discussion aux outils qui ne font pas de relevés extractifs à grande échelle. Cela pourrait être contraignant pour bon nombre des indicateurs pour les espèces de poissons dans le contexte des études classiques sur les pêches, mais ne contrevient à aucun des règlements sur la ZPM SK-B (CNH

et MPO 2019). Nous avons tenté de compléter les méthodes de pêche « classiques » par une nouvelle technologie d'imagerie (voir la section sur les équipements sous-marins ci-après) et des méthodes de pêche plus ciblées (voir la section sur les relevés de pêche plus loin).

Dans cette section, nous décrivons les quelque 30 outils et capteurs qui pourraient être utilisés pour la surveillance de la ZPM SK-B pour les objectifs de conservation écologique et dans le contexte de l'équipement et de l'expertise existants dans la région du Pacifique. La présente section ne vise pas à présenter un examen complet de ces outils et capteurs, ni à fournir des protocoles précis, mais plutôt à en dresser la liste et à les décrire brièvement comme des options possibles pour la surveillance de la ZPM SK-B. Nous nous concentrons sur l'équipement récemment utilisé dans les relevés canadiens. Comme dans Neves *et al.* (en préparation³), nous essayons de détailler les aspects de leur collecte de données (tableau 8) et de fournir des comparaisons à prendre en considération pour la convivialité de chacun (tableau 9). La technologie évolue rapidement et les outils de surveillance disponibles changeront probablement au fil du temps. Dans le cadre du processus itératif de surveillance, les praticiens des AMP doivent revoir et envisager l'utilisation de nouveaux outils pour recueillir des données de surveillance comparables à mesure que la technologie progresse. C'est pourquoi nous avons inclus une description générale des flux de données recueillies à partir de chaque outil. Toutefois, la portée et les détails d'un plan de gestion des données pour la ZPM SK-B constitueront une étape finale importante d'un plan de surveillance une fois que les types et les volumes de données prévus auront été déterminés. Consulter la section sur la gestion des données pour obtenir davantage de précisions.

5.1.1. Capteurs

Bon nombre des paramètres de nos indicateurs, en particulier ceux liés à l'océanographie, peuvent être acquis à l'aide de capteurs. Il peut être difficile de mesurer les propriétés de l'eau et leurs effets sur les organismes, car nous sommes souvent limités par des contraintes comme la profondeur et le temps. Cependant, les progrès récents et rapides de la technologie, de la puissance de calcul et de l'intégration des capteurs alimentent le développement d'une nouvelle génération de capteurs à faible puissance, rentables et de haute précision qui résisteront à des déploiements prolongés dans des environnements difficiles et qui pourront transmettre des données en temps réel. De plus, ces capteurs peuvent être montés sur une variété croissante de plateformes d'observation (Gallagar 2005). Nous présentons ci-après une description détaillée (mais non exhaustive) des paramètres clés et des capteurs correspondants. Ces capteurs peuvent être déployés seuls ou sur diverses plateformes (p. ex. VTG, rosette).

Flux typique de données de capteur : mesure de l'instrument in situ + horodatage (série chronologique continue, ~1 hertz) → enregistrement des données brutes (souvent visibles en temps réel) → traitement (p. ex. nettoyage, correction, étalonnage) et établissement de liens (p. ex. avec des données sur la profondeur et spatiales) → stockage, partage, assemblage, analyse, création des produits de données (p. ex. les profils de profondeur sont une sortie courante). Les mesures les plus courantes sont la conductivité, la température, la pression et la densité. Nous résumons ci-après la façon dont ces propriétés de l'eau sont mesurées à l'aide de capteurs adaptés du site Web d'Ocean Networks Canada (ONC 2022a).

Les capteurs de **conductivité** mesurent la capacité de l'eau à propager le courant électrique. La conductivité sert à déterminer la quantité de matière inorganique dissoute dans l'eau et est mesurée à l'aide d'électrodes. L'eau passant entre deux électrodes produira un courant en fonction des niveaux d'ions inorganiques dissous, comme le sel et d'autres matières. Des calculs permettent de mesurer la salinité à partir de la conductivité, de la température et de la pression de l'échantillon d'eau.

Les capteurs de **température** sont généralement des thermistances (aussi appelées détecteurs de température à résistance). Les thermistances mesurent la température en détectant les changements de résistance électrique d'un métal. Différents métaux résistent différemment à un courant électrique à des températures différentes, de sorte qu'à l'aide des coefficients de conversion, on peut utiliser la résistance (changement de résistance) pour calculer la température de l'eau avec un degré de précision extrêmement élevé.

La **pression** est mesurée par un manomètre. Habituellement, il s'agit d'une petite bobine de fil ou d'un tube de liquide qui se comprime ou change de forme en fonction de la pression d'eau externe. Dans l'océan, la pression et la profondeur sont directement liées, de sorte que la pression exercée sur le manomètre peut servir à déterminer la profondeur de la lecture.

Tableau 8. Résumé des outils pouvant être utilisés pour la surveillance écologique de la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B). Les titres des colonnes sont définis comme suit : Outil = nom de l'outil tel qu'indiqué dans le texte. Type de données = type des données recueillies par l'outil. Cible des données = caractéristiques abiotiques ou biotiques (p. ex. composante écosystémique). Couverture des données = contexte de la couverture spatiale de l'acquisition des données. Environnements = environnements dans lesquels l'outil est utilisé (c.-à-d. benthique, pélagique, surface de la mer ou tous). Objectif(s) de conservation = les objectifs de conservation écologique de la ZPM SK-B pour lesquels cet outil peut être utilisé. Les acronymes sont définis dans le texte.

Outil	Type de données	Cible des données	Couverture spatiale ¹	Environnements	Objectifs de conservation
Imagerie et échantillonnage biologique					
VTG	<ul style="list-style-type: none"> - Imagerie - Échantillons physiques - Acoustique - Capteurs océanographiques (p. ex. CTP) 	<ul style="list-style-type: none"> - Épifaune - Endofaune (si des carottes sous pression sont disponibles) - Necton démersal (y compris les poissons benthiques) - Fond marin - Propriétés de l'eau (chimiques et biologiques) 	Transect	Tous	Tous
Mini VTG	<ul style="list-style-type: none"> - Imagerie - Échantillons physiques (limités) - Acoustique - Capteurs océanographiques (p. ex. CTP) 	<ul style="list-style-type: none"> - Épifaune - Necton démersal - Fond marin - Propriétés de l'eau (chimiques et biologiques) 	Transect	Tous (zones peu profondes)	Tous
VSP	<ul style="list-style-type: none"> - Imagerie - Échantillons physiques - Acoustique - Capteurs océanographiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Épifaune - Endofaune (si des carottes sous pression sont disponibles) - Necton démersal - Fond marin - Propriétés de l'eau (chimiques et biologiques) 	Transect	Tous	Tous
VSA	<ul style="list-style-type: none"> - Imagerie - Acoustique - Capteurs océanographiques (p. ex. CTP) 	<ul style="list-style-type: none"> - Épifaune - Necton démersal - Fond marin - Propriétés de l'eau (chimiques et biologiques) 	Transect	Tous	Tous
Caméra lestée	<ul style="list-style-type: none"> - Imagerie - Capteurs océanographiques (p. ex. CTP) 	<ul style="list-style-type: none"> - Épifaune - Necton démersal - Propriétés de l'eau (chimiques et biologiques) 	Transect (ou point)	Tous	Tous
SVSR	<ul style="list-style-type: none"> - Imagerie 	<ul style="list-style-type: none"> - Épifaune 	Transect	Benthique (zones à fond plat, application limitée)	1.1a, b, c; 1.2a; 1.3a

Outil	Type de données	Cible des données	Couverture spatiale¹	Environnements	Objectifs de conservation
				dans la zone de SK-B)	
SVSEA	– Imagerie	– Épipaune motile – Necton démersal	Point	Benthique	1.1b, c; 1.3a
Plongée autonome	– Imagerie – Échantillons physiques	– Tous les organismes	Transect ou opportuniste	Tous	1.1a, b, c; 1.2a; 1.3a
Relevés de la surface de la mer	– Dénombrement de la faune, présence/absence, etc. – Imagerie (en cas d'utilisation d'une caméra)	– Oiseaux – Mammifères – Autre necton de surface	Transect	Surface de la mer, interface air-surface	1.3a
Drone	– Imagerie	– Necton – Oiseaux de mer	Transect ou opportuniste	Surface de la mer	1.3a
Relevés de pêche					
Pièges	– Échantillons physiques	– Épipaune motile – Necton démersal	Point	Benthique	1.1b, c; 1.3a
Ligne garnie d'un hameçon, filets maillants, chaluts pélagiques	– Échantillons physiques	– Necton démersal – Necton pélagique	Point	Tous	1.1c; 1.3a
Équipement pour le plancher océanique					
Échantillonneurs et pièges à sédiments	– Échantillons physiques	– Endofaune – Sédiments (analyse physique et chimique possible)	Point	Benthique (sédiments meubles)	1.1b; 1.2a; 1.3a
Plaques de fixation	– Échantillons physiques	– Épipaune (recrutement)	Point	Benthique	1.1a,b; 1.2a; 1.3a
Acoustique					
Sonar	– Son (interprété à partir de l'émission et de la réception)	– Bathymétrie – Profileur sous-marin – Necton – Plancton	Transect	Benthique et pélagique	1.1c; 1.2b; 1.3a
Hydrophones	– Son (réception)	– Toute la faune	Transect ou continu (selon le déploiement)	Tous	1.1a, b, c; 1.2a; 1.3a
Profileur de courant à effet Doppler (ADCP)	– Son (différence Doppler et temps)	– Courants	Transect ou continu (selon le déploiement)	Tous	1.2b
Océanographie					

Outil	Type de données	Cible des données	Couverture spatiale ¹	Environnements	Objectifs de conservation
Filets	<ul style="list-style-type: none"> – Échantillons physiques (zooplancton) – Imagerie (si montés sur un profileur de vision sous-marine) – Capteurs océanographiques (s'ils sont installés) 	– Plancton (petit necton possible)	Transect ou point (selon le déploiement)	Pélagique (y compris la surface de la mer)	1.2b; 1.3a
Échantillonnage de l'eau	– Échantillons physiques	– Eau (analyse post-collecte pour propriétés biologiques, chimiques, ADNe, etc.)	Point	Pélagique (y compris la surface de la mer)	Tous
Profileur de vision sous-marine	– Imagerie	– Plancton et petits détritiques (petit necton possible)	Transect (vertical)	Pélagique (y compris la surface de la mer)	1.2b; 1.3a
Planeurs océaniques	– Capteurs océanographiques	– Propriétés de l'eau (chimiques et biologiques)	Transect	Pélagique (y compris la surface de la mer)	1.2b; 1.3a
Flotteurs et dériveurs	– Capteurs océanographiques	– Propriétés de l'eau (chimiques, biologiques et physiques)	Transect	Pélagique (y compris la surface de la mer)	1.2b; 1.3a
Amarrages, etc.	<ul style="list-style-type: none"> – Capteurs océanographiques – Capteurs atmosphériques – Acoustique (p. ex. hydrophone) – Échantillons physiques 	<ul style="list-style-type: none"> – Propriétés de l'eau (chimiques, biologiques et physiques) – Propriétés atmosphériques – Faune (bruit) et activités humaines – Sédiments/neige marine, épifaune (recrutement) 	Séries chronologiques	Tous	Tous (selon le capteur)
Drones à voile	<ul style="list-style-type: none"> – Capteurs océanographiques – Capteurs atmosphériques – Acoustique (p. ex. hydrophone) 	<ul style="list-style-type: none"> – Propriétés de l'eau (chimiques, biologiques et physiques) – Propriétés atmosphériques – Faune (bruit) et activités humaines 	Transect	Tous	Tous (avec hydrophone)
En ligne					
Satellites	– Capteurs océanographiques et atmosphériques	<ul style="list-style-type: none"> – Propriétés de l'eau (chimiques, biologiques et physiques) – Propriétés atmosphériques 	Vaste	Pélagique	1.2b; 1.3a
Modèles	– Cartes spatiales	– Toutes les propriétés	Vaste	Tous	Tous
Observatoires câblés sous-marins	– Capteurs océanographiques	– Propriétés de l'eau (chimiques et physiques)	Séries chronologiques	Benthique	1.2b
Post-traitement					
Moléculaire/ADNe	– Séquençage de l'ADN	– Toute la faune	Point	Tous	Tous

¹ Transect = collecte de données le long d'un parcours; point = collecte de données à partir d'un espace et d'un temps discrets; série chronologique = collecte de données à partir d'un espace discret, mais sur une longue période; vaste = collecte de données à de grandes échelles spatiales et temporelles.

Tableau 9. Caractéristiques des outils appropriés pour la surveillance dans la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie. L'occurrence d'une certaine caractéristique est représentée par un « X », à moins d'être sans objet (S.O.), sauf pour le coût, où nous avons utilisé des symboles de dollar pour indiquer les coûts relatifs variant de faibles à élevés (\$) à \$\$\$). Les acronymes sont définis dans le texte.

Caractéristiques	Imagerie et échantillonnage biologique								Relevés de pêche				Engin entrant en contact avec le fond	Acoustique			Océanographie							En ligne			Post-traitement				
	VTG	Mini VTG	VSP	VSA	Caméra lestée	VSR	VSEA	Plongée autonome	Relevés de la surface de la mer	Drones	Pièges	Ligne garnie d'un hameçon		Filet maillant	Chalut pélagique	Échantillonneurs et pièges à sédiments	Plaques de fixation	Sonar	Hydrophones	ADCP	Filets océanographiques	Échantillonnage de l'eau	PVS	Planeurs océaniques	Flotteurs et dériveurs	Amarrages, etc.		Drones à voile	Satellites	Modèles	Observatoires câblés
Couverture spatiale continue à grande échelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	
Couverture spatiale continue à petite échelle	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	X	-
Non destructive ²	X	X	X	X	X	X ³	X	X	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Répétabilité ⁴	X	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X	X	
Capacité à échantillonner sur divers substrats	X	X	X	X	X	-	X	X	S.O.	S.O.	-	-	-	-	-	-	X	X	X	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	X	S.O.	S.O.	X	X	S.O.	
Identification possible au niveau de l'espèce	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X	X	X	-	-	X	-	-	X	X	X	
Échantillons	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	
Comportement observé	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	
Cryptofaune ⁵ observée	X	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Données chimiques/physiques et biologiques simultanées	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	X	-	X	X	X	X	X	
Expertise technique minimale ⁶	-	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Caractéristiques	Imagerie et échantillonnage biologique								Relevés de pêche			Engin entrant en contact avec le fond	Acoustique			Océanographie							En ligne			Post-traitement					
	VTG	Mini VTG	VSP	VSA	Caméra lestée	VSR	VSEA	Plongée autonome	Relevés de la surface de la mer	Drones	Pièges	Ligne garnie d'un hameçon	Filet maillant	Chalut pélagique	Échantillonneurs et pièges à sédiments	Plaques de fixation	Sonar	Hydrophones	ADCP	Filets océanographiques	Échantillonnage de l'eau	PVS	Planeurs océaniques	Flotteurs et dériveurs	Amarrages, etc.	Drones à voile	Satellites	Modèles	Observatoires câblés	ADN (ADNe) ¹	
Accès à l'équipement (facilité)	-	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	-	X ⁷	X ⁷	X ⁷	X	
Coût (sans tenir compte du temps-navire)	\$\$\$	\$	\$\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$	\$	\$	\$	\$	\$\$	\$\$	\$\$	\$	\$	\$\$	\$\$	\$\$	\$\$	\$	\$	\$\$	\$\$	\$\$-\$	\$\$-\$	\$\$	\$	\$ ⁷	\$ ⁷	\$ ⁷	\$\$

¹ Option de post-traitement de l'ADN/ADNe pour l'échantillonnage biologique et l'échantillonnage de l'eau. ² Non destructive sauf pour l'échantillonnage ciblé à petite échelle. ³ Le contact constant avec le benthos indique qu'il y aurait extraction dans des zones autres que des habitats plats à fond meuble. ⁴ La répétition du relevé ou de l'échantillon vous donnerait exactement le même résultat (p. ex. variabilité spatiale nulle). ⁵ Organismes occupant des habitats protégés ou dissimulés. ⁶ Déploiement de l'équipement/collecte des données seulement (aucune expertise en étalonnage ou post-traitement prise en compte). ⁷ Accès aux données en ligne seulement.

La **densité** est calculée en fonction de la salinité (calculée à partir de la conductivité), de la température et de la pression de l'eau, qui en sont les facteurs déterminants. À mesure que la température diminue et que la salinité augmente, la densité de l'eau de mer augmente.

Les capteurs utilisés pour ces quatre propriétés de l'eau peuvent être déployés seuls, mais sont le plus souvent regroupés en une unité appelée **CTP** (conductivité, température, profondeur). Les CTP peuvent être descendus dans l'eau à partir d'un navire de recherche ou montés sur divers outils (p. ex. rosettes, planeurs, amarrages, VTG).

Pour déterminer dans quelle mesure l'océan est acide ou basique, il faut mesurer la concentration d'ions hydrogène dans une solution, aussi appelée **pH**. Il existe de nombreuses méthodes et capteurs possibles pour mesurer le pH; veuillez consulter la description détaillée dans Rérolle *et al.* (2012). Les systèmes de capteurs pour les mesures du pH se sont améliorés au cours des dernières années et les coûts de production ont diminué, mais ces appareils demeurent complexes et relativement coûteux, en particulier les composants optiques. Pour étudier efficacement l'acidification des océans (faible pH), il peut être nécessaire de prélever des échantillons d'eau et d'effectuer une analyse chimique (voir la section sur l'échantillonnage de l'eau plus loin). L'acidification des océans peut également être mesurée par des paramètres autres que le pH. Les autres méthodes comprennent le calcul des horizons de calcite et la mesure de l'oxygène, de la salinité, de la température et de la pression partielle du dioxyde de carbone. Cette technique permet de cartographier les propriétés des eaux près de la surface en fonction des paramètres d'acidification de l'océan.

L'**oxygène** est mesuré pour déterminer les niveaux de saturation en oxygène et en oxygène dissous dans l'eau. Les mesures sont effectuées à l'aide de titrages chimiques (voir la section sur l'échantillonnage de l'eau plus loin) ou à l'aide d'électrodes/optodes. On peut lire dans ONC (2022b) que « les optodes, en termes très généraux, créent leurs mesures en émettant de la lumière et en mesurant la luminescence (semblable à une lueur) émise par l'oxygène dans l'eau. Pour prendre une mesure, l'optode émet une longueur d'onde lumineuse spécifique qui excite les molécules de la substance mesurée. Ces molécules émettent ensuite une longueur d'onde légèrement différente en réponse à l'excitation, que le capteur détecte. À l'aide de divers calculs, le capteur détermine ensuite la quantité de substance (dans ce cas, l'oxygène) présente dans l'eau autour du capteur. »

Pour mesurer la productivité primaire dans l'océan, les scientifiques mesurent les concentrations de **chlorophylle-a**. La chlorophylle-a est le pigment que les plantes marines microscopiques et les organismes semblables aux plantes (collectivement appelés phytoplancton) utilisent pour produire des aliments. Les concentrations de chlorophylle-a in situ sont habituellement mesurées à l'aide d'un capteur appelé fluorimètre, qui détecte la fluorescence. La fluorescence se produit lorsque les molécules absorbent la lumière d'une longueur d'onde, qui excite les électrons, puis émettent de la lumière à une longueur d'onde différente. La chlorophylle-a absorbe la lumière bleue et émet, ou fluoresce, la lumière rouge. Un fluorimètre transmet un faisceau lumineux d'excitation dans la plage bleue et détecte la lumière rouge fluorescente émise. Plus de molécules de chlorophylle-a correspondent à plus de lumière rouge émise (ONC 2023). De même, la télédétection, au moyen de capteurs satellites, détecte les longueurs d'onde qui quittent les océans (luminance) pour calculer la concentration de chlorophylle-a. La technologie satellitaire permet de mesurer la productivité primaire à grande échelle et sur une longue période, mais elle est très sujette à la couverture nuageuse dans le Pacifique Nord-Est (p. ex. aucune donnée par satellite sur la productivité pour la Colombie-Britannique en décembre sur une période de 19 ans, Du Preez et Norgard 2022) (voir la section sur les satellites plus loin). Les concentrations de chlorophylle-a peuvent également être déterminées à partir d'échantillons d'eau (voir la section sur l'échantillonnage de l'eau).

Les capteurs **acoustiques** mesurent les sons qui se déplacent dans l'eau. La vitesse à laquelle le son se déplace est différente à travers l'eau et les solides, et peut varier en fonction de la température, de la salinité et de la pression. Les scientifiques peuvent utiliser l'acoustique des océans pour étudier la physique, la chimie, la biologie et la bathymétrie des océans (Woods Hole Oceanographic Institute [WHOI] 2022a). Les capteurs acoustiques peuvent être montés sur divers outils (p. ex. VTG, montés sur des navires) ou être déployés seuls (p. ex. voir la section sur les hydrophones plus loin).

5.1.2. Imagerie et échantillonnage biologique

Flux typique de données d'imagerie : images in situ (vidéo ou photographies) + horodatage (série chronologique continue, ~1 hertz) → enregistrement de séquences brutes (souvent visibles en temps réel) avec ou sans métadonnées intégrées (en superposition ou nom de fichier) → traitement (p. ex. annotation, photogrammétrie, mise en mosaïque) et établissement de liens (p. ex. avec les données sur la profondeur, spatiales, environnementales) → stockage, partage, assemblage, analyse, création de produits de données (p. ex. occurrence d'espèces comme données de premier ordre, transformées en densité ou en diversité).

Flux typique de données d'échantillons biologiques : collecte d'échantillons + métadonnées (y compris l'horodatage, l'emplacement, la profondeur) → traitement (p. ex. expérience en laboratoire, examen) → stockage, partage, analyse, création de produits de données.

5.1.2.1. Équipements sous-marins

Les outils et les technologies d'imagerie ont évolué au point de devenir des outils incroyablement efficaces pour étudier l'environnement marin (p. ex. les VTG et les caméras lestées; figure 13A, B). Dans cette section, nous allons décrire certaines des technologies d'imagerie actuelles qui pourraient être utilisées pour surveiller la ZPM SK-B. Bien que la majorité des équipements sous-marins décrits ci-après soient destinés à documenter le fond marin, certains sont polyvalents et peuvent être utilisés pour les relevés pélagiques (p. ex. VTG; Quattrini *et al.* 2017), bien que certains soient conçus expressément pour une utilisation pélagique seulement (p. ex. les stations vidéo sous-marines éloignées avec appâts [SVSEA] pour la zone pélagique; Heagney *et al.* 2007).

Véhicules sous-marins téléguidés (VTG)

Une section complète sur les VTG dans Neves *et al.* (en préparation³) décrit en détail la technologie, les avantages et les inconvénients, ainsi que les points à considérer. Pour résumer, les VTG sont des véhicules sous-marins non occupés avec câble d'attache qui peuvent être équipés de capteurs, de caméras, d'instruments océanographiques (p. ex. bouteilles Niskin) et d'autres équipements (p. ex. manipulateurs, boîtes d'échantillonnage, carottiers sous pression pour les sédiments) (figure 13A,C). Les VTG fournissent une vue en direct aux pilotes et aux scientifiques à bord du navire. La maniabilité et la précision de la navigation permettent de les utiliser sur une variété de substrats et de retourner à des endroits précis en toute fiabilité. Les VTG recueillent des données de transect et sont l'un des moyens les moins invasifs d'effectuer des relevés biologiques et géologiques des habitats en eaux profondes. Cela est particulièrement utile lors des relevés dans les aires de conservation, qui soutiennent des espèces sensibles ou vulnérables.

Les VTG recueillent des images de qualité, la vitesse du transect, l'altitude et la distance étant déterminées par les scientifiques et les pilotes. Cela permet un contrôle complet du type d'images recueillies (p. ex. gros plans pour faciliter l'identification, quadrilatères en mosaïque). Des caméras supplémentaires peuvent également être montées à différents angles pour recueillir des images complémentaires. Les photographies fixes et les vidéos peuvent être

annotées en temps réel (avec les observations et les identifications des points saillants) et traitées après l'expédition (p. ex. programmes logiciels comme BIIGLE) pour traiter les paramètres énumérés pour nos composantes écosystémiques des indicateurs. L'une des exigences les plus fondamentales associées aux technologies d'imagerie actuelles est de disposer d'une paire (ou plus) de points laser parallèles dans les images. Les lasers parallèles ont pour principal objectif de fournir une échelle projetée pour les estimations de la taille. En plus de collecter des images, les VTG offrent la possibilité supplémentaire de collecter des données océanographiques complémentaires et des échantillons physiques. La polyvalence et la nature non destructive des VTG en font un outil d'évaluation souhaitable.

On peut aussi utiliser de grands VTG avec des porches, des boîtes, des déclencheurs ou des manipulateurs pour déployer et récupérer des outils (p. ex. plaques de fixation, marqueurs physiques du site). Les VTG de grande taille peuvent également couvrir une tranche d'eau incroyable et bon nombre d'entre eux peuvent descendre à quelques kilomètres tout en enregistrant des données géospatiales avec un niveau de précision inférieur à un mètre.

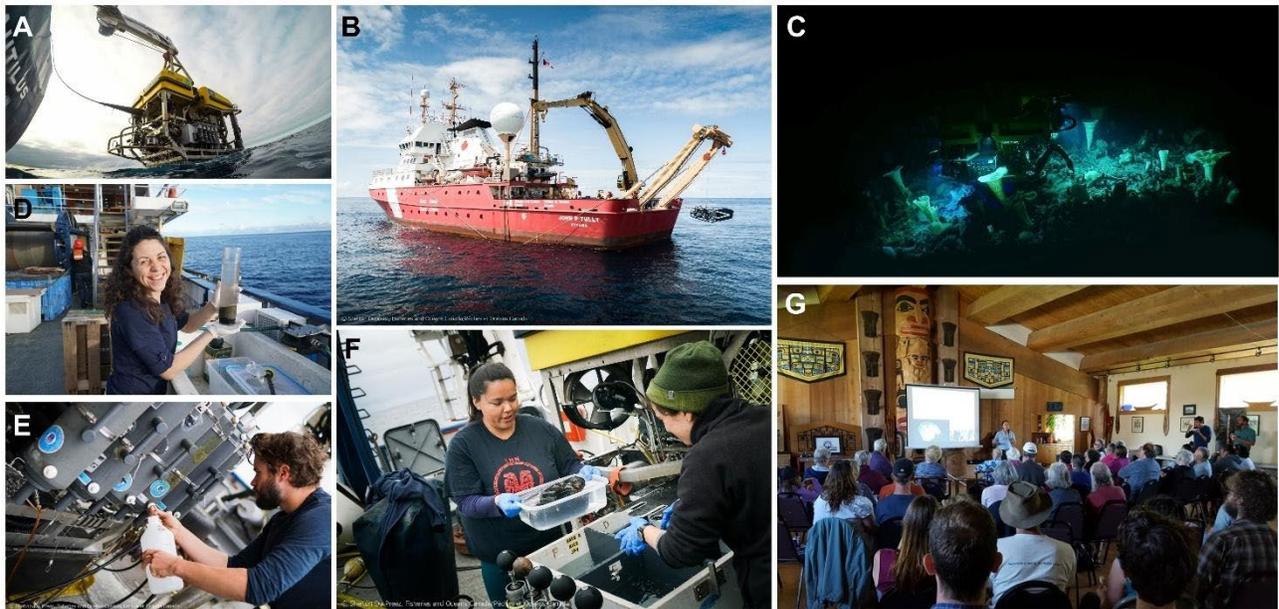


Figure 13. Capacités des véhicules sous-marins téléguidés (VTG). (A) Le VTG Hercules a été déployé à partir du navire d'exploration Nautilus dans la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B). (B) La caméra lestée BOOTS de Pêches et Océans a été déployée à partir du navire de la Garde côtière canadienne John P. Tully. (C) Le VTG Hercules entouré d'une forêt d'éponges siliceuses *Pinulasma n. sp.* (D) Alessia Ciralo (étudiante à l'Université Memorial) et des carottes de sédiments prélevées par un VTG. (E) Brett Jameson (étudiant à l'Université de Victoria) a prélevé des échantillons d'eau dans des bouteilles Niskin montées sur un VTG. (F) Jaasaljuus Yakgujanaas (Conseil de la Nation haïda) prélevant des spécimens dans la bioboîte du VTG. (G) Expédition au large en direct, du mont sous-marin SK-B à Tluu X aada Naay, à Haida Gwaii. Les photos proviennent des expéditions au large Pac2018-103 (à une exception près : la photo B provient de Pac2019-014). Crédits photographiques : Pêches et Océans Canada, S. Du Preez, C. Du Preez, M. Clarkson, Ocean Exploration Trust, les partenaires de l'expédition sur les monts sous-marins du Pacifique Nord-Est.

Des VTG ont été utilisés à maintes reprises dans la ZPM SK-B (résumé dans Gale *et al.* 2017). La première visite d'un VTG au mont sous-marin SK-B était une expédition d'exploration dirigée par le National Geographic, qui a déployé un VTG à 150 m de profondeur. Un relevé conjoint a utilisé les données du VTG Phantom (MPO) et du véhicule sous-marin autonome (VSA) SeaBED (NOAA) pour documenter l'habitat et les espèces (PAC 2011-62; inédit). En 2018, une

expédition en haute mer dans la ZPM SK-B a été menée avec les VTG Argus et Hercules à partir du navire d'exploration *Nautilus* (Gartner *et al.* 2022). Des plongées ont été effectuées sur les trois monts sous-marins de la ZPM, y compris la première imagerie recueillie pour le mont sous-marin Pearce/Davidson. L'expédition de 2018 met en évidence les capacités des VTG (figure 13). Lors des transects standard des flancs profonds jusqu'aux sommets des monts sous-marins :

- plusieurs caméras enregistraient des images vidéo et fixes sous différents angles (figure 13C);
- des mesures océanographiques simultanées ont été prises à partir de capteurs montés (p. ex. température, profondeur, salinité);
- des échantillons de sédiments ont été prélevés au moyen de carottes sous pression manipulées par le VTG (figure 13D);
- des échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide de bouteilles Niskin montées (le post-traitement incluait l'ADNe) (figure 13E);
- le sonar a fourni des commentaires et des données sur la bathymétrie et le substrat à venir;
- des échantillons ont été prélevés pendant les transects de plongée à l'aide d'un dispositif d'échantillonnage à sept fonctions « Predator », d'un bras de manipulation ou d'un échantillonneur par succion de type « pompe d'aspiration », et ils ont été entreposés dans les bioboîtes ou des récipients du VTG (figure 13F);
- des sites de surveillance ont été établis, des marqueurs ont été déployés et des relevés quadrillés ont été effectués pour l'exécution de mosaïques (le post-traitement comprenait la construction de données bathymétriques 3D);
- les images (et l'audio de la salle de contrôle) ont été diffusées en direct, en ligne, partout dans le monde en temps réel (alimente le but 5 du plan de gestion, sensibilisation du public; CNH et MPO 2019) (figure 13G).

La capacité de recueillir des spécimens de référence a des répercussions sur la résolution des espèces difficiles à identifier, des espèces nouvelles pour la science et sur la contribution aux études génétiques ou aux études des isotopes. L'équipe scientifique travaillait à partir d'une « liste de souhaits » de spécimens de référence qui lui avait été communiquée par des collègues et des collaborateurs du monde entier. Pendant l'expédition de 2018, 570 spécimens de référence et échantillons de tissus ont été prélevés (voir Gartner *et al.* 2022).

Éléments clés à considérer pour les VTG

- La sélection des VTG et des outils et capacités utilisés dépend des différents types de travail, d'habitats et de paramètres à étudier.
- La qualité des images et des données obtenues peut varier considérablement et doit être liée aux objectifs du relevé et aux exigences en matière de données pour la surveillance.
- Les VTG sont polyvalents et peuvent accéder à des endroits où d'autres engins benthiques traditionnels ne se rendent pas.
- Les VTG peuvent être l'outil le plus efficace pour recueillir des images et des échantillons physiques à des endroits ciblés.
- Les expéditions de VTG nécessitent des équipes techniques (pilotes de VTG), des navires à position dynamique et des systèmes de mise à l'eau et de récupération (p. ex. grue ou structure en A) et sont donc très coûteuses.

Mini-VTG

Les mini-VTG sont une technologie émergente. Ils sont beaucoup plus petits que les VTG traditionnels, relativement abordables, peuvent être déployés manuellement et sont pilotés à l'aide d'une simple tablette. Toutefois, ils se limitent habituellement aux opérations en eaux peu profondes (p. ex. <100 m dans Buscher *et al.* 2020), à de bonnes conditions (poussée limitée pour résister aux courants), ne disposent pas de capacités géospatiales à haute résolution et nécessitent une certaine expérience de la part de l'utilisateur pour un déploiement adéquat. La plupart sont limités en puissance, en éclairage et n'ont pas de bras de manipulation ou un seul avec une capacité de transport limitée. Ils sont utilisés pour collecter des images (avec des lasers calibrés) et des données océanographiques. Les mini-VTG n'ont pas été utilisés auparavant pour étudier la ZPM SK-B, mais d'autres programmes achètent ces équipements sous-marins relativement abordables (p. ex. des programmes de la région du Pacifique du MPO ont récemment acheté un mini-VTG capable de plonger à 300 m de profondeur).

Éléments clés à considérer pour les mini-VTG

- Navigation de précision avec imagerie continue et mesures océanographiques limitées.
- Limités aux opérations en eaux peu profondes dans de bonnes conditions.
- Échantillonnage physique limité ou inexistant.
- Faibles coûts (coûts initiaux des outils plus opérations).

Véhicules sous-marins pilotés (VSP)

Les véhicules sous-marins pilotés (VSP) fonctionnent de la même façon que les VTG, sauf qu'ils sont autonomes et qu'un ou des pilotes et un ou des scientifiques sont à bord du submersible. Le fait d'être submergé et entouré par l'environnement en eaux profondes peut permettre de nouvelles méthodes et observations (Liang *et al.* 2021). Pour en savoir plus sur les VSP, veuillez consulter Neves *et al.* (en préparation³). Les avantages et les inconvénients de l'utilisation de ces outils sont semblables à ceux des VTG (p. ex. la collecte de données précises et détaillées entraîne des coûts élevés), mais les VSP présentent les inconvénients supplémentaires d'un temps de plongée limité et des risques potentiels connexes pour la vie humaine.

En 2000, le submersible Delta a été utilisé pour élaborer des méthodes d'évaluation des stocks de sébastes benthiques (profondeur de plongée de 53 à 306 m; Yamanaka 2005) et a visité le mont sous-marin SK-B.

Éléments clés à considérer pour les VSP

- Comme les VTG, les VSP sont des outils offrant une navigation de précision, une imagerie de haute qualité, des capteurs océanographiques et acoustiques montés et une capacité d'échantillonnage.
- Ils permettent aux scientifiques et aux pilotes d'examiner l'environnement et les animaux sur place.
- Les limites comprennent les coûts associés élevés liés aux besoins techniques, les temps de plongée limités et un risque élevé pour la vie humaine.

Véhicules sous-marins automatisés (VSA)

Une section complète sur les véhicules sous-marins automatisés (VSA) dans Neves *et al.* (en préparation³) décrit en détail la technologie, les avantages et les inconvénients, ainsi que les points à considérer. Pour résumer, les VSA sont des véhicules sous-marins sans câble

d'attache dotés de capacités de navigation autonomes. Ils suivent une trajectoire préprogrammée à des distances fixes (altitude) au-dessus du fond marin pour éviter le contact avec l'habitat et les espèces. Les VSA peuvent être équipés de caméras, d'instruments océanographiques (p. ex. CTP) et de systèmes sonar. Ils ne nécessitent pas de temps de vol du pilote et ne sont pas reliés au navire, de sorte qu'ils peuvent fonctionner simultanément avec d'autres opérations sur le terrain et être déployés pendant de longues périodes. Les inconvénients comprennent l'absence de capacité d'échantillonnage physique et l'impossibilité de mettre en pause un transect pour étudier des zones importantes de façon opportuniste. La qualité de l'imagerie peut varier et est largement déterminée par l'altitude et la vitesse préprogrammées (probablement en fonction de la complexité de l'habitat). L'altitude des VSA peut être problématique lorsqu'elle dépasse 2 m, car la détection des objets et l'identification des taxons peuvent être compromises. Ce point est particulièrement problématique, car les VSA sont habituellement déployés dans des sites où la diversité de la faune n'est pas bien échantillonnée ou connue. Les VSA dépendent également de l'intelligence artificielle pour la navigation et la détection, et les transects effectués à basse altitude augmentent le risque de se heurter à des structures complexes, biologiques et du fond marin, et d'y rester pris (p. ex. les VSA utilisés sur le mont sous-marin Cobb; Curtis *et al.* 2015). Comme les VSA n'ont pas de câble d'attache, il peut être difficile de les trouver et de les récupérer, et ils peuvent être endommagés, détruits ou perdus (p. ex. Curtis *et al.* 2015). Les progrès de la technologie permettront de continuer d'améliorer les fonctions de ces outils à l'avenir (Liang *et al.* 2021).

En 2011, la première imagerie en profondeur (la première au-dessous de 300 m) du mont sous-marin SK-B a été recueillie à l'aide du VSA SeaBED de la NOAA (de 180 à 933 m; inédit, mais résumé dans Gale *et al.* 2017).

Éléments clés à considérer pour les VSA

- Trajectoire préprogrammée d'imagerie continue, avec capteurs océanographiques et acoustiques.
- Dépend de l'intelligence artificielle pour la navigation et la détection (probablement en constante amélioration avec les progrès technologiques).
- Pas de temps de vol du pilote et peut être exécuté simultanément avec d'autres activités sur le terrain.
- Longue durée de déploiement avec une large couverture spatiale possible.
- La qualité des images peut varier et dépend en grande partie de l'altitude et de la vitesse définies (et de la complexité de l'habitat).
- Risque d'endommager le fond marin, y compris les espèces fragiles et vulnérables, et risque de perdre le véhicule plus grand qu'avec des submersibles avec câble d'attache.
- Aucune capacité d'échantillonnage physique.

Systèmes de caméras lestées

Une section complète sur les systèmes de caméras lestées dans Neves *et al.* (en préparation³) décrit en détail la technologie, les avantages et les inconvénients, ainsi que les points à considérer. En résumé, les caméras lestées comprennent une ou des caméras, des projecteurs et des capteurs montés sur une cage. Certains systèmes de caméras lestées donnent une vue en temps réel aux scientifiques et aux pilotes, qui ont des capacités de contrôle limitées (peuvent généralement influencer l'altitude), tandis que d'autres systèmes sont déployés « à l'aveugle » sans vue en temps réel. On descend ces caméras lestées « à l'aveugle » jusqu'à ce qu'elles touchent le fond marin, puis elles capturent des images, on les remonte, le navire se

déplace et on descend le système de nouveau pour répéter le processus. Ce système de caméras lestées de type « yo-yo » ne serait pas recommandé pour la ZPM SK-B, car des destructions et des dommages causés à l'habitat et à l'épifaune sont probables.

Un autre type de caméra lestée est la caméra remorquée, un système non destructif. C'est celui que possède la région du Pacifique du MPO. Le système Bathyal Ocean Observation and Televideo System (BOOTS; figure 13B) capte et fournit des images continues en temps réel aux pilotes et aux scientifiques à bord du navire; il est équipé d'un sonar à balayage et peut se déplacer vers le haut et vers le bas sur un système de treuil afin d'éviter tout contact avec le fond marin et les animaux vulnérables. Comme les autres outils d'imagerie, le système BOOTS est également équipé de lasers calibrés afin de fournir une échelle pour les estimations de la taille et de la distance. En 2015, les plongées inaugurales du système BOOTS ont eu lieu dans la ZPM SK-B. Des images ont été recueillies à des profondeurs de 1 246 m lors de 17 plongées, dont les premières images prises sur le mont sous-marin Hodgkins (Gale *et al.* 2017). L'amélioration des dernières années a permis de remorquer le système BOOTS le long de transects continus (ajout d'ailettes) et de descendre à des profondeurs de plus de 2 km (c.-à-d. une cote plus profonde) (données inédites Pac2021-036; voir Expédition 2021-06 sur les monts du MPO sous-marins (juin 2021) sur le site SeaTube Pro d'ONC).

Tous les systèmes de caméras lestées dépendent du déplacement du bateau pour la navigation et sont donc lents à contrôler et à réagir. Cela signifie également qu'ils sont influencés par tous les autres mouvements du navire (p. ex. roulis; bien que le système BOOTS ait un compensateur actif de houle). Les caméras lestées conviennent le mieux pour l'échantillonnage aléatoire ou à l'aveuglette et prennent beaucoup de temps pour se rendre à un emplacement exact, bien que ce ne soit pas impossible (p. ex. le système BOOTS a été utilisé pour relocaliser les sites de surveillance sur le mont sous-marin Dellwood et recommencer leurs relevés en 2021) (données inédites Pac2021-036).

Éléments clés à considérer pour les systèmes de caméras lestées

- Les caméras lestées de type « yo-yo » ne doivent pas être utilisées dans la ZPM SK-B, car elles entrent en contact physique avec le fond marin.
- Les caméras lestées en temps réel recueillent des images continues, des données acoustiques et des données de capteurs océanographiques.
- Les systèmes de caméras lestées peuvent être petits et abordables (c.-à-d. comparativement aux VTG et aux VSA), ce qui facilite leur déploiement à partir de petits navires.
- Les systèmes de caméras lestées peuvent être modifiés « relativement simplement » pour accroître leurs capacités.
- Aucune capacité physique de prélèvement d'échantillons.

Systèmes de vidéo sous-marine remorqués (SVSR)

Les systèmes de vidéo sous-marine remorqués (SVSR) diffèrent des caméras lestées en ce sens qu'ils sont en contact continu avec le fond marin. Une section complète sur les SVSR dans Neves *et al.* (en préparation³) décrit en détail la technologie, les avantages et les inconvénients, ainsi que les points à considérer. En résumé, les SVSR les plus courants sont les traîneaux benthiques, où un navire tire sur le fond marin un châssis métallique avec une caméra montée. Cela permet de recueillir des images en continu à une hauteur et à une distance définies (collecte de données normalisée). Cependant, en raison de la nature destructrice de ces traîneaux, les milieux benthiques où ils peuvent être utilisés sont très limités. Sheehan et ses collaborateurs (2010, 2016) ont également proposé d'utiliser différents SVSR « à vocation

benthique », c'est-à-dire des versions suspendues du SVSR qui n'entrent en contact avec le fond marin que par une petite chaîne au sol.

Compte tenu de la complexité de l'habitat benthique et des espèces benthiques vulnérables sur les monts sous-marins de la ZPM SK-B, l'utilisation du SVSR n'est pas recommandée tant que les progrès réalisés avec les SVSR « à vocation benthique » n'ont pas été mis à l'essai dans des écosystèmes marins vulnérables et d'autres environnements en eaux profondes. Compte tenu des règlements de la ZPM SK-B (CNH et MPO 2019), la nature destructive des SVSR dans leur état actuel limite les possibilités de les utiliser.

Éléments clés à considérer pour les SVSR

- Les SVSR actuels sont destructeurs pour l'habitat et les espèces qui forment des habitats et leur utilisation n'est pas recommandée dans la ZPM SK-B.

Stations vidéo sous-marines éloignées avec appâts (SVSEA)

Les stations vidéo sous-marines éloignées avec appâts (SVSEA) peuvent être des plateformes stationnaires déployées dans un environnement benthique pour évaluer les paramètres des espèces motiles dans la zone ou des plateformes flottantes dans la zone pélagique (attachées à un flotteur de surface ou à un navire) pour évaluer la mégafaune pélagique (p. ex. Heagney *et al.* 2007). La conception des SVSEA peut varier grandement, mais elle consiste généralement en un châssis avec des projecteurs montés, des caméras (pour créer une vidéo en stéréo) et une sorte d'appât. Des capteurs océanographiques pourraient être montés sur le châssis pour recueillir des mesures océanographiques simultanées. Pour résumer les propos de Neves et ses collaborateurs (en préparation³), les SVSEA sont le plus souvent utilisées pour évaluer la diversité, la répartition et les comportements des poissons démersaux (p. ex. Bailey *et al.* 2007; Espinoza *et al.* 2020; Schramm *et al.* 2020), mais ont également servi à évaluer la diversité des invertébrés benthiques (Unsworth *et al.* (2014; Devine *et al.* 2019).

En plus des données sur la diversité et le comportement, les SVSEA peuvent fournir une estimation de l'abondance relative en normalisant l'appât (p. ex. Heagney *et al.* 2007; Espinoza *et al.* 2020; Giddens *et al.* 2021) comme paramètre de comparaison entre les déploiements normalisés. Toutefois, l'interprétation de cette abondance relative n'est pas directement comparable à d'autres paramètres courants des poissons, comme les captures par unité d'effort ou la densité de la population dans une zone (Dana Haggarty, MPO, Nanaimo, C.-B., comm. pers.).

Éléments clés à considérer pour les SVSEA

- Observations ponctuelles de la diversité, de l'abondance relative et du comportement ou des espèces motiles (une bonne option pour les espèces potentiellement effrayées par les relevés par imagerie mobile).
- Les châssis pourraient être équipés de capteurs océanographiques.
- Le déploiement est limité par la puissance de la batterie et par l'habitat (selon la taille de la SVSEA).
- La normalisation des appâts est compliquée par les régimes d'écoulement variables.

Caméras stéréoscopiques

Le concept de l'utilisation de systèmes d'imagerie avec plus d'une caméra pour fournir un contexte tridimensionnel à la photographie biologique sous-marine n'est pas nouveau (p. ex. Cullen *et al.* 1965; Klimley et Brown 1983; van Rooij et Videler 1996), mais il est récemment devenu un outil plus concurrentiel et émergent, car il est non létal, peut être utilisé dans des

régions où les engins de pêche traditionnels ne peuvent pas entrer et devient plus efficace et plus rentable avec les progrès technologiques (p. ex. Costa *et al.* 2006; Rooper *et al.* 2010; Williams *et al.* 2010; Jones *et al.* 2012; Rooper *et al.* 2012). Boldt et ses collaborateurs (2018) ont testé sur le terrain la technologie de caméra stéréoscopique afin de déterminer son succès dans les eaux du Pacifique pour compléter les relevés traditionnels d'échantillonnage acoustiques et au chalut pour les évaluations de la biomasse et des stocks. Malgré certains défis (voir les puces ci-après), ils ont constaté que le système de caméra stéréoscopique était un outil viable pour la vérification acoustique ciblée des espèces de poissons et la mesure de la longueur des poissons, avec pour avantage d'obtenir des renseignements supplémentaires sur la profondeur, l'inclinaison et la rotation de certains poissons (Boldt *et al.* 2018).

Éléments clés à considérer pour les caméras stéréoscopiques

- Non létales (excellente application dans les AMP) et peuvent être utilisées dans les habitats où les engins de pêche traditionnels ne peuvent pas entrer.
- Permettent d'identifier les espèces de poissons et de mesurer la longueur, la profondeur, l'inclinaison et la rotation des individus.
- Les limites sont la taille plus petite des échantillons et le traitement exigeant en ressources des images.

ARAP (appareil respiratoire autonome de plongée)

La plongée sous-marine pour la recherche scientifique est possible lorsque les plongeurs respirent à l'aide d'équipement qui les approvisionne en air. Cette unité d'alimentation en air est appelée appareil respiratoire autonome de plongée (ARAP). La plongée autonome à des fins récréatives peut être pratiquée à des profondeurs de 40 m et, avec un entraînement avancé, un plongeur peut descendre encore plus profond.

Le point le moins profond de la ZPM SK-B se trouve à seulement 24 m sous la surface de la mer, ce qui en fait une profondeur raisonnable pour les relevés en plongée sous-marine. McDaniel et ses collaborateurs (2003) résument les plongées autonomes scientifiques, avec des données très limitées remontant à août 1969 et des données plus détaillées recueillies en 1996 à des profondeurs de 50 m (complétées par des images de VTG jusqu'à 150 m). McDaniel et ses collaborateurs (2003) sont revenus en 2003 pour dresser une liste plus complète des taxons marins au mont sous-marin SK-B.

La plongée autonome a l'avantage de permettre aux plongeurs de prélever des échantillons biologiques ciblés (avec les permis de prélèvement appropriés) et de compléter leurs observations in situ par des images (le type et la conception de la caméra dépendent des objectifs du relevé). Le mont sous-marin SK-B est le seul de la ZPM dont le sommet se trouve à des profondeurs accessibles en plongée sous-marine. Il est peu probable que les études et les expéditions futures soient axées sur les relevés en plongée sous-marine, étant donné le court temps au fond (habituellement moins d'une heure par plongée) et les limites de profondeur.

Éléments clés à considérer pour les ARAP

- Observations et prise de décisions in situ concernant les prélèvements d'échantillons et l'imagerie ciblée.
- Profondeur limitée.
- Coûteux en soi, mais pourrait compléter d'autres composantes de l'expédition.
- N'est plus nécessaire avec les progrès des caméras sous-marines (qui ont l'avantage supplémentaire de ne présenter aucun risque pour la vie humaine).

Résumé des outils d'imagerie

Les outils d'imagerie captent efficacement les données sur nos indicateurs (composantes écosystémiques et leurs paramètres). Dans le contexte des AMP et de leurs objectifs de conservation, la technologie de l'imagerie a l'avantage supplémentaire de ne pas détruire, ou peu, l'habitat ou les écosystèmes marins vulnérables. Il est à noter qu'elle est limitative pour bon nombre des composantes écosystémiques des indicateurs et des paramètres pour les espèces de poissons dans le contexte des études halieutiques classiques.

Le choix des outils d'imagerie, leurs spécifications et les plans de relevé devront être adaptés à des objectifs précis et prédéterminés du relevé et dans le contexte des ressources disponibles. Il convient de noter que le post-traitement (annotation) de l'imagerie peut nécessiter beaucoup de ressources et que de nombreuses options et méthodes sont utilisées. Neves et ses collaborateurs (en préparation³) font un excellent travail pour mettre en évidence certains des éléments à considérer, des normalisations et des protocoles de post-traitement à prendre en compte pour obtenir les meilleures données. Enfin, il convient de souligner que la capacité de prélever des spécimens améliore grandement la valeur scientifique d'un équipement sous-marin (figure 14).

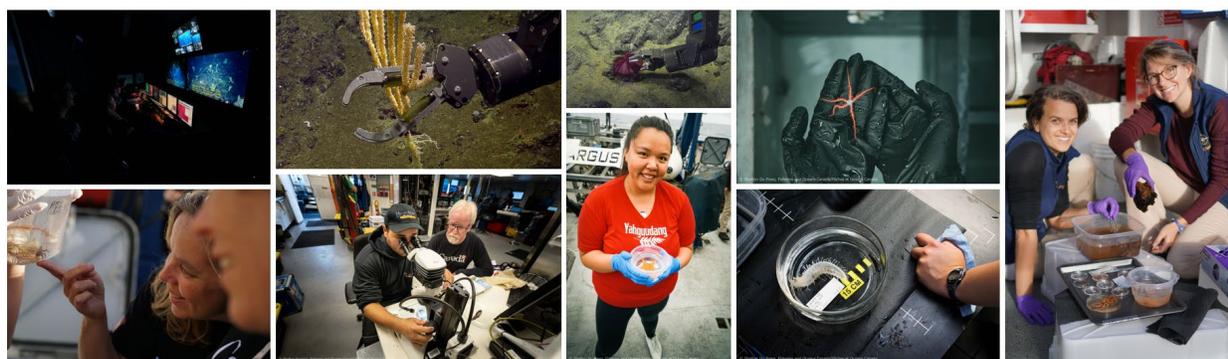


Figure 14. Processus de prélèvement de spécimens à l'aide de véhicules sous-marins téléguidés, de l'échantillonnage direct dans la salle de contrôle du VTG au traitement des prélèvements à bord du navire. Les photos proviennent des expéditions au large Pac2018-103 et Pac2019-014. Crédits photographiques : Pêches et Océans Canada, S. Dupreez, Ocean Exploration Trust et les partenaires de l'expédition sur les monts sous-marins du Pacifique Nord-Est.

5.1.2.2. Relevés visuels au-dessus de l'eau

Relevés de surface (oiseaux, mammifères et necton de surface)

Les relevés visuels de surface peuvent être des méthodes de relevé opportunistes et normalisées pour observer les populations d'animaux à l'interface air-surface. Bien que les enregistrements opportunistes des taxons observés contribuent à la connaissance d'une zone, il existe des protocoles normalisés de relevé des oiseaux et des mammifères pour fournir une vue d'ensemble plus quantitative d'une région. Habituellement, ces relevés comprennent des balayages systématiques effectués pendant des périodes déterminées, aidés par l'utilisation de jumelles et de la photographie au zoom. Les relevés des oiseaux de mer ont tendance à suivre des protocoles semblables à ceux décrits dans Tasker *et al.* (1984) et les relevés des mammifères marins à suivre les protocoles du Programme de recherche sur les cétacés (PRC) du MPO. En 2018, le PRC a tenté d'établir des schémas de transect plus normalisés qui comprenaient la zone hauturière de la Colombie-Britannique et les transects dans la ZPM SK-B (Wright *et al.* 2021).

Pour les oiseaux de mer, Canessa et ses collaborateurs (2003) résument les données de deux relevés (1997 et 1998) des Relevés fauniques du Canada qui ont désigné la ZPM SK-B comme

site d'intérêt pour les oiseaux migrateurs et le mont sous-marin SK-B lui-même comme zone d'importance confirmée pour les oiseaux marins et côtiers. Des données sont également disponibles dans Gale *et al.* (2017) sur les missions effectuées en 2001, 2003 et 2015. Peu de données sont disponibles sur l'expédition de 2018 dans la région (Gartner *et al.* 2022).

Pour les mammifères marins et le necton de surface, les données sont plus limitées et semblent plus opportunistes. Canessa et ses collaborateurs (2003) dressent la liste des espèces observées dans la région sans préciser les renseignements ou la source du relevé. Gale et ses collaborateurs (2017) fournissent des données tirées des relevés de 2015, mais mentionnent des limites, comme la vitesse à laquelle les relevés benthiques sont réalisés, etc. Des observations opportunistes limitées ont également été documentées pour la région (p. ex. Gartner *et al.* 2022).

Éléments clés à considérer pour les relevés de surface

- Comblent des lacunes dans les données sur le necton de surface et les oiseaux de mer qui pourraient être attirés par les monts sous-marins.
- Onéreux en eux-mêmes, mais constitueraient un complément peu coûteux à d'autres relevés effectués à bord d'un navire.

Drones

Les drones, aussi appelés systèmes ou véhicules aériens inoccupés, sont de petits robots volants télécommandés. Leur utilisation dans la science croît rapidement avec les récents progrès de la microélectronique, de la technologie des batteries et des communications sans fil qui les ont rendus plus efficaces et efficaces à moindre coût (Johnston 2019). Il existe encore des limites, y compris la formation requise pour devenir pilote de drone et les permis nécessaires pour voler dans certaines régions. Cependant, les drones sont des outils incroyablement utiles équipés de caméras numériques, qui peuvent être munis d'une variété de capteurs, et certains ont même été adaptés pour prélever des échantillons à distance (p. ex. Hall 2016; Johnston 2019). Les drones ont permis aux scientifiques d'étudier davantage l'océan, dans des zones auxquelles ils n'auraient pas pu accéder, tout en réduisant le risque humain.

Dans la région du Pacifique, le MPO a commencé à se doter d'une petite flotte de drones en 2020. Depuis, le MPO a élaboré des protocoles pour une vaste gamme d'activités de télédétection et de cartographie. Pendant les relevés en mer, des drones ont été utilisés de façon opportuniste pour enrichir les inventaires d'espèces (p. ex. Gartner *et al.* 2022) et documenter le comportement des animaux (p. ex. Du Preez *et al.* 2022). Pour la surveillance de la ZPM SK-B, l'élaboration de protocoles de relevé par drone qui complètent les relevés de surface traditionnels ajouterait de la valeur pour un coût relativement faible. Cependant, la technologie des drones est associée à une pollution sonore et ne serait pas utile pour recueillir des données sur de nombreuses espèces d'oiseaux observées en mer.

À l'heure actuelle, les flux de données provenant des travaux effectués avec des drones sont principalement des techniques de capture d'images opportunistes pour les inventaires d'espèces et la documentation de comportements uniques.

Éléments clés à considérer pour les drones

- Collecte d'images continues de la surface, mais des adaptations récentes pourraient permettre le prélèvement et la détection d'échantillons à distance.
- Faible coût.
- Pollution sonore et comportements d'évitement par les oiseaux de mer.

5.1.2.3. Relevés de pêche

De nombreux outils peuvent être utilisés pour surveiller les populations de poissons vivant sur les monts sous-marins ou à proximité (p. ex. sous-marins et acoustiques). La section suivante portera sur les outils de pêche, et la discussion se limitera aux méthodes de pêche couramment pratiquées ou dont l'application est raisonnable en Colombie-Britannique et dans la ZPM SK-B. Par exemple, nous ne discuterons pas d'outils d'échantillonnage destructifs comme les chaluts benthiques, car, en plus de ne pas fournir d'échantillonnage ciblé, ils peuvent endommager ou détruire des habitats et des espèces formant un habitat. Ces outils de pêche ne seront pas examinés à titre d'option de surveillance, car ils contreviennent aux règlements existants sur la ZPM SK-B (CNH et MPO 2019).

L'historique de la pêche dans la ZPM SK-B a été résumé précédemment dans la section sur les activités de pêche. Les divers outils pour ces pêches et leur potentiel d'utilisation pour la surveillance scientifique sont décrits ci-après.

Pièges

La faune benthique mobile, comme les poissons, les crabes et les crevettes, peut être effrayée par le mouvement de certains des outils énumérés précédemment. On peut utiliser des pièges appâtés posés pendant des périodes déterminées pour obtenir une estimation de l'abondance relative et de la diversité de ces taxons mobiles. Les casiers à crabes, à poissons et à crevettes de type commercial pourraient être efficaces pour capturer des espèces, mais leur utilisation dans la ZPM SK-B devrait être limitée, car ils sont destructeurs pour l'habitat benthique et les espèces formant un habitat (p. ex. Du Preez et Norgard 2022).

Dans la ZPM SK-B, une pêche à la palangre de fond et au casier (et occasionnellement à l'hameçon) a été pratiquée de 1985 à 2018 (voir la section sur les activités de pêche). Les effets de la pêche aux trappes ont été bien résumés par Stevens (2021), notamment les effets sur les habitats benthiques pendant la pose et la récupération, le dragage sur le fond marin et l'empêchement et la mort des grandes espèces motiles (p. ex. les mammifères marins). Les empreintes individuelles des pièges peuvent être petites, mais l'empreinte globale est accrue par les kilomètres de lignes reliant des centaines de pièges et leur mouvement dans l'environnement (traînant parfois sur plus d'une centaine de mètres; Du Preez *et al.* 2020 et les références qui y figurent). L'utilisation de méthodes classiques de pêche aux trappes n'est pas recommandée dans la ZPM SK-B. En théorie, d'autres méthodes de piégeage pourraient encore être utilisées à une capacité limitée, comme des pièges appâtés sur des élévateurs (une plateforme qui remonte à la surface une fois déclenchée). Cette méthode a été utilisée pour étudier les araignées de mer dans les grands fonds en Alaska (NOAA 2010).

Ligne garnie d'un hameçon

La pêche à la ligne garnie d'un hameçon est le terme général utilisé pour décrire les méthodes de pêche où des hameçons sont attachés à une ligne de pêche. Comme outil de surveillance, le MPO utilise des relevés à la ligne garnie d'un hameçon pour surveiller les populations de poissons de fond (MPO 2021d) et certaines espèces pélagiques comme le thon blanc (DFO 2020). La pêche à la ligne garnie d'un hameçon est également l'une des méthodes de pêche utilisées pour capturer le saumon (MPO 2019c). Quatre méthodes courantes utilisent des lignes garnies d'un hameçon : la pêche à la traîne, la pêche à la palangre, la pêche à la turlutte et la pêche à la ligne avec canne. Ces méthodes seraient difficiles à utiliser pour surveiller les espèces benthiques dans la ZPM SK-B : en plus de prélever les poissons, elles poseraient un risque d'endommager ou de détruire l'habitat et les espèces formant un habitat (contrevenant ainsi au règlement sur la ZPM SK-B; CNH et MPO 2019).

La pêche à la traîne peut être efficace pour surveiller les espèces pélagiques ou de passage. Dans cette méthode, des hameçons sont fixés à plusieurs lignes et remorqués lentement derrière un bateau de pêche. La pêche à la traîne est habituellement pratiquée dans le haut de la colonne d'eau et a des prises accessoires limitées (MPO 2019c). La pêche au thon blanc se pratique le plus souvent sur la côte ouest de l'île de Vancouver et de Haida Gwaii, mais aussi probablement dans la ZPM SK-B ou à proximité, car selon les conditions de l'eau, les rapports sur la pêche récréative mentionnent des rencontres jusqu'à 170 km de la côte (résumé des prises historiques dans la ZPM : voir Canessa *et al.* 2003; DFO 2020). Le [Règlement sur les secteurs d'exploitation des pêcheries du Pacifique](#) (2007) autorise la pêche au saumon à la traîne dans la zone extracôtière de la ZPM SK-B. Les renseignements recueillis cette année durant l'expédition panpacifique hivernale en haute mer menée dans le cadre de l'Année internationale du saumon (AIS) 2022 pourraient être très utiles pour les espèces de passage dans la région de la ZPM SK-B.

La pêche à la palangre utilise de longues lignes de pêche principales munies d'hameçons, posées à des intervalles en profondeur, et suit un plan aléatoire stratifié en profondeur dont les unités d'échantillonnage sont des cellules de 2 km x 2 km (Lohead et Yamanaka 2004). Lors des relevés à la palangre visant à recueillir des espèces benthiques, comme les sébastes, on les pose au fond à l'aide d'une ligne de fond lestée sur laquelle des hameçons ou des pièges sont fixés. Ce type de pêche a été fermé dans la ZPM SK-B à la suite d'une étude qui a démontré les effets que les engins ont sur les espèces longévives, comme les coraux et les éponges, lorsqu'ils se posent sur elles pendant le déploiement ou lorsqu'on les traîne pendant la récupération (Doherty *et al.* 2018). Les données disponibles sont limitées pour certains flétans et sébastes capturés dans la pêche à la palangre sur SK-B (voir Canessa *et al.* 2003). Tel que résumé dans Gale *et al.* (2017), « En 1980 et en 1981, deux voyages de pêche exploratoire ont été effectués à bord des palangriers *N/M Viking Star* et *N/M Star Wars II* afin d'évaluer la possibilité de développer une pêche [au sébaste] au mont sous-marin Bowie (Carter et Leaman 1981, 1982). Les pêcheurs ont déployé 46 palangres (28 en 1980 et 18 en 1981) à des profondeurs de 45 à 600 m... La pêche a été entravée lors des deux voyages par des engins perdus et endommagés en raison des conditions météorologiques et de mauvaises cartes de la région... Entre 1992 et 1999, il y a eu des voyages de pêche occasionnels au mont sous-marin Bowie ciblant le sébaste avec des palangres de fond munies d'hameçons dans la tranche d'eau de 200 à 500 m (Beamish et Neville 2002; Canessa *et al.* 2003). » [traduction libre] De plus, un relevé de recherche à la palangre a été réalisé en 2000 (Gauthier 2017).

La turlutte utilise un seul hameçon sur les lignes de pêche qui sont envoyées à une profondeur entre 1 et 100 m, puis mécaniquement remontées à la surface et renvoyées à une profondeur prédéterminée (Canessa *et al.* 2003). Au début des années 1990, des relevés exploratoires ont été effectués pour évaluer l'établissement d'une pêche au calmar, dont une partie était menée près du mont sous-marin SK-B. Une fois qu'un plan de gestion a été mis en place pour la pêche, seules deux calées ont été réalisées sur le mont sous-marin SK-B, avec des prises très faibles (Canessa *et al.* 2003). Cette méthode de relevé potentielle cible les espèces de calmars en produisant un rendement très faible et ne vaudrait probablement pas le coût financier de sa seule exploitation. La turlutte est également une autre méthode de pêche pour les sébastes et la morue-lingue (p. ex. Starr et Haigh 2022).

En général, les relevés à la ligne garnie d'un hameçon sont relativement peu coûteux à effectuer et présentent l'avantage supplémentaire de recueillir des données biologiques comme le sexe, la maturité, la longueur, le poids, l'âge et le contenu stomacal (Haggarty 2013). Certaines espèces peuvent être relâchées si on ne cherche pas à recueillir des données sur les structures permettant de déterminer l'âge ou à déterminer la maturité (p. ex. dispositifs de descente pour les sébastes; Dana Haggarty, MPO, Nanaimo, C.-B., comm. pers.). Toutefois,

ces méthodes d'échantillonnage sont létales pour d'autres espèces et devraient être utilisées de façon limitée pour combler des lacunes dans les données qui ne sont pas couvertes par d'autres outils. Comme l'ont souligné Gale et ses collaborateurs (2017) et Doherty et ses collaborateurs (2018), dans le paragraphe précédent, la palangre peut endommager l'habitat et les espèces qui forment un habitat, de sorte que la profondeur devrait être prise en compte dans tous les plans d'échantillonnage. Kuriyama et ses collaborateurs (2018) ont résumé les compromis entre divers outils indépendants de la pêche pour estimer les populations de poissons. Ils ont analysé l'efficacité des relevés menés avec une ligne garnie d'un hameçon, en mettant en garde que leur interprétation peut être remise en question par l'hyperstabilité et la concurrence entre les espèces.

Filet maillant

Les filets maillants sont des rideaux de filet qui pendent dans la colonne d'eau. Ils capturent habituellement des espèces pélagiques et peuvent être pendus de manière à ne pas entrer intentionnellement en contact avec le fond marin. Le maillage du filet peut être sélectionné pour déterminer la taille du poisson capturé. Malheureusement, les prises accessoires sont nombreuses, en particulier chez les mammifères marins (p. ex. Reeves *et al.* 2013). Les filets maillants sont l'un des pires types d'engins de pêche pour causer une mortalité continue en cas de perte. Par exemple, un filet maillant repéré empêtré sur le mont sous-marin Cobb en 2012 avait été responsable d'une pêche fantôme active pendant au moins 35 ans (Du Preez *et al.* 2020). En 1981, des filets maillants ont été déployés dans les 100 m supérieurs au mont sous-marin SK-B (Canessa *et al.* 2003), mais il n'y a pas eu d'efforts constants de recherche ou de pêche au filet maillant aux environs de la ZPM SK-B. Les filets maillants sont utilisés pour une partie de la pêche au saumon en Colombie-Britannique (MPO 2019c) et les données sur les prises peuvent fournir un contexte pour certaines espèces pélagiques.

Chalut pélagique

Comme il a été souligné précédemment, nous n'allons pas examiner les chaluts benthiques, car ils peuvent nuire à l'habitat et aux espèces formant un habitat dans la ZPM SK-B. Cependant, les chaluts pélagiques pourraient être un moyen efficace de déterminer les populations de poissons et de plancton dans la colonne d'eau. En général, on utilise des chaluts pélagiques combinés à la technologie acoustique pour localiser la position et la profondeur des populations de poissons. Ensuite, on fait passer un grand filet fermé en forme d'entonnoir à travers la colonne d'eau. Le Relevé scientifique intégré de l'écosystème pélagique du MPO effectue des relevés à grande échelle de l'écosystème pélagique dans la région du Pacifique à l'aide d'un plan aléatoire stratifié fondé sur la bathymétrie et les distinctions connues de l'écosystème (pour plus de détails, voir King *et al.* 2019 et Theis *et al.* 2020a). Dans la ZPM SK-B, il y a eu des chaluts pélagiques d'exploration au début des années 1980, avec un succès limité (Canessa *et al.* 2003). Les relevés de la merluche sont un exemple de cette approche intégrée des outils de chalutage acoustique et pélagique (de Blois 2019). Le problème est réduit lorsqu'on dispose d'une cartographie à haute résolution, mais les chaluts commerciaux pélagiques (comme les filets maillants) peuvent entrer, et le font souvent, en contact physique avec le fond marin (p. ex. Tingley 2014; Salgado *et al.* 2018; Du Preez *et al.* 2020). Au cours d'une étude de trois ans sur une pêche en Antarctique, on a obtenu des preuves sans équivoque que de 10 à 16 % des chaluts pélagiques traînaient sur le fond marin (capture d'animaux benthiques; Tingley 2014). Les études de recherche scientifique disposant de cartes précises à haute résolution et une pêche moins intensive (sans but lucratif et avec des directives claires sur la conservation dans une AMP) seraient moins susceptibles d'entrer autant en contact avec le fond marin.

Éléments clés à considérer pour les relevés de pêche

-
- Peuvent obtenir des estimations de l'abondance relative, de la diversité et de la répartition des espèces.
 - Méthodes d'échantillonnage létales, qui devraient donc être utilisées uniquement pour combler des lacunes dans les données qui ne sont pas couvertes par d'autres outils.
 - Problème des prises accessoires, particulièrement en ce qui concerne les animaux rares ou en voie de disparition.
 - Risque de destruction de l'habitat benthique, que l'équipement soit conçu pour entrer en contact avec le fond marin ou non.
 - La capacité d'obtenir des échantillons physiques permet d'effectuer des études sur la biomasse, la détermination de l'âge (mesures des otolithes), la croissance (facteur de croissance semblable à l'insuline [IGF1] et rapports ARN/ADN), l'analyse des contenus stomacaux, le métacodage à barres de l'ADN, l'analyse des isotopes et des acides gras (pour plus de détails, voir la section sur la surveillance des fonctions de l'écosystème et de la structure trophique).

5.1.3. Équipement pour le plancher océanique (sans imagerie)

Il est parfois nécessaire d'utiliser un équipement entrant en contact avec le fond pour obtenir des échantillons physiques. Bon nombre des dispositifs d'échantillonnage à grande échelle, comme les chaluts, les traîneaux et les dragues, ne permettent pas un échantillonnage ciblé et peuvent endommager ou détruire des habitats et des espèces formant un habitat. Ils sont aussi souvent limités à des habitats au fond relativement meuble. Nous n'allons pas examiner ces types d'outils entrant en contact avec le fond à titre d'option de surveillance, car ils contreviendraient au règlement de la ZPM SK-B (CNH et MPO 2019).

Flux typique de données d'échantillons biologiques : collecte d'échantillons + métadonnées (y compris l'horodatage, l'emplacement, la profondeur) → traitement (p. ex. tri, examen, analyses) → stockage, partage, analyse, création de produits de données.

5.1.3.1. Échantillonneurs de sédiments (bennes preneuses et carottiers) et pièges

On utilise des échantillonneurs de sédiments pour obtenir des échantillons discrets et mesurables du milieu benthique meuble. Une section complète sur les échantillonneurs de sédiments dans Neves *et al.* (en préparation³) décrit en détail ces outils entrant en contact avec le fond. En résumé, les échantillonneurs de sédiments recueillent des échantillons de sédiments, d'endofaune et d'épifaune et permettent le traitement et la caractérisation physiques, chimiques et biologiques. Si possible, les échantillonneurs de sédiments doivent être déployés avec des balises acoustiques et des caméras connexes. Les bennes preneuses et les carottiers peuvent être associés aux VTG et aux VSP dans le cadre des protocoles d'échantillonnage physique.

Au cours de l'expédition dans le Pacifique Nord-Est de 2018 (Pac2018-103), quinze carottes sous pression ont été prélevées, notamment dans la ZPM SK-B (Gartner *et al.* 2022). Les carottes sous pression ont été recueillies pour deux étudiants diplômés du Réseau stratégique pour des océans canadiens en santé. Alessia Ciraolo (Université Memorial) a incubé les sédiments pendant 24 heures afin d'examiner les flux d'éléments nutritifs benthiques et la structure de la communauté benthique dans des conditions hypoxiques (données inédites) (figure 13D). Brett Jameson (Université de Victoria) a utilisé des microcapteurs pour mesurer les profils d'oxygène dissous et d'oxyde nitreux dans les premiers millimètres supérieurs des sédiments afin d'étudier l'influence des zones du minimum d'oxygène sur le cycle de l'oxyde nitreux 21 benthique (figure 13E). De plus, Brett a prélevé des échantillons d'acides nucléiques

(ADN/ARN) pour obtenir un aperçu de la dynamique de la communauté microbienne (données inédites).

Les pièges à sédiments recueillent les particules qui tombent sur le fond marin. Cela donne aux scientifiques une idée des taux de sédimentation, de l'accumulation de neige marine et, essentiellement, du cycle des éléments nutritifs dans et sur les fonds marins (WHOI 2022b). Ces pièges à sédiments sont des structures élémentaires composées généralement d'un entonnoir avec un bocal collecteur au fond. Des pièges à sédiments ont été déployés en tant qu'outils sur les câbles d'ONC, mais pourraient également être placés sur le fond marin en tant que déploiement individuel. La productivité exportée est une caractéristique qui définit et distingue les écosystèmes des monts sous-marins dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, et le manque de données in situ représente une lacune importante dans les connaissances (Du Preez et Norgard 2022).

Éléments clés à considérer pour les échantillonneurs de sédiments

- Recueillent la faune qui n'est pas visible dans la plupart des relevés par imagerie (endofaune).
- La faible empreinte dans les substrats de sédiments meubles signifie que les outils ont un faible impact sur l'environnement en eaux profondes.
- Possibilité de combler une importante lacune dans les connaissances.

5.1.3.2. Plaques de fixation

Pour examiner le recrutement dans une zone, les scientifiques peuvent utiliser des plaques de fixation artificielle à la place des substrats naturels afin d'étudier la fixation des invertébrés. Les plaques de fixation peuvent être fabriquées à partir de divers substrats (p. ex. carreaux de céramique, boîtes de Pétri, plastique, brique) et sont des outils utiles, car elles permettent aux chercheurs de mesurer le nombre de larves ou de juvéniles fixés pour une zone et un temps déterminés (dates connues du déploiement et de la récupération). Des plaques de fixation ont été utilisées en écologie de l'invasion (Marrafini *et al.* 2017), dans des études sur le recrutement des coraux (p. ex. Harriott et Fisk 1987; Green et Edmunds 2011; Salinas-de-Leston 2011) et même en haute mer (Meyer-Kaiser *et al.* 2019).

Ce sont habituellement des outils de base peu coûteux. Toutefois, leur utilisation pourrait être considérée comme coûteuse, car elles nécessiteraient un submersible avec des manipulateurs pour le déploiement et la récupération. La combinaison des plaques de fixation avec d'autres activités, comme le déploiement de marqueurs du site de surveillance à long terme, les rendrait peu coûteuses. Ce sont aussi souvent des composantes de systèmes d'amarrage (voir la section sur les amarrages, les bouées et les atterrisseurs benthiques plus loin). Un autre facteur à considérer serait le moment choisi. Les plaques de fixation, aux profondeurs moins grandes du mont sous-marin SK-B, seraient probablement colonisées plus rapidement, mais des études en eaux profondes permettent de penser que le recrutement et la colonisation sont un processus beaucoup plus lent et que des échelles de temps de plusieurs années et décennies pourraient être plus appropriées (Meyer-Kaiser *et al.* 2019). Par conséquent, la surface de la plaque, le type de substrat, le moment du déploiement et la durée du déploiement seront pris en compte pour utiliser et comparer des ensembles de données entre les zones et au fil du temps.

Éléments clés à considérer pour les plaques de fixation

- Fournissent le contenu du recrutement de l'épifaune dans une zone, y compris les espèces envahissantes.

-
- Outils peu coûteux et complexes, mais qui doivent probablement être déployés pendant les opérations des VTG/VSP.

5.1.4. Outils acoustiques

La section suivante s'appuie sur les principes des capteurs acoustiques décrits précédemment et présente de manière détaillée les outils les plus importants pour étudier des questions de recherche propres à l'acoustique.

Flux typique de données acoustiques actives : mesure à distance de l'instrument + horodatage (données spatiales continues) → enregistrement des données brutes (souvent visibles sous forme de carte ou de profil en temps réel) → traitement (p. ex. nettoyage, correction, étalonnage) et établissement de liens → stockage, partage, assemblage, analyse et création de produits de données (p. ex. cartes bathymétriques, profils de la colonne d'eau).

Flux typique de données acoustiques passives : mesure de l'instrument in situ + horodatage (série chronologique continue) → enregistrement des données brutes → traitement (p. ex. nettoyage, correction, étalonnage) et établissement de liens (p. ex. avec des données sur la profondeur et spatiales) → stockage, partage, assemblage, analyse, création des produits de données (p. ex. paysage sonore).

5.1.4.1. Sonars

Le sonar est une méthode de navigation acoustique et de télémétrie dans laquelle un transducteur produit un signal acoustique ou une impulsion, puis reçoit le retour du signal sonore qui se déplace dans l'eau et réfléchit des objets. La durée entre l'émission sonore et la réception peut déterminer la distance et l'orientation des objets (NOAA 2022). Une section complète sur le sonar dans Neves *et al.* (en préparation³) décrit en détail l'utilisation de cette technologie. En résumé, les types les plus courants de sonar utilisés sont les échosondeurs à faisceau unique et à faisceaux multiples, ainsi que le sonar à balayage latéral. Le sonar peut être utilisé pour la cartographie à grande échelle de la bathymétrie océanique (paysage marin), la rétrodiffusion (composition), l'identification de caractéristiques localisées telles que les récifs et les marques de chalutage (bien qu'il faille vérifier ces dernières sur le terrain par des données d'imagerie) et l'examen des espèces pélagiques. Les systèmes sonars peuvent être montés sur des navires ou des plateformes. Pour la surveillance, les systèmes montés à bord des navires sont plus pertinents. Les systèmes sonars peuvent également être intégrés aux VTG, aux VSP et aux systèmes de caméras lestées, mais encore plus à des fins de navigation.

Benthique

La cartographie de la bathymétrie océanique est un élément essentiel de la compréhension de nos océans. Durant l'expédition de 2018, un échosondeur multifaisceaux Kongsberg EM 302 monté sur la coque a été utilisé pour cartographier (bathymétrie et rétrodiffusion) les flancs et les sommets des monts sous-marins de la ZPM SK-B (Gartner *et al.* 2022). Les profils du sous-sol du fond ont également été recueillis à l'aide d'un profileur sous-marin Knudsen 3260 monté sur la coque et d'un échosondeur. Cet échosondeur fonctionne à de basses fréquences pour pénétrer et réfléchir les couches de sédiments, révélant une coupe transversale de la structure du fond marin. La cartographie de 2018 a permis de recueillir des données multifaisceaux plus détaillées que jamais pour les monts sous-marins SK-B et Hodgkins et les premières données multifaisceaux pour le mont sous-marin Pierce/Davidson (voir Gartner *et al.* 2022). Il est peu probable que la géomorphologie des monts sous-marins de la ZPM SK-B change à la résolution de la cartographie dans un proche avenir (à moins d'un événement catastrophique majeur, comme une éruption ou un glissement de terrain), de sorte qu'il est peu probable que la cartographie bathymétrique fasse partie d'un programme de surveillance à long terme.

Pélagique

Le sonar à bord des navires est également un outil efficace pour examiner la répartition de la biomasse pélagique du necton et du plancton dans la colonne d'eau. Par exemple, le programme d'étude du plancton du Pacifique (MPO 2022a) et les programmes halieutiques comme les relevés de la merluche (Akash Sastri, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.) utilisent un sonar pour déterminer l'emplacement vertical à haute résolution du zooplancton et des poissons dans la colonne d'eau et pour obtenir des estimations de la biomasse à basse résolution. Le programme sur le plancton conjugue ensuite l'information bioacoustique avec l'échantillonnage au filet pour en tirer un coefficient d'étalonnage de la biomasse à relier aux données du sonar, ainsi que pour déterminer les espèces et les classes d'âge dans la biomasse. De nombreux navires de la Garde côtière canadienne utilisent des échosondeurs en transit (par exemple, le NGCC *Tully* a une série chronologique à long terme dans son échosondeur à faisceau unique; Akash Sastri, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.).

5.1.4.2. Surveillance acoustique passive

Les hydrophones sont un type de sonar passif qui n'émet aucun son, mais qui ne détecte que les ondes sonores qui entrent. Habituellement, les données des hydrophones ne fournissent pas un contexte de la distance du sujet, à moins que plusieurs dispositifs soient déployés pour permettre une triangulation de la source sonore (NOAA 2022). Les hydrophones peuvent être utilisés pour surveiller les déplacements des navires (p. ex. Merchant *et al.* 2012), les espèces de passage (comme les baleines; p. ex. Rice *et al.* 2021) et même des paysages sonores différents des récifs d'éponges siliceuses (Archer *et al.* 2018). La surveillance des espèces et des communautés à l'aide d'hydrophones est une perspective prometteuse, mais la technologie en est encore à ses débuts.

Les hydrophones peuvent être déployés sur de nombreuses plateformes telles que des amarrages, des navires, des planeurs, des drones à voile ou des bouées. Pour la ZPM SK-B, une couverture hydrophonique continue pourrait être possible à l'aide d'une flotte de 4 à 6 drones à voile exploitée à partir de Masset (Charles Hannah, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.). Il convient de souligner que l'étalonnage des instruments est très important pour que les mesures du son soient cohérentes d'un déploiement à l'autre. Entre 2006 et 2019, le paysage sonore a été enregistré à l'aide d'amarrages d'hydrophones dans la ZPM SK-B (description dans Du Preez et Norgard 2022).

5.1.4.3. Profileur de courant à effet Doppler (ADCP)

Un profileur de courant à effet Doppler (ADCP) est un outil servant à mesurer la vitesse à laquelle l'eau se déplace dans toute une colonne d'eau. Lorsqu'ils sont déployés sur le fond marin, ils peuvent mesurer la vitesse du courant non seulement dans l'environnement benthique, mais aussi à intervalles égaux jusqu'à la surface. Ils peuvent également être déployés sur la coque des navires. Le site Web de la Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) (2022c) décrit très bien le fonctionnement des ADCP et les avantages et inconvénients de l'outil. En résumé, les ADCP émettent des pings sonores à une fréquence constante. La différence de fréquence entre les ondes que le profileur émet et celles qu'il reçoit est utilisée pour calculer la vitesse à laquelle les particules et l'eau qui les entoure se déplacent. En mesurant également le temps de retour des ondes, le profileur peut mesurer la vitesse du courant à différentes profondeurs avec chaque série de pings.

Dans la région du Pacifique, les ADCP deviennent un outil océanographique plus courant. Ils peuvent être déployés sur des amarrages (p. ex. amarrage autonome de l'ONC équipé d'un ADCP sur le mont sous-marin Dellwood) et des submersibles (p. ex. Pac2021-036, ADCP

monté sur un système BOOTS; Gartner *et al.* en préparation⁶) ou montés sur la coque des navires (p. ex. le NGCC *John P. Tully* a maintenant une longue série chronologique issue de l'ADCP monté sur sa coque, qu'il utilise lorsqu'il navigue; Akash Sastri, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.). L'ADCP de l'amarrage sur le mont sous-marin Dellwood était alimenté par une batterie pour recueillir des données continues sur les propriétés de l'eau de mer et les courants près du fond pendant un an et a depuis été récupéré (Gartner *et al.* 2022; les données sont disponibles sur le site Web ONC Oceans 3.0 Data Search). Le programme de la ligne P (voir la section sur les stratégies plus loin) intègre les amarrages d'ADCP dans son programme à la station Papa. Enfin, les données du profileur de courant Doppler acoustique amarré (ADCP) sont archivées dans la base de données de l'Institut des sciences de la mer de 1998 à aujourd'hui (MPO 2022b).

Éléments clés à considérer pour les outils acoustiques

- Produisent des mesures continues de l'environnement et du biote de la colonne d'eau.
- Les outils acoustiques sont de plus en plus omniprésents et peuvent être montés sur la coque des navires, les VSP, les VTG, les caméras lestées et les amarrages.
- L'utilisation d'hydrophones pour surveiller les indicateurs biologiques est prometteuse, mais il s'agit d'une option émergente qui ne doit pas remplacer les pratiques normalisées des méthodes d'échantillonnage pour le moment.
- Le coût de ces outils peut être très élevé.

5.1.5. Outils océanographiques

Flux typique de données océanographiques : collecte d'échantillons sur une distance ou une profondeur fixée + métadonnées (y compris l'horodatage, l'emplacement, la profondeur) → traitement (p. ex. tri, identification, mesure) → stockage, partage, analyse, création de produits de données.

5.1.5.1. Capteurs

Les capteurs sont des outils essentiels en océanographie et peuvent être montés sur de nombreux autres outils (p. ex. VTG, VSA, équipement benthique déployé). À ce titre, ils ont été décrits dans la section précédente (la section sur les submersibles).

5.1.5.2. Filets océanographiques

On utilise des filets océanographiques pour étudier les communautés vivant dans la colonne d'eau. On peut traiter les animaux recueillis en vue de les identifier (espèce ou meilleure résolution taxonomique), de déterminer les classes d'âge et d'obtenir des renseignements limités sur la biomasse (MPO 2022a). L'emplacement et la conception du programme d'échantillonnage à l'aide de ces filets peuvent déduire la répartition du zooplancton et du micronecton dans une zone. Voici quelques-uns des filets d'échantillonnage les plus couramment utilisés dans les programmes sur le plancton de la région du Pacifique.

Les filets bongo sont constitués de deux sennes tournantes montées l'une à côté de l'autre (figure 15A-B). Ils ne sont pas larges et ont la forme d'un long entonnoir. Les filets sont remorqués à partir d'une profondeur donnée dans la colonne d'eau, jusqu'à la surface. En règle générale, la moitié des échantillons prélevés dans des filets bongo peuvent être conservés dans du formol en vue d'une analyse taxonomique future et l'autre moitié peut être utilisée pour

⁶ Gartner, H.N. *et al.* En préparation. Pacific Seamounts 2021 Expedition Report (PAC2021-036). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.

l'analyse de la biomasse (Chelsea Stanley, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.) (figure 15C-D). Les filets bongo sont généralement équipés de capteurs CTP et d'oxygène montés sur le filet pour recueillir des détails océanographiques complémentaires du trait. Récemment, le programme sur le plancton du MPO a jumelé ce type de prélèvement d'échantillons à l'utilisation d'un profileur de vision sous-marine (PVS; voir la section ci-après).

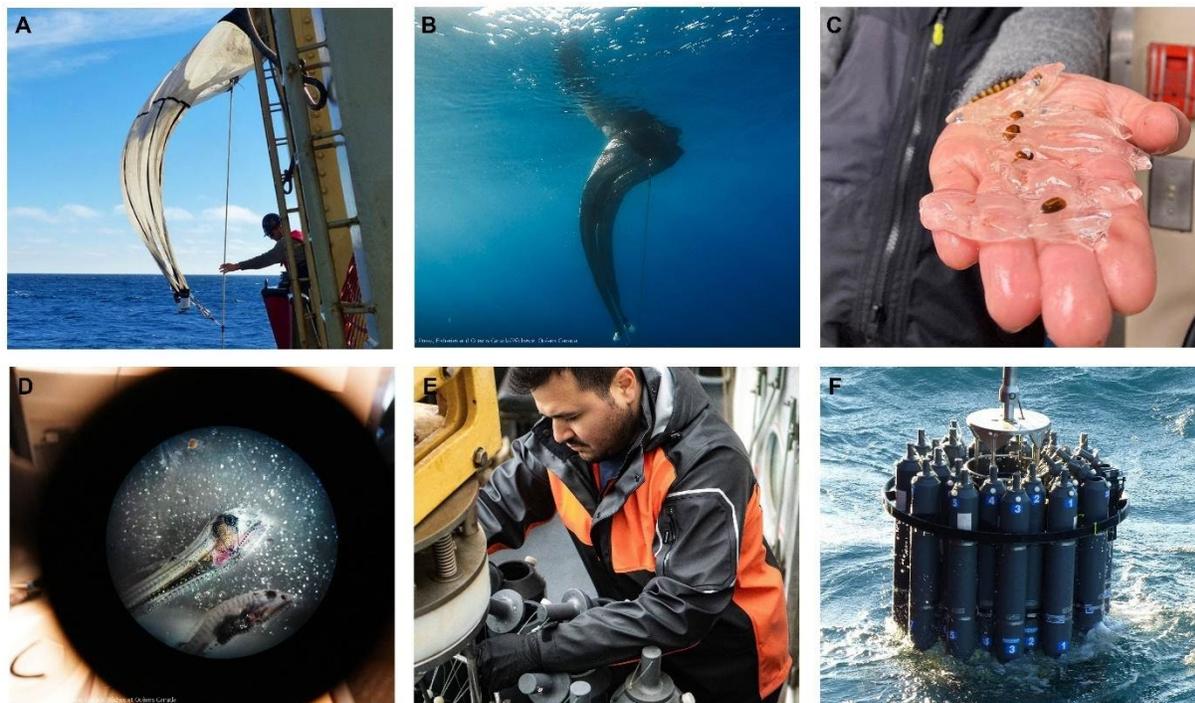


Figure 15. Exemples d'outils océanographiques et d'échantillons des expéditions au large (Pac2018-103, Pac2019-014, Pac2021-036Pac202) : (A) filet bongo au-dessus et (B) au-dessous de l'eau; (C) échantillons de zooplancton des eaux peu profondes (salpes); (D) échantillons de zooplancton des eaux profondes sous un microscope (vipère de mer); (E) ouverture des bouchons des bouteilles Niskin sur une rosette; et (F) rosette (avec CTP) remontant d'un trait avec les bouchons fermés (et contenant des échantillons d'eau discrets). Crédit photographique : Pêches et Océans Canada, S. Du Preez, C. Du Preez.

Les systèmes MultiNet (p. ex. MOCNESS : système d'échantillonnage environnemental à filets à ouverture et fermetures multiples) et un échantillonneur de plancton MultiNet d'HydroBios sont d'autres types de filets d'échantillonnage actuellement utilisés dans le Pacifique. Ces filets ont une grande ouverture, mais on peut déclencher à distance la fermeture de plusieurs filets à partir d'une unité de pont à bord du navire. En ouvrant et en fermant les filets à des profondeurs précises, on peut réaliser un échantillonnage stratifié du zooplancton de la colonne d'eau (Chelsea Stanley, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.). Cela facilite l'identification des organismes responsables de la production des couches de rétrodiffusion observées sur les échosondeurs. Ces types de filets sont généralement munis de capteurs CTP et d'oxygène pour recueillir des détails océanographiques complémentaires des traits.

L'historique des études océanographiques menées dans le contexte de la ZPM SK-B est décrit en détail dans Canessa (2003), Gale *et al.* (2017) et le présent document de recherche (voir la section sur l'historique des activités océanographiques). D'autres informations sur la ZPM SK-B sont également tirées de la série de données à long terme de la ligne P, qui compte sept stations d'échantillonnage utilisant des filets océanographiques, les composantes océanographiques des expéditions au large menées par le MPO dans d'autres monts sous-

marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique (y compris l'expédition Pac2018-103, Gartner *et al.* 2022) (voir les sections sur les stratégies plus loin pour en savoir plus).

Éléments clés à considérer pour les filets

- Meilleure méthode pour examiner la communauté du zooplancton et du petit necton (identité, classe d'âge, abondance relative, biomasse limitée).
- Il est préférable de les associer à des données acoustiques et à des données de CTP (et de plus en plus de PVS).
- Les coûts sont élevés, car cette méthode nécessite du temps-navire et de nombreuses heures de traitement des données.

5.1.5.3. Échantillonnage de l'eau

Le prélèvement d'échantillons d'eau discrets peut servir à répondre à un large éventail d'enquêtes physiques, chimiques et biologiques. Les dispositifs d'échantillonnage de l'eau peuvent aller des seaux jetés dans l'eau à de plus grandes structures d'échantillonnage, avec plusieurs bouteilles, envoyées à des milliers de mètres sous la surface. Les dispositifs d'échantillonnage les plus couramment utilisés dans le Pacifique pour l'échantillonnage en haute mer et dans les grands fonds sont connus sous le nom de CTP/rosettes (figure 15E-F). Chaque trait de rosette peut recueillir des lectures continues de la composition chimique de l'eau d'un capteur CTP SeaBird 9/11 (décrit dans la section précédente), car les vingt-quatre bouteilles Niskin de 10 L de la rosette sont déclenchées une à la fois pour prélever des échantillons d'eau discrets à des profondeurs précises (Chelsea Stanley, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.). L'eau dans chacune de ces bouteilles Niskin peut ensuite permettre de déterminer les niveaux d'oxygène dissous, de carbone inorganique dissous (CID), de nutriments, de salinité et d'ADN environnemental (ADNe). Des bouteilles d'échantillonnage, comme les bouteilles Niskin, peuvent également être montées sur des VTG pour l'échantillonnage discret en profondeur pendant les relevés benthiques.

L'historique des études océanographiques menées dans le contexte de la ZPM SK-B est décrit en détail dans Canessa (2003), Gale *et al.* (2017) et le présent document de recherche (voir la section sur les activités océanographiques). D'autres informations sur la ZPM SK-B sont également tirées de la série de données à long terme de la ligne P (voir plus de détails dans les sections sur les stratégies ci-après), qui compte sept stations d'échantillonnage utilisant des rosettes océanographiques.

Les bouteilles Niskin ou d'autres bouteilles d'échantillonnage peuvent être montées sur des VTG pour l'échantillonnage discret en profondeur pendant les relevés benthiques, souvent dans le but de recueillir des échantillons d'ADNe (voir la section sur l'analyse moléculaire et l'ADN environnemental (ADNe) plus loin). D'autres informations sur la ZPM SK-B sont également tirées de la série de données à long terme de la ligne P (voir plus de détails dans les sections sur les stratégies ci-après), qui compte sept stations d'échantillonnage utilisant des rosettes océanographiques.

L'eau peut également être échantillonnée in situ. L'enregistreur continu de plancton (ECP) est un outil utile pour étudier les communautés de plancton. C'est une structure montée sur un navire qui filtre le plancton de l'eau sur de longues distances. Le plancton est capturé sur des bandes de soie filtrante en mouvement continu qui peuvent être retirées du mécanisme une fois rapportées au laboratoire, et fractionnées pour représenter des distances fixées dans le voyage du navire (Marine Biological Association 2022). Le premier prototype a été mis au point en 1927 et son utilisation et sa croissance se sont poursuivies dans le monde entier. Cependant, il y avait des lacunes dans les données sur le Pacifique jusqu'en 1997. En 2003, le MPO (Institut

des sciences de la mer) a signé une entente de collaboration pour l'entretien et le déchargement des ECP à l'échelle locale. Nous disposons maintenant d'une série chronologique de la surveillance du plancton (de 2000 à 2021) pour le plateau continental de la Colombie-Britannique et les eaux du large à l'ouest de la province (Organisation des sciences de la mer du Pacifique Nord [PICES] 2022).

L'élévateur est une autre technologie émergente d'échantillonnage de l'eau in situ qui est actuellement mise à l'essai dans la région du Pacifique. Il s'agit d'un outil de profilage vertical câblé qui recueille des échantillons de microplastiques filtrés dans la colonne d'eau. Cet outil est actuellement coté pour 400 m de profondeur et devrait fonctionner pour l'échantillonnage de l'ADNe (Ocean Diagnostics Inc. 2021).

Éléments clés à considérer pour l'échantillonnage de l'eau

- Les outils de collecte de masses d'eau sont simples, mais ils nécessitent du temps-navire.
- Les échantillons peuvent être traités à bord du navire pour répondre à des objectifs de recherche précis et peuvent être liés à la communauté du plancton, aux nutriments, à l'oxygène dissous, à la salinité et à l'ADNe.
- L'utilisation de l'ADNe pour surveiller les indicateurs biologiques est prometteuse, mais il s'agit d'une option émergente qui ne doit pas remplacer les pratiques normalisées des méthodes d'échantillonnage pour le moment (voir la section sur l'analyse moléculaire et l'ADN environnemental [ADNe] plus loin).
- L'ECP et d'autres technologies émergentes permettent l'échantillonnage in situ.

5.1.5.4. Profileur de vision sous-marine (PVS)

Les profileurs de vision sous-marine (PVS) sont des systèmes d'imagerie conçus spécialement pour les grosses particules et le plancton. Les deux dernières versions de cet outil (Picheral *et al.* 2010, 2022) ciblent des particules de plus de 100 µm et sont assez petites et efficaces pour être déployées et intégrées dans les CTP, les VSA, les VTG et les amarrages. Les PVS sont des caméras pour prises de vues sous-marines, résistantes à la pression, qui sont remorquées verticalement dans la colonne d'eau. Les objets sont éclairés par l'éclairage pulsé intégré du système (Picheral *et al.* 2010, 2022) et l'obturateur, ce qui permet de prendre des images de précision qui peuvent être utilisées pour l'identification, les mesures individuelles et les estimations de la répartition verticale du petit plancton et de son abondance dans la colonne d'eau.

Les PVS sont un outil nouveau, mais ils sont de plus en plus intégrés au programme sur le plancton du Pacifique du MPO. En 2021, au cours d'une expédition sur les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique dans le SI ThT (figure 2A), quinze traits ont été réalisés avec des PVS et jumelés à des traits de filets bongo, jusqu'à 250 m (données inédites; Gartner *et al.* en préparation⁶). À l'heure actuelle, nous ne disposons pas de renseignements détaillés propres à la région du Pacifique sur les temps de post-traitement et l'efficacité de la détermination des paramètres par rapport aux méthodes plus traditionnelles, comme les traits de plancton.

Éléments clés à considérer

- Imagerie des particules et du plancton in situ.
- Les améliorations apportées à la technologie donnent à penser qu'elle peut être intégrée à un certain nombre de plateformes (p. ex. amarrages, VSA).
- Outil émergent pour la région du Pacifique.

5.1.5.5. Équipement déployé

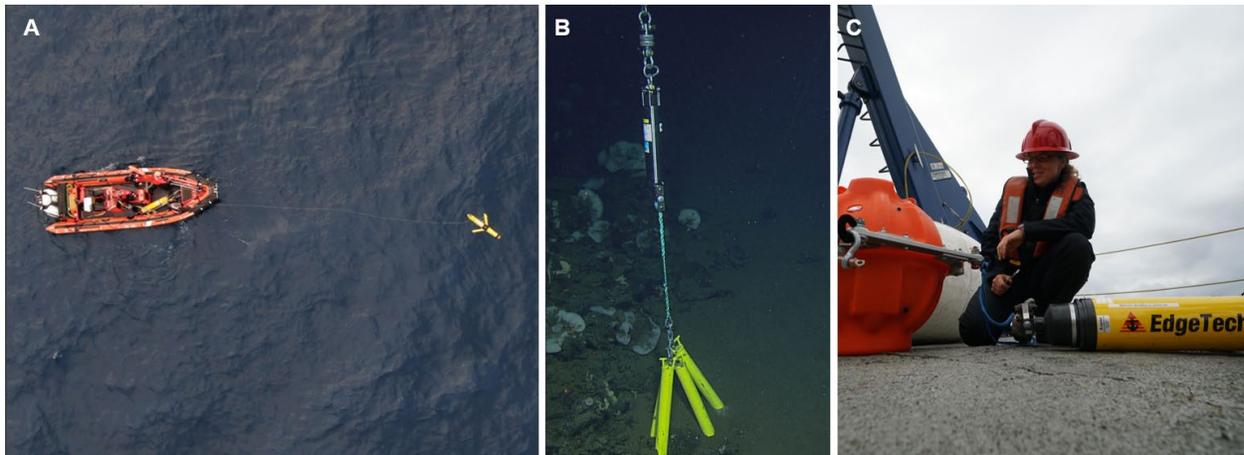


Figure 16. Exemples d'équipement scientifique déployé : (A) un planeur C-PROOF; (B) un amarrage autonome avec ADCP conçu par Ocean Networks Canada; et (C) un amarrage avec hydrophone pour le programme de recherche sur les cétacés du MPO – tous déployés pendant les expéditions au large (Pac2018-103 et Pac2019-014) au-dessus du mont sous-marin Dellwood (le deuxième mont sous-marin le mieux étudié dans la biorégion du Pacifique en mer après le mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie) (Du Preez et Norgard 2022). Crédits photographiques : Pêches et Océans Canada, S. Dupreez, Ocean Exploration Trust et les partenaires de l'expédition sur les monts sous-marins du Pacifique Nord-Est.

Planeurs océaniques

Les planeurs sont des outils océanographiques qui peuvent servir à recueillir des données à des emplacements éloignés, sur une longue période, à un coût relativement faible (figure 16A). Ce sont des robots sous-marins autonomes et inoccupés qui peuvent être équipés de divers capteurs. Les planeurs se déplacent le long d'une trajectoire préprogrammée et montent et descendent dans la colonne d'eau à l'aide d'une pompe interne pour changer leur flottabilité. Les données recueillies peuvent être transmises par satellite et il est même possible de modifier la trajectoire de certains planeurs au moyen de communications bidirectionnelles par satellite (National Oceanography Centre NOC] 2022).

Les planeurs du MPO transportent habituellement des capteurs de température, de conductivité, de pression, d'oxygène, de rétrodiffusion optique et de fluorescence (chlorophylle et matière organique dissoute colorée). L'utilisation des informations fournies par les planeurs permet de dresser un meilleur tableau de ce qui se passe dans l'océan, de compléter les profondeurs et les échelles spatiales que les scientifiques ne peuvent pas détecter à partir de satellites, qui couvrent la surface seulement, ou de grandes expéditions de recherche, qui sont menées à grande échelle et peu souvent (Tetjana Ross, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.).

Un programme de planeurs est offert dans le Pacifique par l'Installation canadienne d'observation de l'océan Pacifique par robotique (C-PROOF; voir plus de précisions dans les sections sur les stratégies plus loin). C-PROOF déploie des plateformes d'observation océanique autonomes, comme des planeurs océaniques instrumentés et des flotteurs de profilage, pour explorer et surveiller les eaux côtières et extracôtières de la Colombie-Britannique afin de suivre la vie aquatique, de quantifier les turbulences et de mesurer les nutriments océaniques (groupe de C-PROOF 2022). En 2019, le planeur « Wall-e » s'est rendu à la station Papa, au large de la Colombie-Britannique, pour suivre des mesures océanographiques jusqu'à 1 000 m de profondeur (Klymak 2019). Ce déploiement réussi a marqué le lancement d'un relevé « nordique » répété, qui commence sur le plateau continental et suit la ligne P jusqu'à l'extrémité nord-ouest du site d'intérêt ThT. Un deuxième relevé

« méridional » est proposé, qui commencerait probablement au même endroit (station P4 sur la ligne P), mais irait jusqu'à l'extrémité sud-ouest du site d'intérêt ThT (Du Preez and Norgard 2022). Ces données peuvent être utiles pour la ZPM SK-B; cependant, les programmes de surveillance pourraient envisager d'ajouter une trajectoire de planeur annuelle jusqu'à la ZPM SK-B.

Les planeurs sont semblables aux VSA, avec des inconvénients liés à une faible réactivité et à un risque de perte plus élevé que les équipements avec câble d'attache (p. ex. un planeur déployé sur le mont sous-marin Dellwood en 2017 a été perdu en mer; données inédites).

Éléments clés à considérer pour les planeurs

- Outils émergents équipés de capteurs couvrant une vaste échelle spatiale et temporelle.
- Les coûts initiaux de l'équipement sont élevés, mais relativement peu élevés lorsqu'on tient compte de la couverture spatiale et temporelle et de la possibilité d'une utilisation répétée.

Flotteurs et dériveurs

L'un des concepts les plus simples utilisés dans l'étude de l'océanographie physique (mouvement des courants et des masses d'eau) consiste simplement à laisser tomber des « choses » dans l'océan, puis à suivre leur dérive (WHOI 2022d). Ces dispositifs d'échantillonnage à concept simple sont appelés flotteurs ou dériveurs. Le « message dans une bouteille » du passé était la forme initiale de la dérive et les scientifiques du MPO la poursuivent aujourd'hui (voir les sections sur les stratégies plus loin). Les flotteurs peuvent également être construits pour s'élever et tomber verticalement dans la colonne d'eau. Les avancées modernes des flotteurs et des dériveurs comprennent les balises radio ou satellite et les récepteurs du système de positionnement mondial (GPS) pour suivre leurs déplacements.

Dans le Pacifique, l'Institut des sciences de la mer (ISM) a mis au point des dériveurs de suivi en surface, connus affectueusement sous le nom de Sponge Bobs en raison de l'éponge jaune et bleu dans laquelle ils sont fabriqués, pour suivre les courants océaniques (Murray 2019). Ces sortes de bouées peuvent être déployées n'importe où dans l'océan jusqu'à ce qu'elles s'échouent ou soient récupérées. Sur chaque unité se trouve un système de suivi par satellite GPS. L'information permet aux experts de construire des systèmes de modélisation précis des courants de surface dans les océans du monde. Le MPO contribue également au Système mondial d'observation de l'océan de la Commission océanographique intergouvernementale et à l'analyse des données (MPO 2022c; voir les sections sur les stratégies plus loin). Certains dériveurs peuvent être équipés de capteurs pour mesurer des paramètres tels que la température, la pression barométrique, la salinité, le vent et la hauteur de houle.

Les flotteurs suivent un concept semblable, mais ils peuvent monter et descendre dans la colonne d'eau à l'aide de pompes mécaniques simples, de sacs gonflables ou vessies et d'autres dispositifs. Ils modifient la flottabilité du flotteur, ce qui lui permet de flotter entre différentes profondeurs. Les flotteurs modernes sont généralement programmés pour remonter périodiquement à la surface afin d'envoyer des données par antenne satellite aux scientifiques à terre (WHOI 2022d).

Dans le Pacifique, les flotteurs Argo sont couramment utilisés pour mesurer des profils de la colonne d'eau. Des flotteurs Argo individuels pourraient être ciblés pour étudier la ZPM SK-B. Les océanographes du MPO participent au réseau mondial de flotteurs Argo. Comme l'a résumé Tetjana Ross (MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.), Argo est un réseau mondial d'environ 4 000 flotteurs-profilleurs dérivants qui mesurent la température et la salinité des 2 000 m supérieurs de l'océan. Ce système permet un monitoring continu de la température, de la salinité et de la vitesse de la couche supérieure de l'océan, toutes les données étant relayées et

rendues publiques dans les heures suivant leur collecte (voir les sections sur les stratégies plus loin). Ces flotteurs sont généralement utilisés pour recueillir un profil tous les dix jours et dérivent à une profondeur de 1 000 m entre-temps. Les nouveaux flotteurs BGC-Argo observent également des variables biogéochimiques à l'aide de capteurs d'oxygène, de pH, de nitrate, de chlorophylle, de rétrodiffusion optique ou d'irradiance. Si les flotteurs Argo individuels ne peuvent pas être ciblés sur la ZPM SK-B, l'information en ligne (accessible au public) du réseau Argo mondial peut alimenter les données de référence et de surveillance. Malheureusement, après sa durée de vie (habituellement cinq ans), un flotteur devient un débris marin.

Éléments clés à considérer pour les flotteurs et les dériveurs

- Outils émergents équipés de capteurs couvrant une vaste échelle spatiale et temporelle.
- Les coûts initiaux de l'équipement sont élevés, mais relativement peu élevés lorsqu'on tient compte de la couverture spatiale et temporelle et de la possibilité d'une utilisation répétée.
- Les flotteurs Argo sont un réseau mondial et les données sont facilement accessibles en ligne.

Amarrages, bouées, atterrisseurs benthiques

Comme dans la section précédente, ces outils sont des équipements déployés et laissés en mer. Le terme « amarrage scientifique » désigne un ensemble d'instruments océanographiques reliés à un câble ou à un fil métallique, à une unité flottante et ancrés sur le fond marin. Neves et ses collaborateurs (en préparation³) présentent une section sur les amarrages et les technologies d'atterrisseur benthique, leurs avantages et inconvénients, ainsi que des éléments à prendre en considération. En résumé, les amarrages sont laissés sous l'eau pendant une période déterminée (limitée par la durée de la batterie des instruments) et sont habituellement récupérés par déclenchement acoustique (ou par un grappin en cas de défaillance du déclenchement acoustique). Les données recueillies dépendent des instruments océanographiques choisis pour l'amarrage (ce qui a également une incidence sur le coût). Les amarrages sont gros, lourds et, par conséquent, leur déploiement et leur récupération sont associés à une logistique importante.

Les données recueillies par les amarrages ne sont généralement pas collectées en temps réel et dépendent de la récupération de l'amarrage. Certaines avancées modernes ont permis de communiquer les données par satellite à l'arrivée à la surface (diffusion à distance). Les amarrages sont l'un des moyens les plus efficaces de mesurer les profils de vitesse près du fond au-dessus du benthos et il convient d'envisager de les utiliser dans la ZPM SK-B. Les amarrages pourraient également être complétés par l'ajout de plaques de fixation (voir la section précédente sur l'équipement pour le plancher océanique) pour étudier le recrutement dans une zone. De plus, des pièges à sédiments peuvent être ajoutés pour recueillir les particules qui tombent sur le fond marin.

L'amarrage autonome équipé d'un ADCP mis au point par ONC, déployé en 2018 sur le mont sous-marin Dellwood (figure 16B), est un exemple récent de l'utilisation réussie des amarrages pour étudier les monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique (Gartner *et al.* 2022). Un deuxième amarrage a été déployé au cours de la même expédition, muni d'un hydrophone pour enregistrer les sons des mammifères marins et des poissons (figure 16C) (Gartner *et al.* 2022).

Certaines bouées de surface sont considérées comme des amarrages. Une bouée Viking est un flotteur de surface amarré doté d'un bon ensemble de mesures atmosphériques et d'un instrument de profilage océanographique (température, salinité et oxygène). Les données sont consignées à l'interne et transmises en temps quasi réel au moyen d'un modem cellulaire ou

satellite. L'ensemble standard est livré avec un capteur de pH et un fluorimètre fixé dans le mètre supérieur. D'autres instruments pourraient être ajoutés, comme des ADCP, des capteurs optiques ou des hydrophones. Cependant, ce type d'équipement est probablement trop léger pour un site extracôtier comme la ZPM SK-B. Environnement Canada et le MPO entretiennent, en collaboration avec Axys, seize bouées météorologiques au large qui recueillent des données sur la pression atmosphérique, la température de l'air, la température de la surface de la mer (SST), les observations du vent et la hauteur de houle; ces données sont transmises à l'échelle mondiale (MPO 2009b).

Un atterrisseur benthique est un autre type d'amarrage. Pour résumer les propos de Neves et ses collaborateurs (en préparation³), ces amarrages peuvent aussi accueillir des chambres benthiques (qui peuvent être utilisées pour des expériences d'incubation), transporter des caméras, être munis de pièges à sédiments et de plaques de fixation, ainsi que de systèmes de profilage des sédiments. Les atterrisseurs sont déployés en chute libre, mais ils sont équipés de systèmes de déploiement par flottabilité et ballasts, qui leur permettent de couler lentement jusqu'au fond marin, causant ainsi une perturbation minimale du fond marin avant que les chambres entrent en contact avec les sédiments (Bagley *et al.* 2004; Gage et Bett 2005).

Éléments clés à considérer pour les amarrages, etc.

- Données détaillées recueillies pendant une période déterminée à des emplacements où la collecte des données est habituellement limitée.
- L'équipement coûte cher et son déploiement peut être onéreux.

Drones à voile

Les drones à voile ont d'abord été mis à l'essai comme plateformes de recherche au large de la côte Ouest du Canada et des États-Unis à l'été 2018. Ce sont des plateformes autonomes qui recueillent une série de données acoustiques, océanographiques et atmosphériques géoréférencées (Chu *et al.* 2019). Ces robots alimentés par l'énergie éolienne et solaire ont été conçus pour surveiller les conditions météorologiques, mais leur conception permet de leur ajouter des capteurs pour mesurer les conditions océanographiques telles que la température, la salinité et les concentrations de dioxyde de carbone. Ils peuvent également être équipés de capteurs acoustiques pour recueillir des données sur la biomasse dans la colonne d'eau (Dimoff 2018).

Éléments clés à considérer pour les drones à voile

- Outils émergents équipés de capteurs couvrant une vaste échelle spatiale et temporelle.
- Les coûts initiaux de l'équipement sont élevés, mais relativement peu élevés lorsqu'on tient compte de la couverture spatiale et temporelle et de la possibilité d'une utilisation répétée.

5.1.6. Données en ligne

Flux typique de données en ligne : téléchargement des données + métadonnées → traitement (p. ex. nettoyage, correction, étalonnage) et établissement de liens (p. ex. avec des données sur la profondeur et spatiales) → analyse et création de produits de données (p. ex. cartes).

5.1.6.1. Satellites

Les satellites sont des engins en orbite autour de la Terre, parfois plusieurs fois par jour. Tetjana Ross, océanographe au MPO (MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.) décrit leur utilisation : « En plaçant des instruments sur un satellite, un océanographe peut obtenir des données du monde entier en peu de temps. Ces instruments peuvent nous renseigner sur la bathymétrie océanique, la SST, le niveau de la mer, la vitesse du vent au-dessus de l'eau, la couleur de

l'océan, les récifs coralliens ou encore la glace de mer et de lac. Par exemple, les données sur la couleur de l'océan aident les chercheurs à déterminer l'impact des inondations le long de la côte, à détecter les panaches des rivières et à localiser les proliférations d'algues nuisibles qui peuvent contaminer les mollusques et crustacés et tuer d'autres poissons et mammifères marins. Une autre contribution importante des données satellitaires sur le niveau de la mer est l'évaluation de l'élévation du niveau de la mer due aux changements climatiques, qui peut causer l'inondation des zones côtières et des îles, l'érosion des berges et la destruction d'écosystèmes importants comme les terres humides et les mangroves. » [traduction libre]

Les océanographes examinent fréquemment la SST et la couleur de l'océan (la biomasse de la chlorophylle-*a* est un substitut de la production primaire) transmises par satellite. Une analyse de Devred et ses collaborateurs (2021) a révélé un point très important : le Pacifique Nord-Est est très nuageux et, par conséquent, un pixel individuel de 4 km près de SK-B produit des données sur une journée donnée entre 1 et 10 % du temps (faible en hiver et en été, élevé au printemps et à l'automne). De ce fait, une moyenne spatiale et temporelle est nécessaire pour dériver des ensembles de données utiles, ce qui impose des limites importantes à l'observation des détails de SK-B à partir des satellites. De plus, les satellites qui collectent la couleur de l'océan n'acquièrent pas beaucoup de données en hiver (de décembre à février) en raison du faible angle du soleil. Par exemple, le mois de décembre n'a pas pu être inclus dans une analyse sur 19 ans fondée sur des données satellitaires pour la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique (Du Preez et Norgard 2022). Des produits dérivés permettent d'estimer le taux réel de production primaire nette (PPN) de phytoplancton. Les profils spatiaux de la PPN peuvent être très différents de ceux de la chlorophylle-*a*.

Les satellites altimétriques qui mesurent la hauteur de la surface de la mer sont particulièrement importants pour la ZPM SK-B. Ils peuvent être utilisés pour suivre les tourbillons Haïda, qui sont des tourbillons océaniques épisodiques en rotation dans le sens horaire qui se forment pendant l'hiver au large de Haida Gwaii (MPO 2019d). Ces tourbillons Haïda apportent des éléments nutritifs et du plancton, y compris d'éventuelles recrues larvaires, dans l'écosystème de la ZPM SK-B. Des changements dans la fréquence de ces tourbillons auraient donc probablement des répercussions sur les écosystèmes de la ZPM.

Le MPO contribue aux programmes nationaux de satellites et en analyse les données (MPO 2021e; voir la section sur les stratégies ci-après). Il participe notamment aux satellites suivants :

- Satellite de télédétection AVHRR (radiomètre perfectionné à très haute résolution);
- Satellite de télédétection MERIS (spectromètre imageur à résolution intermédiaire);
- Satellite de télédétection MODIS (spectroradiomètre imageur à résolution moyenne);
- Télédétection opérationnelle à l'Institut océanographique de Bedford;
- Satellite de télédétection SeaWiFS (instrument à grand champ pour l'observation des mers);
- Satellite de télédétection VCOSS (centre virtuel de salinité océanique satellitaire).

Les satellites en eux-mêmes sont coûteux, existent dans un environnement rude et sont difficiles à entretenir. Cependant, de nombreuses grandes institutions appuient leur développement et leur utilisation, et les données qu'ils recueillent sont souvent partagées en ligne (sans frais ou à peu de frais). Par exemple, des organisations comme la National Aeronautics and Space Administration (NASA) et la NOAA rendent leurs données facilement accessibles. Le coût de l'utilisation des données satellitaires pour surveiller la ZPM SK-B est donc minime. Bien que les mesures ne portent que sur les propriétés de la surface de la mer, elles peuvent être informatives et couvrir une vaste zone spatiale. Elles peuvent donner un aperçu de la ZPM SK-B tout en fournissant un contexte dans l'océan Pacifique en général.

Éléments clés à considérer pour les satellites

- Excellente couverture spatiale des mesures à la surface de la mer dans la ZPM.
- Limites, particulièrement en hiver, en raison de l'emplacement et des conditions météorologiques.
- Les données de base détermineront la résolution des données.
- Données facilement accessibles en ligne, à faible coût ou gratuitement.

5.1.6.2. Modèles

Les modèles de circulation océanique sont de puissants outils pour prédire l'état de l'océan. Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) utilise un système de prévision couplé atmosphère-océan pour les prévisions météorologiques et océaniques (p. ex. Ocean Navigator 2024). Ce système fournit une description 3D des champs de vitesse, de température et de salinité par incréments quotidiens. Les champs de surface (y compris le niveau d'eau) sont disponibles par incréments horaires. Holdsworth et ses collaborateurs (2021) ont utilisé la même technologie de modélisation océanique de base et un modèle biogéochimique pour étudier les changements de l'état de l'océan selon deux scénarios de changements climatiques pour le plateau continental de la côte canadienne du Pacifique.

L'une des sources de données qui alimentent la modélisation océanographique est la base de données BioChem du MPO (MPO 2022d; Devine *et al.* 2014). BioChem est une archive de données biologiques et chimiques marines tenues à jour par le MPO et recueillies par des initiatives de recherche du Ministère et des secteurs d'intérêt canadien.

Les efforts de collaboration du MPO et de la NOAA pour étudier l'acidification des océans dans le Pacifique Nord sont un exemple d'utilisation de la modélisation (DFO et NOAA 2018). Le MPO et la NOAA veulent relier leurs modèles climatiques régionaux à l'échelle de l'Amérique du Nord afin de mieux prévoir les impacts des changements climatiques, en particulier l'acidification des océans. Par exemple, le MPO et la NOAA ont des modèles distincts pour le Pacifique Nord-Est : un pour les eaux canadiennes au large des côtes de la Colombie-Britannique et un autre pour la côte nord-ouest du Pacifique aux États-Unis. Ces modèles pourraient être reliés à des données partagées afin de mieux comprendre la dynamique régionale des effets de l'acidification des océans.

La modélisation peut également être appliquée aux données biologiques lorsque les algorithmes informatiques utilisent les données disponibles pour prédire la répartition des animaux dans un espace géographique et à une période pour lesquels on dispose de données environnementales connues, extrapolées ou prédites (p. ex. l'oxygène et la température « en profondeur » utilisés dans MPO 2019a; Du Preez et Norgard 2022). Malgré les limites de la disponibilité de données éparses sur les grands fonds, la cartographie de la répartition des espèces est un outil efficace pour les habitats et les AMP des monts sous-marins (p. ex. Auscavitch *et al.* 2020). Dans la ZPM SK-B, les données de référence pourraient alimenter les modèles de répartition des espèces qui faciliteraient la détermination des emplacements de la surveillance à long terme pour nos espèces indicatrices. Un ensemble de données indépendant pour la vérification sur le terrain peut accroître considérablement la fiabilité et la convivialité d'un modèle.

Éléments clés à considérer pour les modèles

- Excellente couverture spatiale.
- La modélisation a une vaste application comme outil.

-
- Les extrants du modèle dépendent du type et des données utilisés.
 - Nécessitent une vérification sur le terrain pour la fiabilité.

5.1.6.3. Observatoires câblés sous-marins

Les observatoires câblés utilisent des systèmes de communication à fibre optique et des câbles d'alimentation électrique pour installer des réseaux de capteurs et d'outils sur le fond marin et dans la colonne d'eau. Les infrastructures mises en place sont habituellement dans des régions éloignées, difficiles à atteindre et permettent aux chercheurs de déployer et de récupérer des capteurs et des outils de collecte de données pour des études à plus long terme (généralement plus d'un mois) et même pluriannuelles (WHOI 2022e).

À l'heure actuelle, il n'y a pas d'observatoire câblé dans la ZPM SK-B. Cependant, dans le Pacifique, ONC exploite plusieurs observatoires océaniques (pour plus de détails, consulter le site Web d'ONC). Le plus grand observatoire est appelé NEPTUNE (North East Pacific Time-series Underwater Networked Experiments) et couvre un large éventail d'environnements océaniques, y compris des habitats en eaux profondes, ce qui peut fournir un contexte océanographique pour la ZPM SK-B. Deux des nœuds d'observation se trouvent près de trois chaînes de monts (Heck, Heckle et Springfield; à environ 700 km au sud de la ZPM SK-B). Extrait du document ONC (2022c) : « Dans le nord-est de l'océan Pacifique, ONC observe des changements dans la période, l'intensité et les propriétés chimiques des eaux de remontée, la disponibilité des nutriments et la production primaire. Pour quantifier ces changements, ONC s'est engagé à enregistrer de façon continue et à long terme la température, la salinité, la direction et l'intensité des courants marins, la distribution de l'oxygène dissous, le pH et le pCO₂ à l'aide de capteurs installés sur l'observatoire NEPTUNE. » [traduction libre] De Leo et ses collaborateurs (2018) ont très bien mis en évidence la variété des recherches et de l'acquisition de données effectuées à l'aide de l'observatoire câblé NEPTUNE pour Barkley Canyon sur près d'une décennie.

Bien que l'observatoire NEPTUNE fournisse un contexte pour la ZPM SK-B, un observatoire câblé dans la ZPM améliorerait grandement les stratégies de surveillance. Les observatoires câblés nécessitent des infrastructures et des investissements importants; étant donné l'emplacement de la ZPM SK-B, les coûts seraient probablement prohibitifs.

Éléments clés à considérer pour les observatoires câblés

- Les observatoires établis dans le Pacifique peuvent fournir un contexte pour la ZPM SK-B.
- Il serait extrêmement coûteux d'établir un nœud dans la ZPM SK-B.

5.1.7. Outils de post-traitement

Nous présentons ici quelques-uns des outils puissants qui peuvent être informatifs pour la surveillance et qui sont utilisés après la collecte d'échantillons ou de données.

5.1.7.1. Analyse moléculaire et ADN environnemental (ADNe)

L'analyse moléculaire est un outil de post-traitement qui permet aux scientifiques de séquencer le code génétique des organismes à partir d'échantillons de tissus ou d'en établir le code à barres. La taxonomie moderne (l'identification des espèces par leurs caractères morphologiques) est complétée par des travaux moléculaires, en particulier pour les espèces des grands fonds, qui sont relativement inconnues et difficiles à échantillonner. De nombreuses espèces des grands fonds sont difficiles à identifier d'après leur morphologie brute (surtout si elles n'ont jamais été observées auparavant). Même pour les espèces observées plus fréquemment, cela peut être difficile; par exemple, Neves et ses collaborateurs (en préparation³)

expliquent que « Même dans les cas où le personnel est formé, l'identification au niveau de l'espèce peut être difficile, voire impossible, dans certains cas. Par exemple, les éponges peuvent présenter des variations morphologiques entre les habitats (Hooper 2003) et, dans la plupart des cas, l'identification exacte des espèces nécessite l'utilisation de méthodes microscopiques ou moléculaires. » En prélevant de petits fragments, ou échantillons de tissus, d'un animal, nous pouvons mieux comprendre l'identité et les relations phylogéniques des espèces des grands fonds.

Au cours de l'expédition au large de 2018 dans la ZPM SK-B, des spécimens ont été recueillis en vue de l'identification et de l'analyse moléculaire. Bon nombre de ces spécimens de référence étaient des espèces rares ou uniques, notamment sept nouvelles espèces d'éponges siliceuses (identifiées par le regretté Henry Reiswig), huit nouvelles espèces de démosponges (données dans les travaux de Bruce Ott), deux nouvelles espèces de coraux et un zoanthaire parasite (Merlin Best, travail en collaboration avec des experts mondiaux sur les cnidaires) (voir Gartner *et al.* 2022). Des échantillons de tissus des spécimens ont également été prélevés. De nombreux travaux sont en cours, mais les résultats préliminaires des analyses moléculaires aident à confirmer l'identification des espèces, à découvrir des espèces nouvelles pour la science, à fournir un contexte phylogénétique pour les nouvelles espèces et à contribuer aux données/références mondiales pour les espèces qui sont rarement échantillonnées (Merlin Best, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.). La création de bibliothèques taxonomiques de référence (morphologie), d'ADN et d'ADNe associées à la faune des grands fonds facilite l'identification des espèces et la recherche future.

L'ADN environnemental (ADNe) est un outil moléculaire émergent. Il permet d'identifier plusieurs groupes taxinomiques d'une zone précise à partir d'un échantillon de l'environnement où ces organismes vivaient ou qu'ils ont traversé (Loeza-Quintana *et al.* 2020). Neves et ses collaborateurs (en préparation³) présentent les types de recherches qui ont été effectuées sur la faune des grands fonds marins; en résumé, l'ADNe est particulièrement utile pour l'identification des espèces cryptiques ou rares et peut indiquer la présence d'espèces non capturées dans d'autres outils d'échantillonnage. Les échantillons de la colonne d'eau peuvent être prélevés au moyen de bouteilles Niskin (ou d'autres dispositifs d'échantillonnage de l'eau) et les échantillons de sédiments au moyen de carottiers, de bennes preneuses ou de pièges à sédiments.

En 2018, des échantillons d'ADNe ont été prélevés dans la ZPM SK-B et nous continuons à les étudier en collaboration avec des scientifiques de la NOAA (Meredith Everett, NOAA, Seattle, WA, comm. pers.). Il serait bon de noter ici que, tout comme les hydrophones, l'utilisation de l'ADNe est une perspective prometteuse, mais que la technologie et les techniques de traitement n'en sont encore qu'à leurs débuts.

5.2. STRATÉGIES

Les stratégies de surveillance sont les moyens utilisés pour appliquer les protocoles de surveillance (MPO 2012). Les stratégies de surveillance de la ZPM SK-B peuvent être mises en œuvre dans le cadre des programmes énumérés ci-après. Ces programmes comprennent un ou plusieurs protocoles ou outils de surveillance potentiels déterminés pour la ZPM SK-B. Nous avons distingué la couverture spatiale à l'intérieur de la ZPM SK-B de celle qui est simplement informative pour la ZPM. Nous nous sommes efforcés d'indiquer où il serait avantageux d'élargir les programmes actuels pour inclure la ZPM SK-B. L'éloignement, la tranche d'eau et la taille de la ZPM SK-B sont des limites qui influent sur l'accessibilité, la couverture spatiale et temporelle, le coût et d'autres considérations de faisabilité.

5.2.1. Stratégies dans la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie

Nom de la stratégie	Expéditions au large
<p>Description : Le MPO dirige et conçoit des expéditions multidisciplinaires avec des partenaires de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique pour étudier les environnements des eaux profondes. L'ampleur et l'emplacement de chaque expédition sont guidés par les produits scientifiques livrables et les ressources disponibles. Comprennent les sites de surveillance de l'étude pilote établis dans la ZPM SK-B en 2018 (voir Gartner <i>et al.</i> 2022) pour une surveillance potentielle à long terme.</p> <p>Protocoles : Lorsque les ressources ne sont pas limitées, les expéditions ciblent habituellement la cartographie par échosondeur, les études océanographiques (échosondeurs, rosettes, filets à plancton) et les relevés par imagerie benthique réalisés par VTG ou caméra lestée du système BOOTS (p. ex. voir Gartner <i>et al.</i> 2022).</p> <p>Mise en œuvre : Depuis 2017 (création du Programme d'écologie des grands fonds), ces expéditions ont lieu chaque année (sauf pendant la COVID) dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, y compris des voyages dans la ZPM SK-B. Par le passé (avant 2017), des expéditions ont été organisées pour étudier les environnements des eaux profondes, mais elles étaient généralement ponctuelles. Des expéditions ciblées dans la ZPM SK-B, dirigées et codirigées par le MPO, ont été menées cinq fois dans les 21 dernières années (voir la section précédente sur les activités scientifiques sur les invertébrés benthiques). Les données recueillies lors de ces expéditions sont informatives pour tous les regroupements d'indicateurs et les paramètres (biologiques, environnementaux, agents de stress).</p> <p>Chercheurs principaux : Programme d'écologie des grands fonds du MPO (Cherisse Du Preez), habituellement en collaboration avec d'autres programmes du MPO (p. ex. Programme de surveillance intégrée de la conservation – Tammy Norgard et Groupe du plancton – Chelsea Stanley), des partenaires autochtones (CNH, Conseil tribal des Nuuchah-nulth) et des partenaires externes (ONC, Oceana Canada).</p> <p>Données produites : Le public peut consulter les plongées en submersible dans les zones benthiques sur la plateforme d'ONC (vidéo et audio avec annotation en direct). Les études sur le plancton sont communiquées par le programme sur le plancton (voir l'encadré du programme sur le plancton ci-après). Rapports de mission (p. ex. Gartner <i>et al.</i> 2022 et en préparation) et les efforts de cartographie sont partagés.</p> <p>Lien vers les données : vidéos de plongée sur le site ONC SeaTube Pro, MPO (2018a), rapports de mission et autres types de données ouvertes énumérés (p. ex. Cartographie dans Gartner <i>et al.</i> 2022) – toutes les données de rétrodiffusion acoustique, l'imagerie bathymétrique et les fichiers de navigation ont été transmis au Marine Geoscience Data System (MGDS; NA097 – Marine Geoscience Data System), qui offre au public un accès gratuit et alimente d'autres initiatives de cartographie comme la Carte générale bathymétrique des océans (GEBCO). Le rapport Multibeam Data Report de la NOAA pour NA097 est également disponible en ligne.</p> <p>Coût : De 500 000 \$ à 1 000 000 \$ pour un relevé de deux semaines (les coûts des relevés sont plus proches de 500 000 \$ lorsqu'on utilise l'équipement du MPO comme une caméra lestée du système BOOTS et plus proches de 1 000 000 \$ lorsqu'on loue des systèmes de VTG ou des navires entiers comme le <i>Nautilus</i>).</p>	

Nom de la stratégie	Relevés des mammifères marins (Programme de recherche sur les cétacés)
<p>Description : Des relevés visuels systématiques et opportunistes sont effectués chaque année selon des méthodes de relevé normalisées, ainsi qu'à l'aide de déploiements d'hydrophones (p. ex. sur le mont sous-marin SK-B; Allen <i>et al.</i> 2018). Les observations dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique sont souvent limitées. Le Programme de recherche du MPO sur les cétacés du Pacifique a établi un partenariat avec le relevé aérien international de la mégafaune marine dans la région du Pacifique (PRISMM) en 2018 pour le premier relevé complet par transects et lignes, qui comprenait des composantes de surveillance visuelle et acoustique passive. Il s'agissait du premier relevé systématique des mammifères marins dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, y compris dans la ZPM SK-B (Wright <i>et al.</i> 2021).</p> <p>Protocoles : Relevés visuels de surface et hydrophones.</p> <p>Mise en œuvre : Relevé de 2018.</p> <p>Chercheurs principaux : MPO (Sean MacConnachie).</p> <p>Données produites : Cartes d'estimation de la répartition et de la densité, observations individuelles.</p> <p>Lien vers les données : Wright et al. 2021; données du centre du SIG et cartes disponibles sur demande (Thomas Doniol-Valcroze, MPO).</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels).</p>	

Nom de la stratégie	Surveillance des tourbillons Haïda
<p>Description : De février 1998 à septembre 2005, on a exécuté des programmes de surveillance des tourbillons Haïda et Sitka dans le Pacifique Nord-Est. Ce programme de surveillance utilisait des satellites pour mesurer les élévations de la surface de la mer et les concentrations de chlorophylle-<i>a</i>. Les mesures par satellite ont été complétées par des enregistreurs continus de plancton (ECP) embarqués et, une année, par un transmissomètre traversant le tourbillon en 1998. Toutes les données pertinentes ont été publiées dans <i>Studies in Oceanography Haida Eddies: Mesoscale Transport in the Northeast Pacific</i>, Volume 52, numéros 7-8, 2005. Il serait intéressant de rétablir ce programme de surveillance et de comparer ses données pour les conditions océanographiques et l'approvisionnement larvaire de la ZPM (p. ex. Ross <i>et al.</i> en préparation⁷).</p> <p>Protocoles : Satellite et océanographie (capteurs, filets à plancton).</p> <p>Mise en œuvre : De 1998 à 2005; pourrait être rétabli.</p> <p>Chercheurs principaux : MPO (William R. Crawford et plusieurs coauteurs entre 1998 et 2005).</p> <p>Données produites : Cartes, séries chronologiques.</p> <p>Lien vers les données : MPO 2022e; MPO 2019d.</p>	

⁷ Ross, T., C. Du Preez et D. Ianson. Flow around seamounts and larval retention: revisiting the Taylor cone.

Nom de la stratégie	Surveillance des tourbillons Haïda
Coût : Actuellement aucun programme (0 \$), le rétablissement coûterait 45 000 \$ par année (personnel).	

Nom de la stratégie	Surveillance des conditions à la surface de l'eau
<p>Description : Les océanographes peuvent utiliser les données satellitaires disponibles rapidement fournies par divers fournisseurs, sans frais ou à faible coût. La résolution des données dépend du fournisseur source. Parmi les exemples de données satellitaires utilisées dans le Pacifique, mentionnons les océanographes qui surveillent la SST moyenne sur sept jours (degrés Celsius) et les anomalies ainsi que la SST moyenne mensuelle et la concentration de chlorophylle-a pour les régions d'intérêt, y compris la ZPM SK-B (Hardy <i>et al.</i> 2021)</p> <p>Protocoles : Satellites.</p> <p>Mise en œuvre : Dépend de l'ensemble de données et du traitement, mais essentiellement, les moyennes quotidiennes sont possibles (rares), les moyennes mensuelles sont plus fiables pour SK-B. Fournit le contexte de la ZPM SK-B dans les ensembles de données du Pacifique et du monde.</p> <p>Chercheurs principaux : MPO (Charles Hannah et Andrea Hilborn).</p> <p>Données produites : Cartes (p. ex. Hannah et McKinnell 2016; Devred <i>et al.</i> 2021); séries chronologiques mensuelles, graphiques climatologiques, sommaires des tendances saisonnières (Devred <i>et al.</i> 2021).</p> <p>Lien vers les données : SOPhyE 2024; MPO 2021e; Hilborn <i>et al.</i> 2024.</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels).</p>	

Nom de la stratégie	Programme d'amarrages
<p>Description : Déploiement historique d'un indicateur de pression et de température sur le mont sous-marin SK-B en 1974-1975. Le rétablissement d'un programme d'amarrages dans la ZPM SK-B permettrait d'obtenir de nombreux paramètres océanographiques. Un amarrage de base comprend 2 ADCP, 4 CTP, des dispositifs de flottaison et de déclenchement benthique. On pourrait ajouter des instruments de mesure du pCO₂ et du pH ou le déploiement d'hydrophones pour la détection des mammifères marins et les travaux sur les paysages sonores.</p> <p>Protocoles : Amarrages.</p> <p>Mise en œuvre : Rétablir le cycle suggéré (p. ex. annuel).</p> <p>Chercheurs principaux : MPO (pas de responsable actuel).</p> <p>Données produites : Dépendent du capteur et de l'équipement. Salinité, température, profondeur, pression, courants typiques.</p> <p>Lien vers les données : Crawford <i>et al.</i> 1981.</p> <p>Coût : 310 000 \$ par dispositif d'amarrage standard pour les eaux peu profondes, plus pour les eaux plus profondes et pour davantage de capteurs.</p>	

5.2.2. Stratégies actuellement appliquées à l'extérieur de la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie

Des stratégies de surveillance appliquées dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, mais à l'extérieur de la ZPM SK-B, peuvent être informatives ou possiblement reproduites dans la ZPM (ou élargies pour inclure cette dernière). Mais dans quelle mesure les renseignements externes sont-ils pertinents? Les processus locaux au-dessus et autour des monts sous-marins de la ZPM SK-B modifient-ils suffisamment les propriétés de l'eau pour que l'eau au-dessus du mont sous-marin présente des caractéristiques différentes de celles de l'océan environnant? Le cas échéant, l'eau modifiée reste-t-elle au-dessus du mont sous-marin suffisamment longtemps pour influencer l'écologie (p. ex. les populations de plancton)? Des recherches futures devront explorer la comparabilité des mesures à l'intérieur et à l'extérieur de la ZPM SK-B.

Ce sont là quelques-unes des principales questions qu'il faut se poser pour comprendre les bonnes façons de relier les données externes, les tendances ou les événements et la ZPM SK-B, ainsi que les limites de ces liens.

Nom de la stratégie	Ligne P
<p>Description : La station océanique Papa, située à 50° N 145° O, est la dernière d'une ligne de 26 stations qui s'étend de l'embouchure du détroit de Juan de Fuca (c.-à-d. « près » de la ZPM SK-B, mais pas dans celle-ci). Depuis 1959, les expéditions effectuent des recherches océanographiques le long de la ligne P, la tendance récente étant de trois voyages par année. Le programme prélève des échantillons à des profondeurs de 2 500 m. En ce qui concerne la surveillance de la ZPM SK-B, les données de la ligne P fournissent des renseignements et des tendances appropriés sur les paramètres de l'acidification de l'océan et la zone du minimum d'oxygène. <i>Des profils tous les ans ou tous les deux ans dans la ZPM SK-B aideraient à résoudre la relation entre les données de la ligne P et les conditions dans la ZPM.</i></p> <p>Protocoles : Échantillonnage océanographique (CTP, rosettes, bongo; pour plus de détails, consulter le site Web du MPO sur les propriétés de l'eau).</p> <p>Mise en œuvre : Jusqu'à trois fois par année (habituellement en février, juin et août).</p> <p>Chercheurs principaux : MPO (Marie Robert).</p> <p>Données produites : Données CTP, données chimiques (rosette), données sur le zooplancton, données sur les métaux à l'état de trace, données des dériveurs et données des thermosalinographes et de boucle. Les données du CTP, de la rosette et sur le zooplancton peuvent être téléchargées soit par profil individuel (un fichier), soit par groupes de profils (p. ex. profils DEEP, profils DMS, profils UBC, etc.). Les données sont souvent résumées dans l'État de l'océan (p. ex. Boldt <i>et al.</i> 2018).</p> <p>Lien vers les données : Renseignements sur la ligne principale P et source de données : Site Web du MPO sur les propriétés de l'eau.</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels).</p>	

Nom de la stratégie	Programme sur le plancton
<p>Description : Le Programme sur le plancton du Pacifique a des données sur le zooplancton pour des projets qui commencent dans les années 1980 et se poursuivent encore</p>	

Nom de la stratégie	Programme sur le plancton
<p>aujourd'hui. Sa base de données contient des enregistrements pour plus de 350 000 espèces provenant de plus de 9 500 stations d'échantillonnage océanographique situées entre 42 et 65° N et 120 et 180° O. Des séries chronologiques établies, comme celles de la Ligne P et de LaPérouse, peuvent être instructives (p. ex. voir Young et Galbraith 2021). De plus, des échantillonnages ponctuels ont été effectués conjointement avec les expéditions au large (voir la section sur les activités scientifiques benthiques pour plus de détails). <i>Une nouvelle stratégie d'échantillonnage chronologique pour étayer les processus du plancton dans la ZPM SK-B compléterait la stratégie existante et en augmenterait la valeur.</i></p> <p>Protocoles : Océanographie biologique (filets et échantillons), océanographie chimique (CTP et échantillonnage de l'eau) et relevés acoustiques pélagiques.</p> <p>Mise en œuvre : Les projets réalisés dans le cadre du programme sur le plancton remontent aux années 1980 et les données sur la ZPM SK-B sont limitées.</p> <p>Chercheurs principaux : MPO (Moira Galbraith).</p> <p>Données produites : Diversité, abondance et biomasse du plancton.</p> <p>Lien vers les données : MPO 2018a.</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels), l'établissement d'un programme propre à la ZPM SK-B coûterait 500 000 \$ (cette estimation comprend les coûts du navire, les heures supplémentaires et le personnel à temps plein pour analyser les échantillons).</p>	

Nom de la stratégie	Programme de planeurs de l'Installation canadienne d'observation de l'océan Pacifique par robotique (C-PROOF)
<p>Description : C-PROOF déploie des plateformes d'observation océanique autonomes, comme des planeurs océaniques instrumentés et des flotteurs de profilage, pour explorer et surveiller les eaux côtières et extracôtières de la Colombie-Britannique afin de suivre la vie aquatique, de quantifier les turbulences et de mesurer les nutriments océaniques. À l'heure actuelle, les planeurs suivent deux trajectoires principales : 1) de l'île Calvert, en traversant le bassin de la Reine-Charlotte, jusqu'à la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique; et 2) le long de la ligne P. <i>Une nouvelle ligne jusqu'à la ZPM SK-B, avec un déploiement à partir de Haida Gwaii, pourrait comprendre un partenariat avec le CNH.</i></p> <p>Protocoles : Planeurs (actuels, plans d'intégrer des flotteurs et des amarrages).</p> <p>Mise en œuvre : Un programme relativement nouveau, lancé pour la première fois en 2018.</p> <p>Chercheurs principaux : Université de Victoria (Jody Klymak); MPO (Tetjana Ross); avec de nombreux cochercheurs (liste en le site C-PROOF).</p> <p>Données produites : Profils de capteurs (CTP, O₂, mesures de la rétrodiffusion et de la fluorescence par Eco-puck).</p> <p>Lien vers les données : Site Web de C-PROOF.</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels), 400 000 \$ si l'on ajoute un nouveau planeur (les coûts comprennent le planeur, la personne à temps plein pour l'entretenir, le voyage à Haida Gwaii).</p>	

Nom de la stratégie	Flotteurs ARGO
<p>Description : ARGO est le plus grand système de surveillance du climat océanique au monde. Le MPO est un contributeur important et, depuis 2001, a mis en place plus de 400 flotteurs ARGO. Les flotteurs dérivent et recueillent des données sur la température, la salinité et plus encore (voir la section précédente sur les flotteurs et les dériveurs). Les données Argo sont accessibles gratuitement en ligne. <i>Sans cibler la ZPM SK-B, les flotteurs pourraient théoriquement se déplacer à l'intérieur de la ZPM (ou on pourrait prévoir des lancements à l'intérieur de celle-ci).</i></p> <p>Protocoles : Flotteurs.</p> <p>Mise en œuvre : A commencé en 2001; la durée de vie typique de chaque flotteur est de cinq ans.</p> <p>Chercheurs principaux : MPO (Tetjana Ross pour les déploiements dans le Pacifique).</p> <p>Données produites : Données de position, profils de salinité et de température, métadonnées (peut-être plus).</p> <p>Lien vers les données : MPO 2019e.</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels); 25 000 \$ à 100 000 \$ par flotteur (selon les capteurs).</p>	

Nom de la stratégie	NEPTUNE (observatoire câblé sous-marin) d'ONC
<p>Description : Dans le nord-est de l'océan Pacifique, ONC observe des changements dans la période, l'intensité et les propriétés chimiques des eaux de remontée, la disponibilité des nutriments et la production primaire. Pour quantifier ces changements, ONC s'est engagé à enregistrer de façon continue et à long terme la température, la salinité, la direction et l'intensité des courants marins, la distribution de l'oxygène dissous, le pH et le pCO₂ à l'aide de capteurs installés sur l'observatoire NEPTUNE (expériences en réseau sous-marin sur les séries chronologiques concernant le Pacifique Nord-Est). La station côtière NEPTUNE de Port Alberni, sur l'île de Vancouver, envoie les données recueillies par NEPTUNE au moyen d'un câble à fibre optique à l'Université de Victoria. L'infrastructure de NEPTUNE est une boucle de câble à fibres optiques de 840 km comportant cinq nœuds. Chaque nœud est équipé d'un ensemble diversifié de capteurs qui permettent aux chercheurs d'étudier les interactions entre les processus géologiques, chimiques, physiques et biologiques qui régissent le système terre-océan dynamique sur un large spectre d'environnements océaniques. <i>Les tendances des données océanographiques peuvent être utiles pour la ZPM SK-B, mais les coûts de l'établissement d'un réseau dans la ZPM elle-même sont probablement prohibitifs.</i></p> <p>Protocoles : Observatoire sous-marin câblé.</p> <p>Mise en œuvre : Début en 2009.</p> <p>Chercheurs principaux : Ocean Networks Canada (ONC) avec de nombreux partenaires collaborateurs (y compris le MPO).</p> <p>Données produites : CTP, oxygène, ADCP, accéléromètre, etc.</p>	

Nom de la stratégie	NEPTUNE (observatoire câblé sous-marin) d'ONC
<p>Lien vers les données : Données accessibles au public sur le portail de données Océans 3.0 de l'OCN; renseignements généraux sur la page Web ONC Physical Infrastructure – Cabled Networks.</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels); plusieurs millions par année (installation et entretien).</p>	

Nom de la stratégie	Relevés des poissons et des pêches
<p>Description : La pêche entrant en contact avec le fond (autre que la pêche récréative ou traditionnelle) n'a pas été pratiquée dans la ZPM SK-B depuis 2018. Les données historiques sur les prises et les prises accessoires dans les pêches peuvent être très instructives pour certaines données historiques ou de référence pour la ZPM (p. ex. telles qu'examinées dans Du Preez et Norgard 2022; p. ex. base de données PacHarv du MPO). Si les méthodes de relevés non destructives, comme les relevés par imagerie, sont insuffisantes pour évaluer les populations de poissons, il faudra peut-être envisager des relevés de pêche à l'avenir. Les pêches à l'extérieur de la ZPM peuvent également fournir des données sur les tendances et les populations dans le cas des espèces très mobiles (p. ex. morue charbonnière). Les plans de gestion intégrée des pêches actuels définissent les objectifs et les exigences pour les espèces de poissons de fond, de poissons pélagiques et de saumons. De plus, la pêche d'espèces pélagiques de passage, comme le saumon et le thon blanc, peut être très instructive sur le réseau trophique de la ZPM SK-B. Des rapports sur les prises sont disponibles pour le poisson de fond (MPO 2023a) et le saumon (MPO 2023b), mais les coauteurs n'ont pas pu trouver de site statistique équivalent pour le thon blanc.</p> <p>Protocoles : Relevés de pêche.</p> <p>Mise en œuvre : Des années 1950 à 2018.</p> <p>Chercheurs principaux : MPO (Saumon : Mike Hawkshaw; Poissons pélagiques : Bryan Rusch; Poissons de fond : Danielle Scriven).</p> <p>Données produites : Données sur les prises et le poids par espèce.</p> <p>Lien vers les données : Rapports du MPO : poisson de fond (MPO 2023a) et saumon (MPO 2023b).</p> <p>Coût : À l'heure actuelle, il n'y a pas de programme dans la ZPM SK-B; 500 000 \$ pour rétablir la pêche dirigée pour étayer la surveillance dans la ZPM (coût du temps-navire, de l'équipement et du personnel).</p>	

Nom de la stratégie	Navires de passage, enregistreur continu de plancton (ECP)
<p>Description : Un ECP est une structure montée sur un navire qui filtre le plancton de l'eau sur de longues distances. Le plancton est capturé sur des bandes de soie filtrante en mouvement continu qui peuvent être retirées du mécanisme une fois rapportées au laboratoire, et fractionnées pour représenter des distances fixées dans le voyage du navire. Lancé au Royaume-Uni, avec aujourd'hui une collecte de données presque mondiale. <i>Sur les navires de passage qui se déplacent souvent à proximité de la ZPM SK-B (zone d'exclusion volontaire).</i></p>	

Nom de la stratégie	Navires de passage, enregistreur continu de plancton (ECP)
<p>Protocoles : Échantillonnage de l'eau (technologie d'enregistreur continu de plancton).</p> <p>Mise en œuvre : Dans le Pacifique, nous avons des données chronologiques depuis 2000. Le MPO (Institut des sciences de la mer) a des ententes locales de service et de déchargement depuis 2003. La ZPM SK-B fait partie de l'ensemble de données « oceanic NE Pacific ». De futures collaborations pourraient permettre de recueillir ou d'extraire des données propres à la ZPM.</p> <p>Chercheurs principaux : Marine Biological Association (Clare Ostle).</p> <p>Données produites : Les données sur l'abondance de l'année en cours pour quatre variables du plancton (abondance totale des diatomées, abondance du mésoplancton, biomasse estimée du mésozooplancton et taille moyenne de la communauté des copépodes) sont présentées sous forme de moyennes mensuelles, superposées à la moyenne mensuelle à long terme et aux valeurs mensuelles minimales et maximales trouvées dans la série chronologique à ce jour (pour la plupart des régions depuis 2000).</p> <p>Lien vers les données : La page Web de l'Organisation des sciences de la mer du Pacifique Nord sur The Continutous Plankton Recorder Survey of the North Pacific; la page web de la Marin Biological Association sur la philosophie des données de l'enquête CPR.</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels).</p>	

Nom de la stratégie	Bouées dérivantes, Système mondial d'observation de l'océan de la Commission océanographique intergouvernementale
<p>Description : Répartition mondiale des dériveurs qui signalent leur position tout en mesurant la température de l'air, le vent près de la surface, la salinité à la surface de la mer, la pression de l'air en surface et la SST. <i>Sans cibler la ZPM SK-B, ils pourraient dériver à proximité (ou on pourrait prévoir des lancements dans la ZPM); les données et les modèles sont utiles pour la région.</i></p> <p>Protocoles : Dériveurs.</p> <p>Mise en œuvre : Données disponibles dès 1978.</p> <p>Chercheurs principaux : DFO et NOAA (dans le Pacifique Nord-Est).</p> <p>Données produites : La source la plus complète de données sur les bouées dérivantes est le Système mondial de télécommunication (SMT) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Données de position, salinité et température de la surface de la mer, conditions météorologiques près de la surface.</p> <p>Lien vers les données : Données du SMT disponibles par l'intermédiaire de la NOAA; MPO 2017b; Les données peuvent être demandées par le MPO formulaire de commande.</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels); 500 \$ par dériveur.</p>	

Nom de la stratégie	Projet des bouteilles flottantes
<p>Description : Une bouteille flottante est un appareil scientifique très simple, composé d'une bouteille vide en verre avec un couvercle étanche et une note à l'intérieur. La note explique comment prendre contact avec le projet de recherche. Les participants au projet jettent ces</p>	

Nom de la stratégie	Projet des bouteilles flottantes
<p>bouteilles à la mer depuis les navires océaniques et notent l'emplacement où chaque bouteille est « jetée ». Lorsqu'une bouteille est trouvée et déclarée, l'emplacement est ajouté à notre base de données aux fins d'analyse. <i>Sans cibler la ZPM SK-B, des bouteilles flottantes pourraient dériver à proximité; les données et les modèles sont utiles pour la région.</i></p> <p>Protocoles : Dériveurs.</p> <p>Mise en œuvre : Début en 2000.</p> <p>Chercheurs principaux : MPO (Eddy Carmack, retraité).</p> <p>Données produites : Les données de localisation (positions de déploiement et de récupération) servent à calculer le temps de déplacement maximal et la distance de déplacement minimale (contribuent à la modélisation des courants).</p> <p>Lien vers les données : MPO 2018b.</p> <p>Coût : 0 \$ (pas de coûts supplémentaires avec les programmes actuels).</p>	

5.3. MÉTHODES DE SURVEILLANCE

Le sujet de la conception de programmes de surveillance est examiné en profondeur dans Neves *et al.* (en préparation³) et ses références (p. ex. Noble-James *et al.* 2017 et Loh *et al.* 2019). Leur cadre de surveillance est axé sur les habitats de coraux et d'éponges d'eau froide, mais les renseignements fournis s'appliquent de façon générale à tous les éléments du cadre de surveillance de la ZPM SK-B.

Comme décrit dans Neves *et al.* (en préparation³), la présente section vise à fournir des considérations et des pratiques exemplaires pour la conception des programmes de surveillance. Une fois que les objectifs de surveillance ont été clairement définis, que les indicateurs ont été choisis de la façon décrite dans la section précédente (section sur les composantes écosystémiques des indicateurs de surveillance écologique), que les outils appropriés ont été sélectionnés (section sur les outils) et que les stratégies de surveillance ont été déterminées pour atteindre les objectifs de surveillance (section sur les stratégies), il faut élaborer un plan de surveillance (c.-à-d. les prochaines étapes d'un plan de gestion). La conception de la surveillance sera directement liée à la disponibilité des ressources, comme le financement et l'accès aux outils et aux navires. La conception de la surveillance doit être solide sur le plan statistique et propre à la région afin de permettre de tirer des conclusions sur les causes et le sens du changement observé et de guider efficacement la gestion des aires de conservation.

Neves et ses collaborateurs (en préparation³) indiquent quelques-unes des principales questions à se poser pour avoir une conception complète et solide de la surveillance :

- Quelles sont les données de référence disponibles et comment pouvons-nous les utiliser?
- Quand et à quelle fréquence devons-nous prélever les échantillons?
- Combien d'échantillons devons-nous prélever?
- Où devons-nous prélever les échantillons?

Ces questions ont été abordées dans les sections suivantes de Neves *et al.* (en préparation³) : Données de référence (section 5.3.1), Considérations statistiques avec les sous-sections Taille et répétition (5.3.2.1), Taille, puissance et importance de l'échantillon (5.3.2.2), Questions

statistiques concernant l'indépendance des données (5.3.2.3) et Plan d'échantillonnage avec les sous-sections Considérations temporelles et fréquence (5.3.3.1), Types de plan d'échantillonnage (5.3.3.2) et Plan de type BACI et sites de référence (5.3.3.3).

Pour ne pas répéter leurs efforts récents, nous présentons dans les sections suivantes un résumé de l'examen effectué dans Neves *et al.* (en préparation³) et des renseignements supplémentaires, s'il y a lieu (p. ex. des notes propres à une région ou des points sur la surveillance des conditions pélagiques et des conditions à la surface de l'eau).

5.3.1. Données de référence

- Alors que les anciens volcans eux-mêmes sont des environnements physiques relativement stables, l'environnement océanographique – qui détermine quelle vie aquatique prospère sur les monts sous-marins et comment – change à des échelles de temps variées, allant de quotidienne à décennale et plus longue.
- Il existe des lacunes dans les données de référence et les données pour la ZPM SK-B (résumées dans Du Preez et Norgard 2022). Cependant, c'est sur le mont sous-marin SK-B que l'on possède le plus grand nombre de types de données parmi les 62 monts sous-marins de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique. Les monts sous-marins Davidson et Hodgkins sont ex-aequo en deuxième place, avec le mont sous-marin Dellwood Sud au quatrième rang.
- Il convient de soigneusement évaluer l'adéquation des données de référence existantes avant de les utiliser dans le programme de surveillance (p. ex. la comparabilité des données est un aspect clé pour les données temporelles)³. Lorsqu'on utilise des données existantes comme point de départ d'une série chronologique de surveillance, il faut, autant que possible, harmoniser les pratiques de surveillance actuelles avec les données existantes (p. ex. en ce qui concerne le moment du relevé, les méthodes opérationnelles, l'équipement, les techniques de traitement et d'analyse)³. Les données sur les pêches sur les monts sous-marins sont un exemple où cela n'est pas possible (c.-à-d. que la pêche à la palangre entrant en contact avec le fond est interdite dans la ZPM). Toutefois, ces séries chronologiques et ces ensembles de données spatiales contiennent de l'information sur les espèces ciblées et les prises accessoires de poissons et d'invertébrés, y compris la morue charbonnière, les sébastes, les crabes, les coraux d'eau froide et les éponges (p. ex. base de données PacHarv du MPO et Buchanan *et al.* 2018). Bien qu'il soit difficile (mais pas impossible) d'établir des comparaisons directes avec les techniques de relevé non destructives, le lien entre les données historiques sur les pêches sur les monts sous-marins, les données sur les pêches côtières actuelles et les tendances futures peut être instructif (surtout dans le cas de la morue charbonnière; voir l'encadré 3 précédent). Des recherches futures sont recommandées pour examiner la comparabilité de ces techniques de relevé.
- Les données bathymétriques et le type de fond sont des facteurs clés pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un bon plan d'échantillonnage³. Les flancs supérieurs et les sommets des monts sous-marins de la ZPM SK-B ont été récemment cartographiés par bathymétrie multifaisceaux à haute résolution et rétrodiffusion (Pac2018-103; Gartner *et al.* 2022). Toutefois, le fond marin en dessous d'environ 2 000 m n'a pas été cartographié et cet exercice devrait être prioritaire à l'avenir. Ces données sont utilisées pour cartographier le fond marin, un contexte spatial essentiel pour toutes les autres données géospaciales, et constituent le fondement d'un projet en cours de modélisation de la répartition des espèces (Programme d'écologie des grands fonds du MPO).
- Les points de référence ou les seuils n'ont pas été abordés dans Neves *et al.* (en préparation³), probablement pour les mêmes raisons que celles pour lesquelles ces sujets

n'ont pas été inclus dans la section précédente sur les composantes écosystémiques des indicateurs de surveillance écologique et les paramètres. Les points de référence associés aux indicateurs (p. ex. « l'état naturel ») ou les seuils sont inconnus pour le moment et devraient être déterminés dans des évaluations futures à mesure que des mesures de référence seront recueillies ou deviendront disponibles. Les praticiens de la surveillance devraient essayer de tenir compte de l'incertitude du climat changeant en examinant et en mettant à jour les objectifs de gestion, les niveaux de référence et les tolérances au risque, afin qu'ils demeurent conformes aux conséquences potentielles de l'activité humaine dans les nouvelles réalités biologiques, écologiques et socio-économiques (Roux *et al.* 2022).

- Un état détecté ou une tendance détectée pourrait être le résultat de divers agents de stress, tant positifs que négatifs. Par exemple, bien qu'un état écologique global puisse être « touché » ou que la tendance puisse être « négative », une mesure de gestion existante peut consister à éliminer ou à réduire les agents de stress et à créer des pressions positives. Un scénario prévu envisage que les impacts des changements climatiques (impossibles à gérer à l'échelle de la ZPM) vont entraîner des tendances négatives en général, tandis que les mesures d'atténuation d'agents de stress gérables (p. ex. la pêche) seront des pressions positives essentielles.
- Les chercheurs s'emploient activement à mieux comprendre le niveau de dépendance et de connectivité qui existe entre les espèces, les populations et les communautés de la ZPM SK-B localisée et la côte adjacente au moyen des tourbillons Haïda (Tetjana Ross, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.). Pour de plus amples renseignements, voir l'encadré 4.
- Lorsque des relevés extractifs sont effectués dans la ZPM, il faut veiller à fournir le contexte des liens trophiques sur les monts sous-marins (p. ex. analyse des isotopes; voir la section sur la surveillance des fonctions de l'écosystème et de la structure trophique plus loin).
- S'assurer que les données de référence alimentent la gestion adaptative de la ZPM. Les plans de surveillance doivent être revus à mesure que les données sont recueillies.

Encadré 4. Comprendre l'importance des tourbillons Haïda

Les tourbillons Haïda sont des tourbillons à grande échelle qui poussent l'eau (présentant des profils de température, de salinité et chimiques typiques des eaux côtières) et les matières (p. ex. éléments nutritifs, larves, productivité) vers le large (Ban *et al.* 2016) depuis Haida Gwaii. Les tourbillons Haïda traversent souvent la ZPM et sont parfois piégés au-dessus du mont sous-marin SK-B pendant plusieurs mois (Tetjana Ross, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.; John Dower, Université de Victoria, Victoria, C.-B., comm. pers.). On ne connaît pas l'importance de la contribution des tourbillons Haïda aux propriétés de l'eau et à l'écosystème dans la ZPM SK-B (c.-à-d. qu'il pourrait simplement s'agir d'événements transitoires sans impact à long terme). Si ces tourbillons contribuent de façon importante à la structure de l'écosystème dans la ZPM, une conséquence de cette connectivité pourrait être que les populations de la ZPM sontensemencées par les populations côtières (c.-à-d. que les populations sources se trouvent à l'extérieur de la ZPM plutôt que des populations autonomes/autosuffisantes à l'intérieur de la ZPM). Une autre conséquence peut être que la productivité de la ZPM SK-B dépend des conditions côtières (p. ex. la productivité allochtone est poussée et piégée dans la ZPM). Dans les deux cas, la formation et la dynamique continues des tourbillons Haïda sont essentielles au maintien de l'état naturel de la ZPM SK-B. De plus, il est important de noter que les mesures de conservation limitées à l'étendue spatiale de la ZPM pourraient ne pas être efficaces pour protéger et conserver les populations reproductrices ou la productivité.

5.3.2. Considérations d'ordre statistique

5.3.2.1. Taille et répétition

- La taille et le type de l'unité d'échantillonnage doivent être adaptés à la taille et à la répartition prévue du regroupement des espèces indicatrices ou des composantes écosystémiques biologiques³.
- Dans les unités d'échantillonnage, la répétition doit être effectuée là où les ressources le permettent afin de réduire les effets du « bruit » ou de la variation aléatoire dans l'environnement et de fournir une estimation plus exacte et plus précise³.
- Il faut utiliser les sites de référence et évaluer soigneusement leur emplacement³. Dans la ZPM SK-B, 17 sites de surveillance à long terme ont été établis en 2018 (tableau 3 dans Gartner *et al.* 2022) et six ont été revus en 2022. Avec l'élaboration d'un plan de surveillance et dans le contexte de la modélisation de la répartition des espèces⁸, il convient d'examiner et d'élargir l'emplacement et le nombre de ces sites de surveillance.

5.3.2.2. Taille, puissance et importance de l'échantillon

- La taille optimale de l'échantillon est directement liée à l'environnement et aux indicateurs qui sont surveillés, ainsi qu'au type d'analyse statistique qui sera nécessaire. Le Joint Nature Conservation Committee (JNCC) a élaboré un cadre souple qui peut aider à définir les ratios, les niveaux de puissance et d'importance appropriés pour la surveillance benthique (Noble-James *et al.* 2017; comme indiqué dans Neves *et al.* en préparation³).
- Lorsque des données sont disponibles, il faut réaliser une analyse de puissance *a priori* pour déterminer la taille minimale de l'échantillon (N) nécessaire pour détecter un changement d'une ampleur donnée à un niveau donné d'importance pour chaque

⁸ Du Preez, C. *et al.* En préparation. Species distribution modelling of seamounts in Pacific Canada.

indicateur. Une analyse de puissance *post hoc* doit être effectuée rétrospectivement pour déterminer si l'échantillon était suffisamment grand ou si des changements détectables seraient possibles pour un indicateur donné³.

- Il faut mesurer les paramètres environnementaux susceptibles d'influencer fortement la variation ou d'ajouter du bruit aux données afin de pouvoir les inclure comme variables dans les analyses statistiques³.

5.3.3. Questions statistiques relatives à l'indépendance des données

- Le choix des lieux d'échantillonnage doit également tenir compte de l'indépendance des points de données. L'autocorrélation des variables de réponse dans l'espace ou le temps est courante dans le milieu marin, contrairement à l'hypothèse statistique de l'indépendance³.

5.3.4. Plan d'échantillonnage

5.3.4.1. Considérations temporelles et fréquence

- La fréquence de l'échantillonnage dépendra du taxon choisi pour représenter chaque objectif de conservation (p. ex. cycle biologique, comme la durée de génération et la durée de vie, Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10), de la variation temporelle de l'écosystème (p. ex. saisonnalité), du risque pour la pression humaine (changements prévus); elle dépendra fortement aussi des ressources disponibles (y compris le travail sur le terrain, le traitement et les analyses)³. Dans le contexte des objectifs de conservation pour la ZPM SK-B, nous avons des taxons indicateurs avec un cycle biologique court (p. ex. plancton) à extrêmement long (p. ex. sébastes, coraux, éponges). La fréquence de l'échantillonnage ne doit pas nécessairement être la même pour toutes les espèces indicatrices.
- Les paramètres des indicateurs de surveillance, comme l'abondance, doivent être considérés à la lumière du cycle biologique des taxons d'intérêt. Dans un contexte de surveillance, de quelques années à des décennies peuvent être nécessaires pour détecter des changements dans la réponse biologique (décalage)³.
- Pour atteindre efficacement les objectifs de surveillance sentinelle et d'étude, il faut s'engager à long terme à collecter les données de manière continue, régulière et uniforme, et revoir la fréquence à mesure que la surveillance progresse et que les données sur diverses tendances sont recueillies et analysées³.
- Il faudra également tenir compte de la spécificité positionnelle des sites et envisager d'autres méthodes si la navigation pose un défi (p. ex. quadrilatère par rapport à des sites ponctuels)³.

5.3.4.2. Types de plan d'échantillonnage

- Un plan d'échantillonnage probabiliste permet de s'assurer que les données sont randomisées; ces plans statistiquement solides sont les mieux utilisés dans les zones bien connues et homogènes sur le plan environnemental ou dans les zones bien stratifiées³.
- Les sites fixes (plans non probabilistes, échantillonnage au jugé) sont utiles dans les zones bien comprises et où les ressources sont limitées, pour les zones représentatives ou pour les espèces et les habitats rares. Il faut appliquer des techniques statistiques appropriées et examiner les conclusions dans les limites du biais créé par ce plan d'échantillonnage³.
- Pour ce qui est de la surveillance d'étude, qui vise à évaluer l'efficacité des mesures, le plan avant-après-témoin-impact (BACI) est théoriquement l'une des méthodes les plus

appropriées³; cependant, (i) le programme de surveillance pour la ZPM SK-B débutera des années, voire des décennies après la mise en place des mesures de gestion; (ii) compte tenu de l'écosystème unique de la ZPM, il n'existe pas de site de référence idéal pour l'écosystème de la ZPM SK-B; et (iii) l'utilisation du plan de type BACI dans les grands fonds est presque certainement impossible en raison de ses coûts et du temps requis (plus de détails sur le plan de type BACI ci-après).

- Les données de référence recueillies avant l'entrée en vigueur des mesures de gestion de la ZPM SK-B peuvent être extrêmement utiles et il convient de les exploiter dans la mesure du possible, même s'il est peu probable qu'elles aient été recueillies à des fins de surveillance temporelle (répétée). Si les praticiens peuvent continuer à recueillir les mêmes données ou des données comparables, ils peuvent créer un plan continu de type avant-après (BA) afin de fournir des renseignements précis pour un objectif ou une question de conservation. En l'absence d'un site de référence et en utilisant des données historiques opportunistes, un plan de type BA est également beaucoup plus faisable qu'un plan de type BACI (Christie *et al.* 2019), notamment dans les grands fonds.
- Un plan de type après est généralement statistiquement plus faible qu'un plan de type BACI ou BA (Christie *et al.* 2019), mais il s'agit probablement de l'option la plus courante puisque, comme nous l'avons mentionné précédemment, le programme de surveillance de la ZPM SK-B sera lancé des années ou des décennies après la mise en œuvre des mesures de gestion (c'est souvent le cas).
- Pour renforcer la fiabilité, une combinaison de plans d'échantillonnage, par exemple de boîtes imbriquées, peut être un moyen idéal d'assurer la robustesse des données tout en mettant l'accent sur les zones connues de répartition des coraux et des éponges³. Les trois monts sous-marins évolueront sans doute différemment en réaction aux mêmes agents de stress (p. ex. trois différentes catégories de monts sous-marins pertinentes sur le plan écologique; Du Preez et Norgard 2022). Limiter la représentation des sites de surveillance sur chaque mont sous-marin et dans les plages de profondeur et d'aspect définies est un exemple de plan de boîtes imbriquées (p. ex. encadré 5), même s'il s'agit d'un plan de type après puisque les sites de surveillance sont établis après l'impact (c.-à-d. la protection).

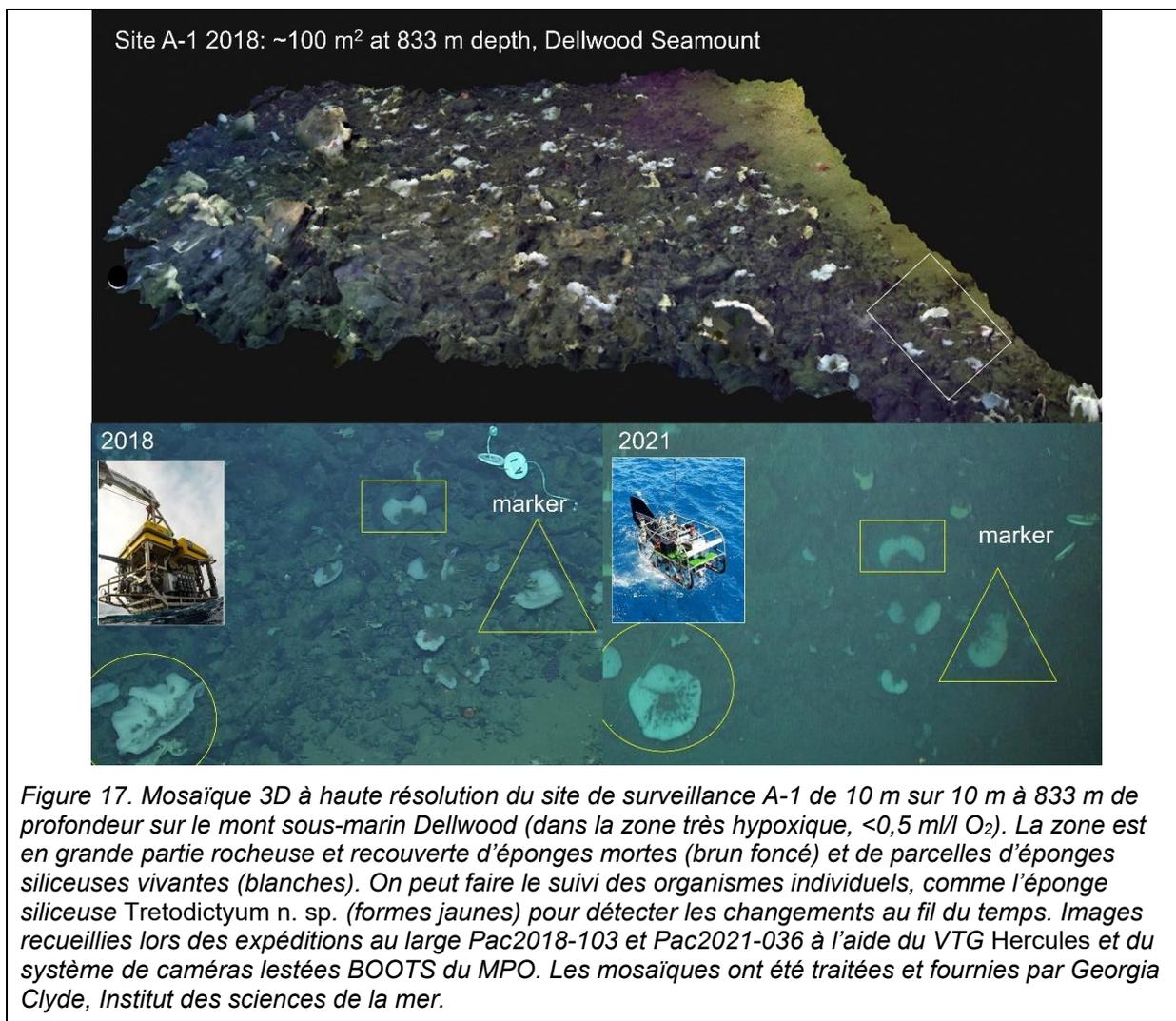
Encadré 5. Étude pilote des sites de surveillance dans la ZPM SK-B (exemple de plan de type « après »)

Les plans d'échantillonnage et de relevé de surveillance devraient tenir compte de la répartition spatiale des agents de stress et des changements prévus, le cas échéant (présentation dans Du Preez et Norgard 2022). On pourrait utiliser l'empreinte de la pêche entrant en contact avec le fond ou les zones de gestion spatiale de la ZPM SK-B (c.-à-d. les zones 1, 2 et 3) pour déterminer les sites où surveiller le rétablissement ou les dommages continus causés par les engins de pêche perdus. Les changements prévus en fonction de la profondeur, combinés à des cartes de bathymétrie à haute résolution, pourraient servir à déterminer les sites spatiaux pour surveiller les effets des changements climatiques (p. ex. les profondeurs actuelles de la zone du minimum d'oxygène supérieure et inférieure, 480 et 1 700 m, et les horizons de saturation en calcite et en aragonite, environ 340 et 185 m). Les futurs relevés pourraient également tenter de répéter des transects pour contrôler la variabilité spatiale et recueillir des données pour les séries chronologiques; cependant, il peut être difficile, voire impossible, de répéter les relevés dans les grands fonds à partir des données de position et des repères visuels seulement.

En 2018, des scientifiques du MPO et du CNH ont établi 17 sites de relevés benthiques (10 m sur 10 m) dans la ZPM SK-B au cours d'une expédition au large à bord du *N/E Nautilus*

à l'aide du VTG Hercules (Gartner *et al.* 2022) (semblable à l'exemple de la figure 17). L'objectif était de lancer une étude pilote pour recueillir des données pour les séries chronologiques. Chaque site contient un marqueur physique avec un numéro d'identification unique (Gartner *et al.* 2022), déployé spécialement pour faciliter la relocalisation et les relevés répétés. Les sites ont été sélectionnés à des emplacements et à des profondeurs revêtant l'importance anticipée (p. ex. à l'intérieur et à l'extérieur de l'empreinte de la pêche; aux limites supérieure et inférieure de la zone du minimum d'oxygène; dans les zones de coraux et d'éponges; à l'intérieur ou en dessous de la zone photique) et sur différents côtés (aspects). Douze sites ont été établis sur le mont sous-marin SK-B (entre 1 807 et 63 m de profondeur), quatre sur le mont sous-marin Hodgkins (945 et 597 m) et un sur le mont sous-marin Davidson/Pierce (1 165 m) (Du Preez *et al.* 2020). Les sites ont fait l'objet de relevés approfondis pendant environ une à deux heures afin de recueillir des images à haute résolution (vidéos et photos) du fond marin et de la communauté benthique (Gartner *et al.* 2022). Le traitement des images en modèles 3D à haute résolution du fond marin et des mosaïques d'images de la communauté est en cours (Georgia Clyde, MPO, Sidney, C.-B., comm. pers.; p. ex. figure 17). Des analyses de la composition et de l'état de la communauté sont aussi en cours. En plus de l'imagerie, les données recueillies pendant les relevés du site proviennent du système de navigation embarqué sur le VTG (latitude, longitude, profondeur, cap), du capteur CTP, du capteur d'oxygène, des échantillonneurs d'eau (p. ex. pour l'ADNe), etc. (Gartner *et al.* 2022).

Pendant l'expédition de 2018, des sites de surveillance semblables ont également été établis sur le mont sous-marin Dellwood et d'autres à l'intérieur du site d'intérêt ThT (au sud de la ZPM SK-B) (Gartner *et al.* 2022). En 2021, les scientifiques à bord du NGCC *John P. Tully* ont utilisé le système de caméras remorquées BOOTS du MPO pour répéter le relevé de cinq de ces sites de surveillance du mont sous-marin Dellwood, fournissant les premières données pour les séries chronologiques en vue de la surveillance des habitats benthiques sur les monts sous-marins canadiens (figure 17) (analyses en cours⁶). Nous prévoyons un succès semblable pour relocaliser et recommencer les relevés des sites de la ZPM SK-B lors des futures expéditions de submersibles dans la région. Des analyses de la composition et de la variabilité de la communauté (p. ex. abondance/densité, état) sont en cours (Lindsay Clark, Université de Victoria, Victoria, C.-B., comm. pers.) et devraient produire des données sur l'abondance, la répartition, la biomasse, l'état, le rapport entre les individus vivants et morts, la composition de la communauté, les indices de la diversité et l'occurrence (le cas échéant) d'événements catastrophiques (mortalité massive).



5.3.4.3. Le défi du plan avant-après-témoin-impact (BACI) et des sites de référence

- L'utilisation de sites de référence externes est requise pour les plans de type BACI ou des plans d'échantillonnage semblables. En général, l'emplacement des sites de référence de type BACI doit i) être relativement proche de l'aire de conservation, mais pas directement adjacent à celle-ci, afin d'éviter les effets biologiques de « débordement » ou de bord; ii) idéalement avoir des conditions environnementales comparables à celles de l'aire de conservation et avoir le même type de substrats; et iii) tenir compte de la distribution des pressions dans les sites de référence et les « sites d'impact » et entre eux afin qu'ils aient des niveaux historiques semblables³.
- Les sites de référence potentiels pour les monts sous-marins de la ZPM SK-B comprennent le plateau continental adjacent et les talus au large de Haida Gwaii et de la partie continentale de la Colombie-Britannique, ainsi que les monts sous-marins de la région qui ne sont pas visés par les mêmes mesures de gestion (p. ex. monts sous-marins Cobb, Warick, Brown Bear nord, Eickelberg et Eickelberg sud; Du Preez, Norgard 2022). Toutefois, l'écosystème de la ZPM SK-B est unique et la prudence est de mise pour tirer des inférences à partir de ces autres écosystèmes. Par exemple, les monts sous-marins SK-B et Cobb présentent beaucoup de caractéristiques semblables, mais abritent

différentes communautés de sébastes (Du Preez *et al.* 2015; Gauthier *et al.* 2018c). SK-B manque essentiellement de sites de référence comparables.

- L'écosystème unique de la ZPM complique le plan d'échantillonnage, mais il peut aussi être l'occasion i) d'accroître la valeur des autres connaissances existantes pour les comparaisons de référence (p. ex. les données de référence tirées des relevés scientifiques antérieurs dans la ZPM SK-B (Gale *et al.* 2017) et connaissances traditionnelles marines de la Nation haïda (Haida Marine Traditional Knowledge Study Participants *et al.* 2011a-c); ii) d'amener à explorer de nouveaux plans; et (iii) d'extraire éventuellement des renseignements d'autres sources de données/relevés pour établir des comparaisons prudentes.
- Remarque : Il est peu probable qu'il y ait une « surveillance du milieu ambiant » (selon la définition donnée dans Dunham *et al.* 2020 : pour caractériser le système écologique plus vaste et sans être guidé par des hypothèses a priori) dans la ZPM SK-B, car presque toutes les composantes mesurables de l'écosystème relèveront de l'un des grands objectifs de conservation écologique (CNH et MPO 2019).

5.4. GESTION DES DONNÉES

De plus, la gestion des données est un élément essentiel de la réussite d'un programme de surveillance. En fin de compte, il s'agit d'un élément clé pour évaluer l'efficacité d'une aire marine protégée et étayer le processus décisionnel dans le cadre de la gestion adaptative. Il n'est toutefois pas rare que les programmes de surveillance consacrent généralement la plus grande partie de leur budget à la collecte de données, négligeant d'autres aspects critiques du programme, comme le contrôle scientifique, la formation, la gestion des données, l'assurance de la qualité et la production de rapports (Caughlan et Oakley 2001). La situation la plus probable dans ces cas est que les données sont recueillies, mais qu'elles ne sont jamais analysées ou présentées, ce qui les rend moins pertinentes pour les décisions de gestion. Il est risqué de passer à l'étape de la planification et de la mise en œuvre d'un programme de surveillance sans une évaluation minutieuse des coûts et des avantages – si l'on constate par la suite que les coûts dépassent les avantages, le programme échouera (Caughlan et Oakley 2001). L'expérience d'autres programmes montre qu'il faudrait consacrer de 25 à 30 % du budget du programme de surveillance à la gestion des données, à l'évaluation et à la production de rapports (Caughlan et Oakley 2001). Des attentes réalistes quant aux coûts et aux avantages aideront donc le programme de surveillance à long terme de la ZPM SK-B à survivre aux premiers stades turbulents du développement et aux défis que posent les budgets fluctuants pendant la mise en œuvre.

On ne connaît pas encore les exigences relatives à une gestion efficace (et, en fin de compte, à l'analyse, à la production de rapports et au partage) des données de surveillance pour la ZPM SK-B. La portée et les détails d'un plan de gestion des données pour la ZPM SK-B constitueront une étape finale importante d'un plan de surveillance une fois que les types et les volumes prévus de données auront été déterminés. Un effort incroyable est déployé pour réunir et examiner l'information provenant des divers programmes et flux de données de la surveillance complexe et multidisciplinaire requise pour atteindre les objectifs de surveillance de la conservation de cette ZPM. Les étapes de la collecte et de l'analyse des données doivent être bien documentées et archivées pour faciliter la répétabilité et la reproductibilité dans le temps. Une approche documentée de la gestion des données, résumée dans un plan de gestion des données, établit les procédures de gestion tout au long du cycle de vie des données. Il est crucial de posséder une compréhension approfondie des besoins de base et des flux de travail avant l'acquisition des données pour que la cogestion (CNH et MPO) puisse fournir une dotation, un financement et des infrastructures adéquats pour exécuter le programme de

surveillance et atteindre les objectifs de gestion des données (qualité, exhaustivité, disponibilité et convivialité à long terme) (Sutter *et al.* 2015). Le processus de planification des données doit être transparent, objectif et documenté. Aux fins de ce cadre, nous n'allons pas aborder un plan de gestion des données, mais nous formulons certaines recommandations initiales sur les pratiques exemplaires pour l'élaboration d'un plan de surveillance à long terme, y compris la gestion des données à différentes étapes du cycle de vie des données (figure 18).

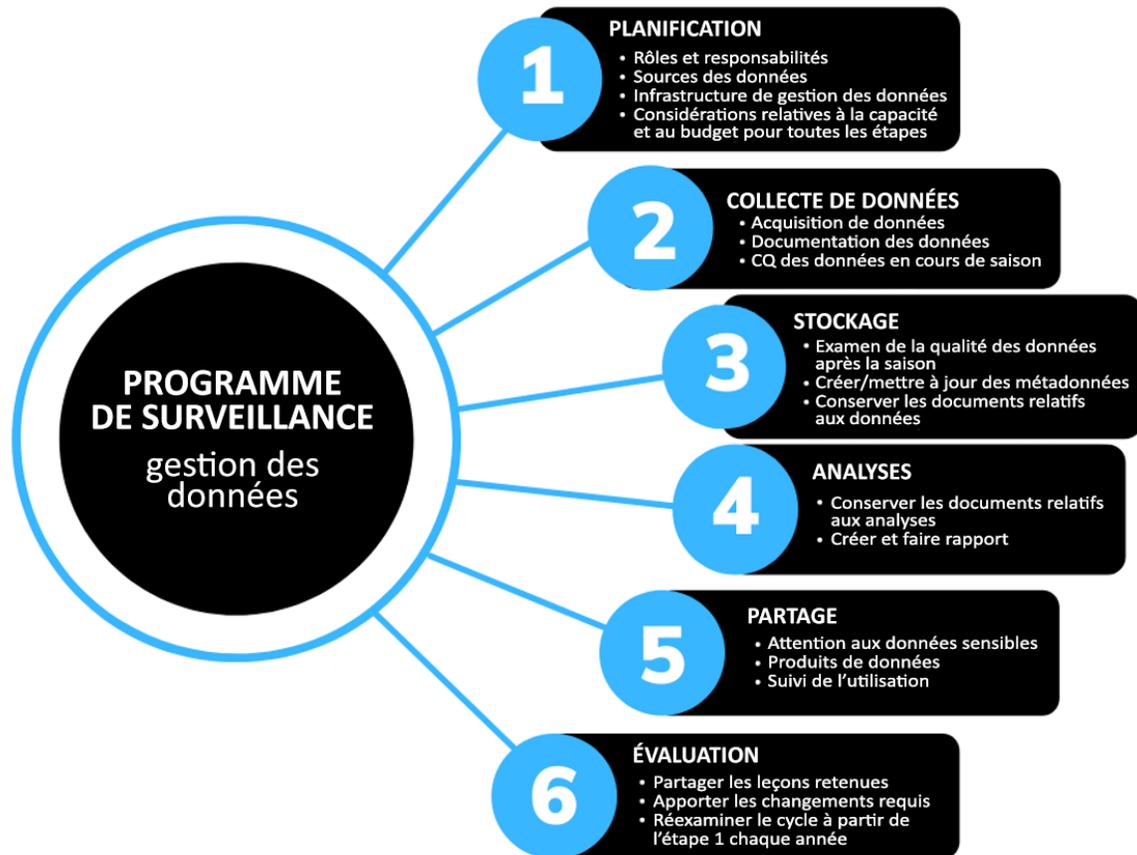


Figure 18. Étapes générales d'un programme de surveillance écologique, comportant la gestion des données et les composantes correspondantes. Adapté de Sutter *et al.* 2015.

Les décisions concernant la planification, la collecte de données et le stockage pour l'élaboration du plan de gestion des données doivent inclure la participation directe des personnes qui recueillent les données dans le cadre de grands projets spatiaux (p. ex. voir la section sur les stratégies), car il est important non seulement de valoriser la contribution de la collecte des données et de stimuler le partage des données, mais surtout d'améliorer la qualité et la robustesse des analyses effectuées et de leur interprétation. La surveillance de la ZPM SK-B comprendra l'acquisition, l'interprétation et la gestion de données provenant de composantes de recherche biologique, océanographique et atmosphérique. Les données peuvent être recueillies auprès de différents organismes (p. ex. MPO, NOAA, ONC), voire même de différents programmes de chaque organisme (p. ex. Programme d'écologie des grands fonds du MPO, Programme sur le plancton du MPO). Même au MPO, différents programmes stockent, gèrent et partagent leurs données au moyen de divers portails (voir les liens vers les données dans la section sur les stratégies). Par exemple, pour favoriser le partage de données et d'information, en 2018, le Programme d'écologie des grands fonds du MPO a lancé un projet dans iNaturalist (un inventaire photographique des espèces de monts

sous-marins, y compris celles qui se trouvent dans la ZPM SK-B; Marine Life of the Northeast Pacific (Du Preez et Best 2022)). De plus, pour synthétiser les données pour ce cadre, nous avons dû compiler des renseignements provenant d'une grande variété de ressources et demander des recommandations à de nombreux experts en la matière (voir les annexes A et B).

Le plan de gestion des données doit adopter des normes telles que les principes FAIR (faciles à trouver, accessibles, interopérables, réutilisables; Wilkinson *et al.* 2016) et CARE (avantage collectif, autorité en matière de contrôle, responsabilité et éthique; Carroll *et al.* 2020). Les ressources de données centralisées et accessibles au public sont un nouveau locataire de la science et constituent un principe directeur au sein du gouvernement canadien. Pour rendre les dossiers et les données du gouvernement plus accessibles à tous, les données et les rapports peuvent être consultés sur la [plateforme du gouvernement ouvert](#). Au MPO, l'élaboration et l'utilisation de plateformes émergentes comme le Système intégré d'observation des océans du Canada (SIOOC) contribuent aux objectifs de données centralisées et accessibles au public. Le SIOOC est une plateforme qui permet d'intégrer les grands volumes de données sur l'observation des océans par le gouvernement (fédéral et international), le milieu universitaire, les petites entreprises, les organismes sans but lucratif, les Nations autochtones et les partenaires de recherche (Stewart *et al.* 2019) et serait informatif pour la ZPM SK-B. Il est impératif d'établir un dépôt de données centralisé, de fournir des données aux bases de données et aux portails de données publics et d'obtenir des données auprès de telles sources pour assurer la réussite de la gestion adaptative de la ZPM par le Conseil de gestion de la ZPM SK-B (CNH et MPO).

Une base de données centralisée de la ZPM SK-B pour les données obtenues ou fournies par l'équipe de cogestion (CNH et MPO) et les partenaires pourrait stocker des copies des ensembles de données originaux, harmonisées (sur le plan du format, de la structure, du contenu de l'information et de la terminologie) et dont la qualité a été vérifiée, intégrées dans une plateforme unique et centralisée où les partenaires scientifiques du CNH et du MPO peuvent analyser conjointement la combinaison de toutes les données disponibles. Le Marine Plan Portal du Partenariat de planification marine pour la côte nord du Pacifique (MaPP) est un exemple de plateforme de données cogérée. Le portail comporte plus de 250 couches de données pour étayer la gestion coopérative de la région par les Premières Nations et la province de la Colombie-Britannique. Des dépôts de données publics et centralisés sont un but standard pour la gestion des ressources et les programmes de surveillance comme moyen d'assurer la gestion à long terme des données de sorte que l'accessibilité des données et la conception des bases de données facilitent le partage, l'évaluation et la communication des données de surveillance utiles à la gestion de la ZPM.

Compte tenu des leçons tirées du processus du California MPA Network (Resources Legacy Fund 2020), un outil qui fournirait régulièrement des synthèses des analyses et des résumés serait une option qui pourrait être considérablement moins coûteuse, plus faisable et plus utile. Cette approche pourrait également mieux répondre aux besoins en matière de confidentialité des données, comme l'utilisation des données historiques sur les pêches et les Premières Nations sur la côte de la Colombie-Britannique. À ce sujet, des systèmes simples de visualisation des données où certains indicateurs sont préprogrammés et affichés graphiquement, comme Seasketch, pourraient combler la grande majorité des besoins du Conseil de gestion de la ZPM SK-B, des décideurs et du public en matière de sensibilisation. Une approche complémentaire consisterait à élaborer un outil de communication simple pour présenter les réussites et les échecs de l'atteinte des objectifs de conservation, déterminés par la surveillance, à l'aide d'un outil de production de rapports comme une « fiche de rendement ». Le style de communication de type « fiche de rendement » pourrait utiliser un système de

couleurs normalisé (p. ex. vert, jaune, rouge) pour faciliter la production de rapports d'étape et pourrait être adapté pour les programmes de surveillance dans tout le Canada. On a déjà utilisé des fiches de rendement comme outils de communication sur la surveillance ou la gestion pour les récifs d'éponges siliceuses (Dunham *et al.* 2018), l'évaluation de la gestion écosystémique des pêches (Juan-Jorda *et al.* 2017), l'état de la prolifération du phytoplancton (Boyer *et al.* 2009), les évaluations des stocks de poissons (p. ex. NOAA Fisheries 2022) et les rapports sur les zones (p. ex. Moon *et al.* 2021) de la NOAA et les résultats ministériels de Parcs Canada (p. ex. Agence Parcs Canada 2022).

Le partage et l'évaluation sont des composantes importantes du cycle de gestion des données et il faudrait intégrer des considérations sur le partage au moyen de publications (p. ex. Du Preez *et al.* 2020; Ross *et al.* 2020; Gartner *et al.* 2022), des présentations à des réunions scientifiques et à des événements communautaires, et même dans les médias sociaux (p. ex. voir la section Media and Outreach dans Gartner *et al.* 2022). L'État de l'océan Pacifique, organisé par le MPO, est une réunion scientifique annuelle qui fournit des mises à jour des données des séries chronologiques pertinentes pour la ZPM SK-B (bon nombre d'entre elles sont énumérées dans la section précédente sur les stratégies) et devrait être considéré comme un important mécanisme de déclaration pour la ZPM (p. ex. voir Boldt *et al.* 2020b).

La section qui suit traite de la surveillance dans la ZPM SK-B pour d'autres objectifs de conservation pertinents pour la surveillance écologique. Un plan de gestion des données devrait tenter de centraliser tous les types de données sous tous les objectifs de conservation et inclure des voies pour que les données pertinentes parviennent aux praticiens de la surveillance concernés. Le partage de données, la production de rapports et la communication en temps opportun entre les différents praticiens de la surveillance seront essentiels pour permettre des options d'adaptation et une interprétation exacte des changements détectés. Par exemple, il serait essentiel qu'un praticien qui surveille les indicateurs biologiques reçoive en temps opportun des renseignements sur les changements des variables climatiques, les problèmes de conformité qui entraînent des effets négatifs importants (p. ex. ancrage ou pêche entrant en contact avec le fond), les déversements d'hydrocarbures, la cargaison perdue des conteneurs, l'exploitation minière des fonds marins adjacents, et ainsi de suite.

6. SURVEILLANCE POUR D'AUTRES OBJECTIFS DE CONSERVATION PERTINENTS POUR LA SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE

Le plan de gestion de la ZPM SK-B comprend d'autres types de surveillance qui sortent de la portée des objectifs de conservation écologique tels qu'ils sont énoncés dans le but 1 (tableau 1). Par exemple, les buts 2, 3 et 4 portent sur la surveillance de l'activité humaine et la surveillance coopérative (CNH et MPO 2019), dont les aspects sont inextricablement liés aux objectifs de conservation écologique susmentionnés. La surveillance de ces autres objectifs de conservation peut servir à alimenter directement les données écologiques, à appuyer les évaluations de programme et à évaluer la gestion de la ZPM. Les équipes scientifiques et le Conseil de gestion de la ZPM SK-B doivent pouvoir accéder facilement aux données (voir la discussion sur le partage et la gestion des données dans la section sur la gestion des données). La section suivante décrit le lien entre la surveillance pour le but 1 et la surveillance proposée de la pêche (2.1, 3.2.b), du trafic maritime (2.2, 3.2.c), des activités scientifiques (2.3, 3.2.b), du tourisme maritime (2.4), des activités d'extraction de ressources non renouvelables à l'extérieur de la ZPM (2.5), des espèces de passage (3.2.d) et les collaborations proposées dans le cadre d'initiatives plus vastes comme la recherche sur les changements climatiques (4.1.b).

6.1. SURVEILLANCE DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES

La surveillance des activités anthropiques et de leurs répercussions est un type de surveillance essentiel, mais sous-évalué (Dunham *et al.* 2020). Elle est fondamentale pour interpréter les résultats de la surveillance du rendement écologique et pour évaluer l'efficacité de la gestion des ZPM (Dunham *et al.* 2020). La fausse hypothèse d'une atténuation réussie des pressions humaines (p. ex. conformité, activités sans restriction, activités émergentes) pourrait mener à une attribution erronée des causes des changements écologiques, compromettant l'évaluation de l'efficacité de la gestion et la gestion adaptative (Dunham *et al.* 2020).

6.1.1. Pêche

Tous les engins de pêche sont conçus pour retirer du matériel biologique de l'écosystème. La pêche entrant en contact avec le fond est la plus pertinente pour les objectifs de conservation écologique de la ZPM SK-B, mais même les types d'engins qui ne sont pas destinés à entrer en contact avec le fond marin, comme les filets maillants et les chaluts pélagiques, peuvent le faire et le font souvent (p. ex. Tingley 2014; Salgado *et al.* 2018; Du Preez *et al.* 2020).

Les données de référence et de surveillance des activités de pêche fournissent un contexte essentiel et peuvent être utilisées comme indicateur indirect de l'état des composantes écosystémiques. Par exemple, en ce qui concerne les habitats benthiques sensibles de coraux d'eau froide et d'éponges (figure 19), l'activité de pêche entrant en contact avec le fond indique la superficie maximale potentielle d'écrasement et l'augmentation induite maximale des sédiments en suspension – qui est liée à l'abondance et à la santé – ainsi que les prises et les prises accessoires, qui ont trait à l'élimination en termes d'abondance, de biomasse, de diversité génétique, de richesse en et de diversité des espèces (Thornborough *et al.* 2016) (tableau 2 : agent de stress de la composante écosystémique importante).

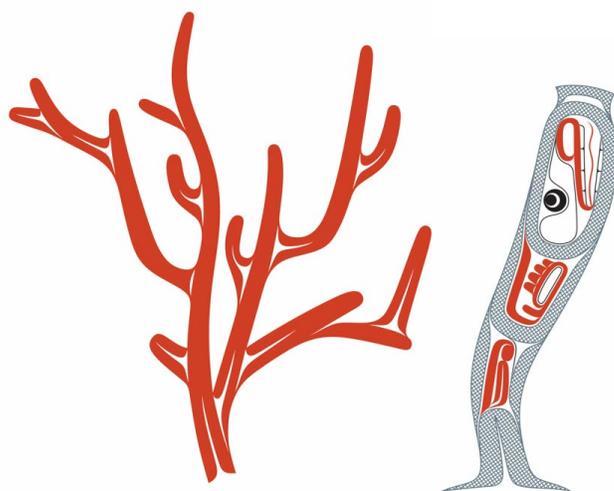


Figure 19. Le corail orangé du Pacifique (*Primnoa pacifica*) et **gii hlk'uuwaansdlagangs** les éponges siliceuses (classe des hexactinellides) sont abondants dans la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B). Ce sont des espèces fondamentales, des composantes écosystémiques importantes (CEI), des habitats benthiques sensibles (HBS) et extrêmement vulnérables aux engins de pêche entrant en contact avec le fond. L'art haïda, tiré du plan de gestion de la ZPM SK-B, a été partagé par Iljuuwaas Tyson Brown (CNH et MPO 2019).

Le MPO dispose de données de référence sur les pêches gérées, les relevés des poissons de fond et les observations des engins de pêche perdus (données existantes détaillées dans Du

Preez et Norgard 2022). Les programmes de surveillance pour la non-conformité comprennent les données de télédétection et la surveillance aérienne, décrites en détail dans Iacarella *et al.* (2020) et Burke *et al.* (2022) pour les aires marines de conservation du Canada. Morgan et Baco (2021) ont utilisé les données du Système d'identification automatique (SIA) et les algorithmes de la base de données de surveillance de la pêche mondiale, accessible au public, pour surveiller les activités de pêche, l'empreinte de la pêche et la conformité aux fermetures sur les monts sous-marins dans le Pacifique Nord-Ouest.

6.1.2. Trafic maritime

La ZPM SK-B est éloignée de la terre ferme, mais elle est située à proximité d'une route maritime achalandée à partir des ports d'Anchorage et de Valdez, en Alaska, et au sud à partir des ports de Vancouver et de Seattle. Comme nous l'avons déjà mentionné, le suivi des navires pour surveiller l'efficacité de la conservation est effectué à l'aide des données de télédétection et de la surveillance aérienne (Iacarella *et al.* 2020; Burke *et al.* 2022). Quatre sources de données s'appliquent particulièrement à la surveillance du trafic maritime dans la ZPM SK-B : les survols par le Programme national de surveillance aérienne de Transports Canada, Radarsat II, les survols par le Programme de surveillance aérienne de Conservation et Protection et le SIA (Iacarella *et al.* 2020; Burke *et al.* 2022). Par le passé, il a été difficile d'accéder à ces données et de les utiliser; cependant, une équipe de scientifiques de la région du Pacifique du MPO travaille à des méthodes qui faciliteront la création de produits de données accessibles et utiles pour surveiller le trafic maritime dans les aires de conservation (Burke *et al.* 2022).

Le bruit généré par les navires (la pollution sonore marine) est maintenant un autre agent de stress communément reconnu, surtout pour les organismes marins sensibles au bruit. Dans une analyse des données du SIA et des données acoustiques sur le mont sous-marin SK-B, Allen et ses collaborateurs (2018) ont montré que les navires tant proches qu'éloignés contribuent au bruit ambiant. Un programme de surveillance continue comportant des observations in situ et un suivi des navires par le SIA sera nécessaire pour surveiller et gérer les niveaux de bruit anthropique dans la ZPM SK-B. Un modèle pourrait être élaboré pour estimer les niveaux de bruit sur le mont sous-marin SK-B en fonction des données de suivi du SIA et des signatures sonores des navires, puis validé en déployant des hydrophones étalonnés.

Les autres agents de stress liés aux navires comprennent les échouements, l'ancrage, les collisions d'animaux marins avec des navires, la pollution lumineuse, les débris (p. ex. encadré 6), les déversements d'hydrocarbures, les rejets d'eaux de ballast, l'immersion en mer et les navires en tant que vecteurs d'espèces envahissantes (traits, équipement et rejets d'eaux de ballast) (encadré 7) (Thornborough *et al.* 2016).

Encadré 6. Trafic maritime et débris

Comme l'ont résumé Frey et Devogelaere (2014), l'Organisation maritime internationale, les gouvernements et les assureurs maritimes ont estimé que jusqu'à 10 000 conteneurs d'expédition pourraient tomber des navires de charge chaque année. Cela représente 41 500 tonnes de déchets d'acier pour les conteneurs de 20 pieds sur 40 pieds et 100 000 tonnes de substances emballées, dont bon nombre peuvent être nocives. Les conteneurs perdus peuvent s'échouer à terre ou couler sur le fond marin où ils persistent pendant des périodes pouvant durer « indéfiniment ». Un exemple récent et local d'un tel événement s'est produit lorsque 109 conteneurs (certains contenant des matières dangereuses) sont tombés du NM *Zim Kingston* lors d'une tempête au large de la côte ouest de l'île de Vancouver, le 22 octobre 2021. Seuls quatre se sont échoués à terre, les

105 autres ont probablement coulé sur le fond marin peu après avoir pénétré dans l'eau. Les détails de l'accident proviennent de médias comme CBC⁹.

Encadré 7. Trafic maritime et espèces envahissantes (et changements climatiques)

Les espèces envahissantes devraient augmenter dans les AMP canadiennes du Pacifique en raison du trafic maritime et des changements climatiques (Iacarella *et al.* 2020). La prévention de l'introduction et de la propagation des espèces envahissantes est mentionnée à plusieurs reprises dans le plan de gestion de la ZPM en ce qui concerne la pêche, le trafic maritime et la recherche scientifique (CNH et MPO 2019 : 2.1.e, 2.2.c et 2.3.d), mais les espèces envahissantes ne sont pas spécialement mentionnées dans les objectifs de conservation écologique (tableau 1). Les espèces envahissantes n'ont pas été évaluées dans le Cadre d'évaluation du risque écologique (évaluation prévue pour les itérations futures; Thornborough *et al.* 2016), mais elles peuvent modifier considérablement l'état des espèces, des communautés et des habitats en recouvrant, en supplantant et en remplaçant les espèces indigènes, en modifiant l'habitat indigène et en modifiant les structures trophiques (Iacarella *et al.* 2020). Pour pouvoir détecter rapidement les espèces envahissantes, nous avons besoin d'une liste des espèces indigènes connues dans la ZPM (p. ex. annexe A), de relevés opportunistes et d'un échange d'information (p. ex. des listes d'espèces envahissantes régionales) avec les organismes pertinents qui surveillent les milieux semblables adjacents (p. ex. les aires protégées autour de Haida Gwaii puisque les tourbillons Haïda relie en fait les environnements du plateau et du talus et les monts sous-marins). La détection précoce des espèces envahissantes semble être un argument solide en faveur de l'échantillonnage de l'ADNe dans les AMP (Larson *et al.* 2020).

6.1.3. Activités scientifiques

On monte habituellement une expédition scientifique à la ZPM SK-B tous les deux ou trois ans (voir la section sur l'historique des activités de surveillance dans la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie). Les chefs d'expédition doivent faire examiner et approuver les activités planifiées par le Conseil de gestion de la ZPM SK-B. Ce processus permet de s'assurer que les activités scientifiques correspondent à tous les objectifs de conservation énoncés dans le plan de gestion (CNH et MPO 2019). Les activités scientifiques qui causent des agents de stress doivent être atténuées. Toutes les répercussions liées au trafic maritime susmentionnées s'appliquent aux activités scientifiques; leur durée dépendrait de celle de l'expédition, mais serait plus longue qu'un navire en transit (cela dit, les planeurs et d'autres outils de télédétection réduisent la nécessité d'utiliser un navire; voir la section précédente sur les stratégies). Les activités scientifiques à bord des navires comprendraient probablement aussi un échantillonnage, des opérations sous-marines et peut-être l'installation d'équipement, ce qui pourrait entraîner le retrait de certains organismes, l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes, des perturbations lumineuses sous la surface, des perturbations du substrat. (remise en suspension et écrasement des sédiments) et le rejet de contaminants (Thornborough *et al.* 2016). Le processus de demande d'activités scientifiques exige des renseignements supplémentaires sur les agents de stress intentionnels. Par exemple, un accident scientifique s'est produit récemment dans une ZPM canadienne du Pacifique, le 26 août 2021. L'équipe scientifique de l'Ocean Exploration Trust a perdu les communications avec son VTG dans la ZPM du champ hydrothermal Endeavour, à environ 750 km au sud de la

⁹ CBC News. 2022, March 6. Debris from Cargo Ship Spill Last Fall Spreading along B.C. Coast, Say Beach Cleaners.

ZPM SK-B. Les impacts qui en découlent semblent minimes, les véhicules étant demeurés stationnaires sur le fond marin pendant une semaine avant d'être récupérés. La surveillance des activités scientifiques est déjà assurée par le processus de demande d'activités scientifiques. De plus, les activités scientifiques comme les missions font l'objet de rapports (p. ex. Gartner *et al.* 2022 : expédition de 2018), les données scientifiques étant publiées sous forme de rapports ou de publications primaires. Comme pour toutes les activités à bord d'un navire, la surveillance de la conformité pourrait comprendre des données de télédétection et une surveillance aérienne.

En plus de surveiller les impacts des activités scientifiques, la surveillance visant à faciliter le partage des données pourrait être utile pour les efforts de surveillance écologique.

6.1.4. Tourisme maritime

Les voyages touristiques ou les voyages personnels d'agrément dans la ZPM SK-B sont rares, mais pas impossibles. En 2019, une équipe de plongeurs sous-marins et de photographes de Pacific Wild est entrée dans la ZPM pour une expédition non autorisée de cinq jours sur le sommet du mont sous-marin SK-B (figure 20). En juin 2020, un survol de Transports Canada a permis de documenter un pousseur sur le sommet du mont sous-marin SK-B (Burke *et al.* 2022). Toutes les répercussions liées au trafic maritime susmentionnées s'appliquent au tourisme maritime – dans certains cas, davantage. Par exemple, la durée passée dans la ZPM serait plus longue pour le tourisme que pour le transit (c.-à-d. plus de bruit et de pollution lumineuse), l'ancrage serait plus probable si le but est de visiter la zone (bien que ce soit interdit) et l'équipement de sport, tout comme celui du navire et l'équipement scientifique (Thornborough *et al.* 2016), pourrait être un vecteur d'espèces envahissantes ou de maladies marines (p. ex. l'équipement de plongée sous-marine et photographique). La plongée autonome elle-même s'accompagne d'agents de stress, dont la perturbation des sédiments (remise en suspension) et l'écrasement du substrat (Thornborough *et al.* 2016). Comme d'autres activités humaines, la surveillance du tourisme maritime pourrait comprendre des données de télédétection et une surveillance aérienne.

En plus de surveiller les impacts des activités de tourisme maritime, la surveillance visant à faciliter le partage de toute l'information et de toutes les images (photos et vidéos) pourrait profiter aux efforts de surveillance écologique.



Figure 20. Plongeur sous-marin non autorisé et équipement sur le sommet du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (SK-B) dans la zone de protection marine (ZPM), 2019. Crédit photographique : Pacific Wild.

6.1.5. Activités d'extraction de ressources non renouvelables à l'extérieur de la zone de protection marine

Bien que les activités d'extraction de ressources non renouvelables soient interdites dans la ZPM SK-B ([MPO 2023c](#)), les trois monts sous-marins de la ZPM font partie d'un plus grand groupe de monts sous-marins le long du continent nord-américain, allant du sud de l'Alaska à la Californie et à des zones ne relevant pas de la compétence nationale (Du Preez et Norgard 2022). Les activités qui se déroulent sur ces monts sous-marins (ou leur absence, lorsque des mesures de conservation sont en place) peuvent avoir une incidence sur les conditions et la santé de l'écosystème de la ZPM SK-B (Du Preez et Norgard 2022). Par exemple, les impacts de la pêche et de l'exploitation minière des fonds marins peuvent avoir une influence indirecte sur les monts sous-marins de la ZPM SK-B par l'intermédiaire de la migration et du recrutement de certaines espèces (Du Preez et Norgard 2022). La pêche entrant en contact avec le fond est encore pratiquée près des monts sous-marins dans des zones du Pacifique Nord-Est ne relevant pas de la compétence nationale. Nous avons examiné les activités de pêche tout au long du présent document, mais pas l'exploitation minière des fonds marins.

La recherche menée dans le Cadre d'évaluation du risque écologique de la ZPM SK-B a évalué les essais sismiques et les canons à air (pour l'extraction de pétrole et de gaz) comme étant la deuxième activité la plus risquée (la première étant le déversement d'hydrocarbures) (Thornborough *et al.* 2016; Rubidge *et al.* 2018). À l'époque, l'exploitation minière des fonds marins des monts sous-marins et des autres écosystèmes des grands fonds était une activité émergente moins connue et n'était pas mentionnée dans le Cadre d'évaluation du risque écologique. En quelques années seulement, cette perspective est passée d'inconnue à réelle possibilité – les permis d'exploitation minière commerciale de zones ne relevant pas de la compétence nationale ayant été approuvés en juin 2022¹⁰. Des dizaines de permis d'exploration sont déjà approuvés et des activités sont en cours, avec des sites contractuels, y compris des

¹⁰ International Seabed Authority. 2021, June 29. Press Release: Nauru requests the President of ISA Council to complete the adoption of rules, regulations and procedures necessary to facilitate the approval of plans of work for exploitation in the Area.

monts sous-marins dans le Pacifique Nord-Ouest. Aucun contrat n'a encore été attribué dans le Pacifique Nord-Est, mais il existe des monts sous-marins exploitables (Miller *et al.* 2018) et la ZPM SK-B est à un peu plus de 100 km des zones du Pacifique Nord-Est ne relevant pas de la compétence nationale.

Outre les liens écologiques entre les communautés des monts sous-marins, l'influence des activités minières sur les monts sous-marins adjacents sera un facteur essentiel à prendre en considération si l'exploitation minière a lieu près de la ZPM SK-B (Du Preez et Norgard 2022). On prévoit que les panaches miniers s'étendront sur des centaines de kilomètres à partir des sites exploités, provoquant une modification de l'habitat à divers degrés et une réduction de l'aptitude phénotypique et la mortalité des espèces de surface, pélagiques et benthiques (Drazen *et al.* 2019). En comparaison, les sites exploités subiront un événement catastrophique avec une mortalité de 100 % causée par les activités d'excavation et des modifications de l'habitat qui dureront des millénaires (p. ex. Levin *et al.* 2016).

6.1.6. Autres agents de stress liés aux activités anthropiques

D'autres activités anthropiques aux agents de stress connus s'appliquent à la ZPM SK-B, mais ne sont pas explicitement mentionnées dans le plan de gestion, comme les accidents, d'autres problèmes de conformité et des problèmes océaniques à grande échelle; par exemple, des déversements d'hydrocarbures, des débris marins et des déchets (comme les plastiques et d'autres types de pollution), les rejets (autres que des eaux de ballast), l'abandon d'engins et l'installation d'équipement (autre qu'à des fins scientifiques) (Thornborough *et al.* 2016).

6.2. SURVEILLANCE DES ESPÈCES DE PASSAGE

Comme nous l'avons décrit ci-dessus (dans la section sur l'écologie), de nombreuses espèces de passage sont attirées par la ZPM SK-B (p. ex. baleines, autres mammifères marins et oiseaux), l'utilisent ou la traversent pendant leurs migrations. Bien que la protection et la conservation des animaux qui vivent à l'extérieur de la zone de gestion sortent de la portée d'un plan de gestion spatiale, leur surveillance est utile à des initiatives plus vastes (CNH et MPO 2019). Allen et ses collaborateurs (2018) ont utilisé un ensemble de données acoustiques de vocalisations de baleines enregistrées par des hydrophones pour confirmer la présence de rorquals communs (*Balaenoptera physalus*; une espèce très préoccupante sur le plan de la conservation) (figure 21) et le Programme de recherche sur les cétacés du MPO effectue des relevés dans la région (pour plus de détails, voir la section sur les stratégies dans la zone de protection marine SGáan Kínghlas-Bowie). Ces données pourraient également fournir une rétroaction pour la surveillance du rendement écologique, des renseignements sur les fonctions de l'écosystème, la structure trophique (voir la section sur la surveillance des fonctions de l'écosystème et de la structure trophique) (tableau 1 : 1.3.a) et servir d'indicateur biologique des conditions environnementales (p. ex. conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique; 1.2.b). Il existe des projets de production de rapports et de stockage de données à grande échelle pour la surveillance des espèces océaniques de passage (p. ex. le site Web de Happy Whale), mais les auteurs n'ont pas connaissance de contributions des données recueillies dans la ZPM SK-B (qui devraient être prises en compte dans le plan de surveillance).



Figure 21. De nombreuses espèces de baleines fréquentent la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínglas-Bowie (ZPM SK-B), y compris **Sgagúud** le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*). Les vocalisations de rorqual commun ont été enregistrées par un hydrophone déployé sur le mont sous-marin SK-B par Allen et ses collaborateurs (2018). L'art haïda, tiré du plan de gestion de la ZPM SK-B, a été partagé par **Iljuuwaas** Tyson Brown (CNH et MPO 2019).

6.3. SURVEILLANCE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques et leurs impacts sur l'écosystème de la ZPM SK-B et, par extension, sur la gestion et la surveillance de la ZPM, sont abordés dans l'introduction du présent document de recherche (voir la section sur le contexte). Nous ne répéterons ici que les quatre points principaux : i) les changements climatiques ont des répercussions sur les écosystèmes du Pacifique Nord-Est, y compris la ZPM SK-B; ii) les risques climatiques doivent être intégrés aux plans de gestion et de surveillance; iii) la surveillance des changements climatiques est essentielle, car les variables climatiques ont une incidence sur toutes les composantes de l'écosystème de la ZPM SK-B, directement ou indirectement (p. ex. encadrés 7 et 8 : espèces envahissantes et maladies marines); et iv) la gestion des variables climatiques dans la ZPM au moyen de mesures de gestion spatiale est irréaliste (p. ex. tableau 1 : 1.2.b : « Les conditions pélagiques et les conditions à la surface de l'eau correspondent ou s'apparentent à l'état naturel »), mais il pourrait être possible de gérer les impacts sur d'autres objectifs de la ZPM avec des efforts d'atténuation.

Les changements climatiques océaniques renforcent l'importance de la gestion et de la surveillance des ZPM. Les plans de gestion peuvent établir des stratégies pour tenir compte de la façon dont la ZPM réagira aux changements climatiques et énoncer les mesures qui peuvent être prises pour réduire les répercussions gérables sur les objectifs en fonction des risques posés par chaque impact gérable (déterminés par le Cadre d'évaluation du risque écologique) (Karen Hunter, MPO, Nanaimo, C.-B., comm. pers.). La première façon possible de maintenir un risque constant pour les objectifs de la ZPM qui tient compte des répercussions à court et à plus long terme d'un environnement changeant est d'ajuster le degré d'exposition des activités et des pressions anthropiques (p. ex. le conditionnement climatique; Roux *et al.* 2022). En conditionnant les activités sous le contrôle des mesures de gestion spatiale, un plan de gestion peut tenir compte du risque accru pour les objectifs introduit par les changements climatiques en minimisant les effets cumulatifs des agents de stress qui, autrement, dépasseraient un seuil écologique. Pour ce faire, le plan de gestion doit communiquer les seuils écologiques et la tolérance aux écarts par rapport à ces seuils afin de déterminer si un conditionnement climatique serait nécessaire.

Encadré 8. Changements climatiques et maladies marines

L'introduction et la propagation d'agents pathogènes sont un autre type d'invasion qui peut avoir des effets rapides et dévastateurs (Davies 2021). Tout comme les espèces envahissantes, les maladies marines devraient augmenter avec les changements climatiques, mais elles sont souvent négligées dans les plans de gestion des ZPM (Davies 2021). Bien que les maladies marines ne soient pas expressément mentionnées dans les objectifs opérationnels écologiques du but 1, elles peuvent avoir pour conséquence que les espèces et les habitats ne correspondent plus ou ne s'apparentent plus à l'état naturel en provoquant le déclin ou l'élimination d'une espèce et les effets en cascade qui en découlent. Le syndrome du dépérissement de l'étoile de mer qui a balayé le Pacifique Nord-Est (Hewson *et al.* 2014) est un exemple local d'une maladie marine qui aurait pu dévaster la ZPM SK-B. Cette maladie a touché des dizaines d'espèces clés d'étoiles de mer (p. ex. elle a causé un déclin mondial d'environ 91 % du solaster géant, *Pycnopodia helianthoides*, maintenant en danger critique; Gravem *et al.* 2021). Heureusement, l'emplacement hauturier de la ZPM SK-B semble offrir certains aspects d'un obstacle naturel puisque, à notre connaissance, le densovirus associé aux étoiles de mer n'a pas été transmis aux populations du mont sous-marin. À l'avenir, des mesures de gestion adaptative déclenchées par des relevés opportunistes (p. ex. pour détecter les changements de l'abondance, de l'état, de la taille et de la structure) et l'échange d'information avec les organismes concernés qui surveillent des environnements similaires adjacents (p. ex. présence, espèces hôtes, description, renseignements sur la transmission) favoriseraient la détection des maladies marines.

En ce qui concerne le futur plan de surveillance, les praticiens doivent comprendre le contexte du risque et de la tolérance au risque, ainsi que la complexité ajoutée par l'océan changeant sous l'effet du climat, pour interpréter les changements détectés pendant la surveillance. Par exemple, la surveillance de certains indicateurs biologiques peut apporter des preuves indirectes des changements climatiques (décalages de la répartition vers les pôles, changements de la répartition en profondeur, changements de comportement, diminution de l'abondance ou de l'aptitude phénotypique) – en supposant que la voie mécaniste, le décalage temporel, les effets additifs et synergiques de plusieurs agents de stress sont bien compris. La deuxième voie possible pour tenir compte des répercussions à court et à plus long terme d'un environnement changeant consiste à ajuster les niveaux de référence utilisés pour mesurer « l'état naturel nouveau/relatif » (c.-à-d. maintenir un risque équivalent dans le temps lorsque les objectifs ne sont plus atteints) (Roux *et al.* 2022).

Les pratiques exemplaires exigent que le plan de gestion de la ZPM SK-B, dans le cadre de son approche de gestion adaptative, intègre l'information sur les changements climatiques et l'adaptation à ces changements dans ses futures versions (p. ex. évaluations des risques ou de la vulnérabilité; O'Regan *et al.* 2021; Roux *et al.* 2022).

7. SURVEILLANCE DES FONCTIONS DE L'ÉCOSYSTÈME ET DE LA STRUCTURE TROPHIQUE

7.1. INTRODUCTION

Les regroupements de composantes écosystémiques biologiques décrits dans les sections précédentes sont reliés par un réseau trophique du mont sous-marin dont l'équilibre est dicté par les interactions biologiques, les conditions océanographiques et les agents de stress anthropiques. Bien que ces interactions trophiques et environnementales soient difficiles à quantifier, les modèles et les schémas conceptuels de réseau trophique sont des outils utiles pour visualiser les connexions et cartographier les voies possibles de l'effet en cascade.

7.2. MÉTHODES ET RÉSULTATS

Le mont sous-marin SK-B est inextricablement lié à la côte de la Colombie-Britannique par les tourbillons Haïda et les migrations d'espèces; il pourrait donc être utile de le comparer à d'autres études sur les liens trophiques. Cependant, les efforts de surveillance récurrents sur la côte de la Colombie-Britannique qui sont axés sur le régime alimentaire des poissons englobent des espèces que l'on ne trouve pas dans la ZPM SK-B, comme le saumon, la merluche, le hareng et les sardines (King *et al.* 2019; voir la section sur les stratégies). Beamish et Neville (2003) ont créé un modèle de réseau trophique Ecopath spécialement pour le mont sous-marin SK-B. Même si les données sur les relations trophiques sont limitées pour la ZPM SK-B, de nombreuses espèces présentes sur le mont sous-marin vivent également dans les milieux côtiers, dont les systèmes relativement bien étudiés peuvent aider à combler les lacunes dans les données. Cependant, en dépit de ces similitudes et de ces liens avec la côte, le mont sous-marin SK-B demeure incroyablement unique par rapport aux processus côtiers et océaniques, et les comparaisons avec d'autres zones, même avec des monts sous-marins proches, ne produiront pas toujours des renseignements pertinents. Des recherches futures et les prochaines étapes pour les liens trophiques sont décrites de manière plus détaillée dans la section qui suit.

Le schéma conceptuel du réseau trophique présenté ici (figure 22) s'est inspiré du modèle de Beamish et de Neville (2003) et, au lieu de s'intéresser uniquement aux pêches, a été élargi pour inclure les coraux et les éponges, les oiseaux et les mammifères marins d'après des interactions de haut niveau bien connues (voir les descriptions des groupes trophiques et des regroupements de composantes écosystémiques dans les sections sur l'écologie, les objectifs de la zone de protection marine et les regroupements de composantes écosystémiques biologiques, et sur les composantes écosystémiques des indicateurs de surveillance écologique et les paramètres). De plus, les groupes ont été combinés s'ils jouaient des rôles écologiques semblables (p. ex. groupes fonctionnels) afin de mieux refléter les regroupements de composantes écosystémiques. Ce modèle de réseau trophique est présenté avec les meilleures connaissances de haut niveau disponibles et pourrait changer à mesure que d'autres collectes de données et analyses approfondies seront entreprises. Ce réseau trophique conceptuel préliminaire fournit une base à renforcer par des efforts de surveillance de référence, qui permettront d'obtenir des renseignements sur les interactions trophiques, les fonctions de l'écosystème et la réaction aux changements potentiels des conditions océaniques.

En utilisant la même méthode et le même format que pour les composantes écosystémiques des indicateurs de surveillance écologique et les paramètres, nous avons évalué les contenus stomacaux et d'autres paramètres trophiques pour des groupes d'indicateurs biologiques en vue de travaux futurs (surveillance ou recherche) sur la structure trophique de la ZPM SK-B (tableau 10). Ces études pourraient être mises en œuvre de façon opportuniste sur des échantillons physiques prélevés afin de maximiser l'information tirée de chaque spécimen. De plus, les études pourraient être élargies si la surveillance des regroupements de composantes écosystémiques des indicateurs a suggéré un changement dans le réseau trophique, afin de préciser davantage l'information sur les interactions trophiques.

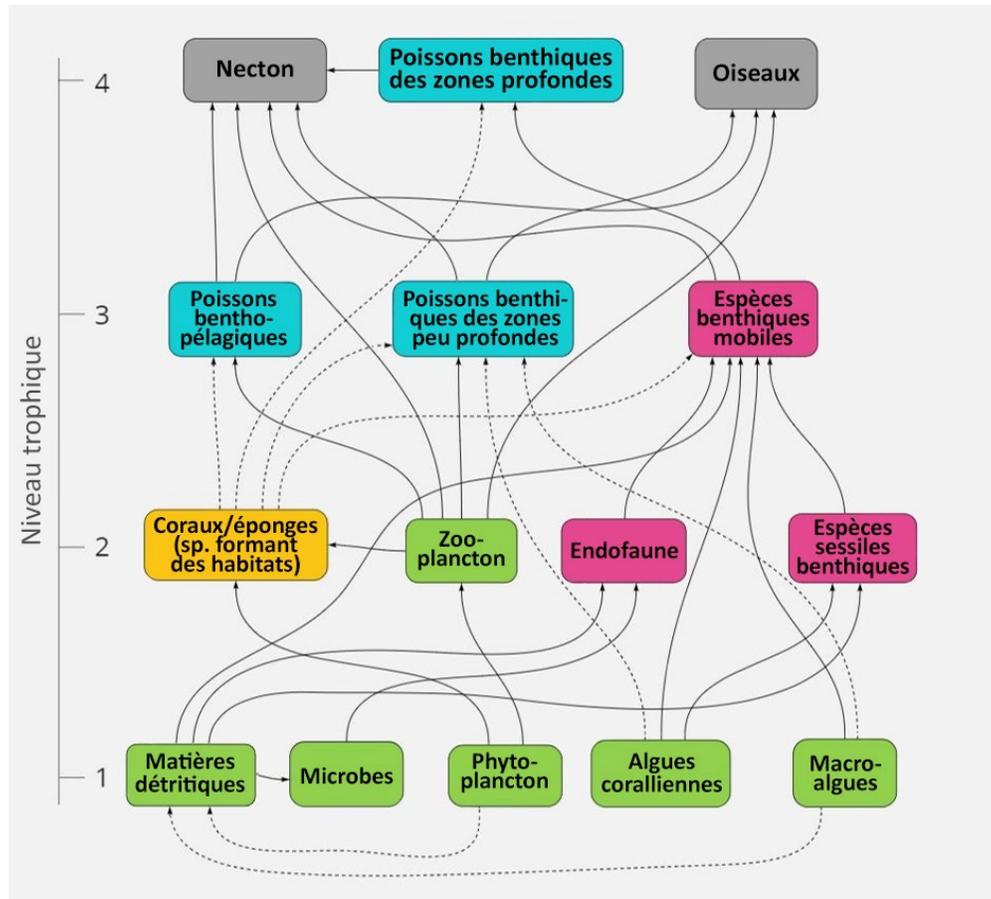


Figure 22. Modèle conceptuel simplifié de réseau trophique illustrant les liens entre les groupes fonctionnels (p. ex. les regroupements de composantes écosystémiques). Les lignes pleines indiquent les relations trophiques (flèche pointant vers les prédateurs). Les lignes pointillées indiquent l'utilisation de l'habitat ou le processus écologique autre que la prédation (p. ex. les macroalgues deviennent des détritiques). Les couleurs indiquent les grands regroupements : gris pour les oiseaux et les grands animaux marins, bleu pour les poissons, rose pour les invertébrés, jaune pour les espèces formant un habitat et vert pour les producteurs primaires, les petits organismes et les particules.

7.3. RECOMMANDATIONS POUR LES TRAVAUX FUTURS : PARAMÈTRES TROPHIQUES

Les études trophiques sont cruciales pour comprendre le fonctionnement de l'écosystème, car les interactions complexes au sein des espèces et entre elles réagissent de façon très variable aux changements dynamiques dans l'environnement. Les interactions des écosystèmes peuvent être quantifiées par des études sur le régime alimentaire et des biomarqueurs trophiques, comme la composition en acides gras et les signatures isotopiques de $\delta^{13}\text{C}$ et de $\delta^{15}\text{N}$ (pour les niches trophiques et le niveau trophique). Les analyses des contenus stomacaux peuvent fournir des paramètres semblables à ceux décrits dans le tableau 10, notamment l'abondance relative, la biomasse et la taille des espèces proies, ainsi que la diversité du régime alimentaire des prédateurs (Amundsen et Sánchez-Hernández 2019). L'analyse des contenus stomacaux est un outil fréquemment utilisé dans les études sur l'écologie des poissons (Brodeur 1990; Livingston *et al.* 2017). Elle est également utilisée pour les études sur les invertébrés, mais peut être problématique (Blankenship et Yayanos 2005), bien qu'il existe des études fructueuses, en particulier pour certains taxons (p. ex. les crabes : Giddins *et al.* 1986;

Wójcik-Fudalewska *et al.* 2016; Cordone *et al.* 2022). L'abondance, la biomasse, la fréquence d'occurrence, la taille et la répartition générale des proies déduites du régime alimentaire des prédateurs peuvent également servir de technique d'échantillonnage pour les espèces dont les relevés peuvent être difficiles à réaliser (p. ex. invertébrés épiphytes). Les données trophiques fournissent une mine de renseignements sur la productivité des écosystèmes, les interactions concurrentielles, la séparation des habitats ou des niches et la façon dont les interactions prédateur-proie peuvent changer en fonction de l'évolution des conditions océaniques (Iken *et al.* 2001; Polunin *et al.* 2001). Nous avons donc besoin de données approfondies sur l'écologie de l'alimentation pour mieux comprendre les interactions du réseau trophique dans la ZPM SK-B et pour surveiller l'objectif de conservation concernant le fonctionnement sain de l'écosystème.

Les isotopes stables et les acides gras apportent des renseignements précieux sur les interactions prédateur-proie. L'abondance et les types d'acides gras isolés des tissus musculaires des prédateurs (p. ex. DHA et EPA) peuvent refléter les types et la qualité des espèces proies consommées (Costalago *et al.* 2020), la santé globale du prédateur et le niveau de productivité de l'écosystème. À son tour, l'analyse des isotopes stables peut indiquer des niches trophiques en comparant les concentrations de $\delta^{13}\text{C}$ et de $\delta^{15}\text{N}$ dans les tissus des consommateurs (Post 2002). L'examen des concentrations individuelles de $\delta^{15}\text{N}$ ou des rapports $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ individuels d'un groupe d'organismes peut dénoter leur position trophique relative, car l'incorporation de ^{15}N dans les tissus musculaires augmente à chaque niveau trophique, alors que ^{14}N demeure relativement constant. Les signatures $\delta^{13}\text{C}$ ($^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$) des organismes, en revanche, peuvent refléter les habitats d'alimentation généraux. Cet isotope est associé à un faible enrichissement trophique et peut aider à distinguer les systèmes benthiques des systèmes pélagiques, marins et terrestres, côtiers et marins (Hobson 1999). Par exemple, Boyle et ses collaborateurs (2012) ont utilisé $\delta^{13}\text{C}$ pour différencier les poissons benthiques des zones profondes qui se nourrissent de proies pélagiques ou benthiques. Les analyses d'isotopes stables qui détectent à la fois $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ peuvent donc être utilisées pour identifier les niches trophiques de plusieurs espèces et déduire la compétition interspécifique pour les ressources en proies.

Ces dernières décennies, l'utilisation simultanée de différents marqueurs et techniques trophiques (p. ex. isotopes stables, acides gras, contenus intestinaux, métacodage à barres de l'ADN) a fourni une image beaucoup plus complète de la structure et de la dynamique trophiques (Parzanini *et al.* 2019). Par exemple, on a utilisé de nombreux outils pour identifier les niches trophiques des espèces d'astérides des grands fonds (Howell *et al.* 2003), ainsi que l'élargissement de la niche trophique ontogénique du vampire des abysses (Golikov *et al.* 2019). Les analyses des isotopes stables peuvent également révéler de nouvelles histoires environnementales des écosystèmes des eaux profondes, comme une communauté benthique d'éponges exceptionnellement grande et riche dans le centre de l'Arctique, qui est étroitement associée à une communauté de suintement disparue, à l'aide de détritits fossiles (Morganti *et al.* 2022).

Les biomarqueurs trophiques et les études sur le régime alimentaire exigent des méthodes d'échantillonnage destructrices, comme le retrait de l'estomac et le prélèvement de tissus musculaires sur les spécimens capturés lors de relevés ciblés de pêche ou d'autres méthodes qui ne sont pas recommandées dans la ZPM SK-B. On recommande donc aux praticiens, lorsqu'ils prélèvent des échantillons à d'autres fins, de recueillir également des données isotopiques ou des échantillons stomacaux, dans la mesure du possible (p. ex. échantillonnage sélectif à l'aide de VTG). De plus, ces méthodes trophiques sont proposées pour une analyse plus approfondie, en plus de la surveillance de référence, qui est nécessaire lorsqu'une composante écosystémique tombe en dessous de l'état naturel. Cette gestion adaptative,

déclenchée par la surveillance des principales composantes des réseaux trophiques, lancerait des études trophiques pour étudier les causes des déclin d'une espèce donnée. Les études trophiques n'exigent pas nécessairement le prélèvement d'échantillons sur les espèces préoccupantes, mais plutôt sur leurs prédateurs, leurs proies et leurs concurrents.

La réaction au niveau de l'écosystème à un agent de stress dépendra non seulement de la nature de l'agent de stress, mais aussi des relations trophiques des organismes présents. Les agents de stress qui ont une incidence disproportionnée sur un niveau trophique peuvent avoir des effets en cascade ou d'entraînement sur leurs prédateurs ou leurs proies respectifs. En revanche, une diminution des prédateurs ou de la production primaire peut causer une cascade trophique (Pinnegar *et al.* 2000) et une diminution du niveau trophique intermédiaire peut influencer à la fois les prédateurs et les proies (réaction de l'écosystème « en taille de guêpe »; Bakun 2006). Étant donné que les écosystèmes et les agents de stress sont très dynamiques, il peut souvent y avoir des effets multiples et interactifs concomitants; par conséquent, les données de référence sur les écosystèmes sont essentielles pour comprendre ces changements.

Tableau 10. Résumé des paramètres appropriés des contenus stomacaux et des biomarqueurs trophiques à prendre en considération pour les groupes de composantes écosystémiques d'indicateurs biologiques – plus une catégorie pélagique (p. ex. oiseaux et mammifères) – proposés pour la surveillance de la structure trophique (tableau 1 : Objectif opérationnel 1.3.a).

Paramètre	Coraux et éponges	Invertébrés	Poissons	Habitat d' algues	Pélagiques (et necton)	Objet/Force	Limites	Outils privilégiés
Analyse des contenus stomacaux								
Abondance relative des proies consommées	–	X	X	–	–	Structure trophique	Exige beaucoup de temps et d'expertise	Relevés de pêche (avec analyse connexe des contenus stomacaux)
Biomasse des proies consommées	–	X	X	–	–	Structure trophique	Exige beaucoup de temps et d'expertise	Relevés de pêche (avec analyse connexe des contenus stomacaux)
Répartition des proies consommées	–	X	X	X	–	Benthique/pélagique	Collecte et traitement physiques requis	Relevés de pêche (avec les isotopes stables du carbone associés provenant des tissus musculaires)
Indices de la diversité des proies consommées	–	X	X	–	–	Structure trophique	Exige beaucoup de temps et d'expertise	Relevés de pêche (avec analyse connexe des contenus stomacaux; métacodage à barres de l'ADN)
Structure selon la taille des proies consommées	–	X	X	–	–	Santé du poisson	Exige beaucoup de temps et d'expertise	Relevés de pêche (avec analyse connexe des contenus stomacaux)
Biomarqueurs trophiques : Analyses des isotopes stables et des acides gras								
État (qualité ¹) des proies consommées	–	X	X	–	X	Santé des prédateurs	Collecte et traitement physiques requis	Relevés de pêche (avec les acides gras associés provenant des tissus musculaires)
Niveau trophique du prédateur	X	X	X	X	X	Structure trophique	Collecte et traitement physiques requis	Relevés de pêche (avec les isotopes stables de l'azote associés provenant des tissus musculaires)
Niche trophique du prédateur	X	X	X	X	X	Structure trophique	Collecte et traitement physiques requis	Relevés de pêche (avec les rapports isotopes stables C:N associés provenant des tissus musculaires)
Taux de croissance du prédateur	X	–	X	–	–	Quantité et qualité des proies, santé et état du prédateur	Collecte et traitement physiques requis	Relevés de pêche (avec les otolithes associés [poissons], rapports ARN/ADN [substitut], facteur de croissance semblable à l'insuline 1 [IGF-1; poissons])

¹ État = qualité (pas l'état des individus).

8. ÉVALUATION DU CADRE PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DE CONSERVATION ÉCOLOGIQUE

L'exercice d'élaboration d'un cadre de surveillance fondé sur les objectifs opérationnels actuels nous a amenés à examiner et à évaluer de façon critique les objectifs opérationnels (résumés dans le tableau 11). Comme l'ont souligné Thornborough et ses collaborateurs (2016), il est essentiel d'affiner des objectifs de conservation stratégiques, mesurables, réalisables, réalistes et limités dans le temps (SMART) pour préparer un programme de surveillance qui mesurera les paramètres écosystémiques qui sont utiles et pertinents pour la gestion des agents de stress anthropiques dans la ZPM.

Selon l'évaluation indiquée dans le tableau 11 ci-après, il sera utile de tenir compte des éléments suivants dans les futures versions des buts de conservation écologique, des stratégies et des objectifs opérationnels :

- les données de référence (c.-à-d. la surveillance de référence) sont nécessaires pour définir « l'état naturel »;
- les données de référence aideront à déterminer s'il est possible de surveiller des assemblages entiers ou si la surveillance d'espèces indicatrices est suffisante (ou une combinaison des deux à l'aide de paramètres différents);
- les données de référence sont nécessaires pour sélectionner au mieux les paramètres pour les composantes écosystémiques de l'indicateur en question;
- la surveillance de « l'état et de l'abondance » devrait avoir la priorité (cela dit, plusieurs autres paramètres sont liés ou contribuent);
- selon la définition et l'interprétation actuelles, certains objectifs opérationnels ne sont probablement pas réalisables (p. ex. espèces non localisées très mobiles; impacts des changements climatiques);
- le moment ou la durée varie selon l'aspect de la « conservation » : « la protection et le maintien » pourraient avoir lieu en temps réel avec l'élimination d'un agent de stress direct (p. ex. la fermeture des pêches entrant en contact avec le fond), mais la « réhabilitation » (c.-à-d. le rétablissement) de certaines espèces dont on sait qu'elles sont touchées pourrait prendre des siècles.

Tableau 11. Évaluation de l'information du cadre de surveillance par rapport aux objectifs de conservation écologique décrits dans le plan de gestion de la zone de protection marine du mont sous-marin SGáan Kínghlas-Bowie (ZPM SK-B) (CNH et MPO 2019). Terminologie utilisée pour décrire un degré relatif de certitude/confiance que les mesures actuelles de gestion spatiale de la ZPM SK-B seront efficaces pour atteindre les objectifs de l'espèce tels qu'ils sont écrits : improbable < possible < probable < très probable.

Objectifs stratégiques	Objectifs opérationnels	Stratégique	Mesurable	Réalisable	Réaliste	Limité dans le temps
1.1 Les populations d'espèces vulnérables, endémiques, rares et isolées sont protégées et conservées.	a. L'état et l'abondance des coraux et éponges d'eau froide correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	<ul style="list-style-type: none"> – espèce indicatrice ou assemblage (toutes les espèces) – « état naturel » à déterminer (nécessite des données de référence et une interprétation en ce qui a trait aux changements climatiques) 	<ul style="list-style-type: none"> – si espèce indicatrice : « l'état et l'abondance » sont des paramètres prioritaires – en général : l'état pourrait être interprété comme la biomasse, la structure selon la taille, le rapport entre les individus vivants et morts, etc. – si tout l'assemblage : l'état et l'abondance pourraient être interprétés de diverses façons (p. ex. diversité et répartition; dynamique des parcelles ou des récifs) 	– possible	<ul style="list-style-type: none"> – principal agent de stress existant de la composante écosystémique importante (pêche entrant en contact avec le fond) gérable et éliminé – agent de stress futur : à déterminer (p. ex. changements climatiques) 	<ul style="list-style-type: none"> – protection et maintien (p. ex. interrompre une tendance à la baisse ou soutenir l'état actuel) : très probable, en temps réel – réhabilitation (rétablissement) : possible, mais pourrait prendre des décennies ou des siècles
	b. L'état et l'abondance des autres invertébrés correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	– même que ci-dessus	– même que ci-dessus	– même que ci-dessus	– possible	<ul style="list-style-type: none"> – principal agent de stress existant de la composante écosystémique importante (pêche entrant en contact avec le fond) gérable et éliminé – agent de stress futur : à déterminer (p. ex.

Objectifs stratégiques	Objectifs opérationnels	Stratégique	Mesurable	Réalisable	Réaliste	Limité dans le temps
					changements climatiques)	prendre des années ou des décennies
	c. L'état et l'abondance des poissons (sébaste à taches noires et à œil épineux, sébaste bocace, sébaste aux yeux jaunes, morue charbonnière, zaprora) correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	– même que ci-dessus	– même que ci-dessus	– poissons benthiques et benthopélagiques : possible – population de morue charbonnière : peu probable	– principal agent de stress existant de la composante écosystémique importante (pêche entrant en contact avec le fond) gérable et éliminé – morue charbonnière : hors de la portée des mesures de gestion spatiale de la ZPM SK-B	– protection et maintien (p. ex. interrompre une tendance à la baisse ou soutenir l'état actuel) : très probable , en temps réel – réhabilitation (rétablissement) : possible , mais pourrait prendre des décennies ou des siècles
1.2 Les habitats essentiels à certains stades du cycle biologique des espèces qui vivent dans la ZPM sont protégés et conservés.	a. Les habitats benthiques sensibles (HBS) correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	– identification des HBS à déterminer (p. ex. selon la définition, « vulnérabilité fondée sur les activités humaines ») (nécessite des données de référence, écologiques et sur les agents de stress) – « état naturel » à déterminer	– même que ci-dessus	– pour les habitats de coraux et d'éponges : possible – pour les habitats algaux : probable	– pour les habitats de coraux et d'éponges : principal agent de stress existant de la composante écosystémique importante (pêche entrant en contact avec le fond) gérable et éliminé – pour les habitats algaux : capteur potentiel de la composante écosystémique importante gérable	– protection et maintien (p. ex. interrompre une tendance à la baisse ou soutenir l'état actuel) : très probable , en temps réel – réhabilitation (rétablissement) : possible , mais pourrait prendre des décennies ou des siècles

Objectifs stratégiques	Objectifs opérationnels	Stratégique	Mesurable	Réalizable	Réaliste	Limité dans le temps
	b. Les conditions pélagiques et les conditions à la surface de l'eau correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	<ul style="list-style-type: none"> – définition de certaines « conditions » à déterminer (actuellement définies comme « caractéristiques physiques, chimiques et biologiques ») – « état naturel » à déterminer 	– probable (il existe des outils et des stratégies)	– peu probable (selon la définition/interprétation actuelle)	<ul style="list-style-type: none"> – la gestion spatiale peut atténuer les activités négatives contrôlables et gérer les risques – toutefois, comme objectif : hors de la portée de la mesure de la gestion spatiale (p. ex. changements climatiques : de nombreux paramètres sont des variables climatiques ou sont influencés par des variables climatiques) 	<ul style="list-style-type: none"> – certains impacts des changements climatiques sont rapides (événements anormaux, p. ex. « blob ») : peu probable, de mois ou des années – certains impacts des changements climatiques sont des tendances à long terme (expansion de la zone du minimum d'oxygène) : peu probable, des années ou des décennies
1.3 Les réseaux trophiques de l'écosystème sont protégés et conservés.	a. Le fonctionnement de l'écosystème et la structure trophique correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	<ul style="list-style-type: none"> – définition de certains « fonctionnements » à déterminer – structure trophique à déterminer – « état naturel » à déterminer 	À déterminer	– peu probable (selon la définition/interprétation actuelle)	– tous les points ci-dessus	– peu probable , tous les points ci-dessus

9. INCERTITUDES

Voici les incertitudes et les lacunes dans les connaissances liées à la compréhension actuelle des options de surveillance de la ZPM SK-B.

- On ne connaît pas l'ampleur des répercussions actuelles et futures des changements climatiques sur l'écosystème de la ZPM SK-B. La surveillance de référence et la surveillance future aideront à détecter certaines de ces répercussions et à clarifier les liens entre les effets directs et indirects. À ce titre, les considérations relatives aux changements climatiques sont intégrées dans la plupart des aspects du cadre de surveillance.
- Le cadre a été élaboré en fonction des changements prévus – des agents de stress imprévus peuvent nécessiter une surveillance au-delà de la portée couverte.
- L'inventaire des espèces pour la ZPM est incomplet et représente une lacune dans les connaissances (comme le démontre l'augmentation rapide du nombre des espèces connues en fonction de l'effort de relevé dans la ZPM SK-B : 191 taxons documentés en 2015 et 771 en 2021). La base de connaissances sur l'identité, la répartition et les comportements des espèces vivant en eaux profondes ne cesse de croître et d'évoluer. En regroupant les composantes écosystémiques biologiques, nous avons facilité l'avancement de la surveillance et de la gestion adaptative. Les regroupements sont fondés sur les objectifs de conservation écologique et sur le répertoire actuel des espèces. Il convient de les réexaminer à mesure que des renseignements supplémentaires deviennent accessibles ou que les objectifs de conservation sont révisés. Les espèces indicatrices initiales qui sont proposées dans le Cadre d'évaluation du risque écologique ont été classées par ordre de priorité dans les regroupements, mais cette liste continuera également d'être précisée pendant la phase de surveillance de référence, en fonction des évaluations et des besoins régionaux et de la prise en compte d'initiatives plus larges (p. ex. surveillance à l'échelle du réseau, indicateurs nationaux, espèces dont la conservation est préoccupante).
- Les points de référence associés à des indicateurs (p. ex. la détermination et la mesure quantitative de « l'état naturel »), les seuils, le délai de réponse après une perturbation et le potentiel de rétablissement, notamment, sont tous inconnus à ce moment-ci et doivent être déterminés par des évaluations futures, lorsque les mesures de référence sont recueillies ou deviennent accessibles et sont évaluées.
- Ce cadre reflète les meilleures connaissances actuellement accessibles aux auteurs. Cependant, les domaines associés à l'étude d'environnements en eaux profondes, comme des monts sous-marins, sont des sciences de pointe connues pour leurs innovations. Il pourrait y avoir plus d'options disponibles, actuellement en cours d'élaboration, qui devraient être prises en compte dans le plan de surveillance (c.-à-d. nouveaux protocoles et nouvelles stratégies).
- Les innovations aideront sans aucun doute à surmonter les enjeux inhérents à la surveillance d'une ZPM en eaux profondes (p. ex. la ZPM SK-B est située à environ 180 km au large, couvre plus de 6 000 km² de fonds marins et descend à plus de 3 000 m de profondeur, et il n'y a essentiellement pas de sites de référence comparables).
- La quantification de la structure trophique et du fonctionnement de l'écosystème nécessite une modélisation sophistiquée et des données de séries chronologiques à long terme sur une multitude d'espèces et de conditions océanographiques. Bien que la modélisation de la structure trophique et le fait de déterminer si elle correspond à « l'état naturel » soient en dehors de la portée actuelle du cadre de surveillance, la surveillance des principaux

groupes fonctionnels d'indicateurs de l'écosystème est la première étape pour comprendre un système dynamique. Lorsque le plan de surveillance aura été établi et que plus de données deviendront accessibles, il est recommandé de reconsidérer et de réviser la quantification de ces relations trophiques, si possible.

- Il n'est pas certain que les objectifs de conservation écologique de la ZPM SK-B, tels qu'ils sont rédigés, soient réalisables. Ce rapport a évalué les objectifs opérationnels par rapport au cadre de surveillance en s'attachant à déterminer si les objectifs répondaient aux critères pour pouvoir être considérés comme stratégiques, mesurables, réalisables, réalistes et limités dans le temps (p. ex. les conditions à la surface de l'eau et en milieu pélagique, les fonctions de l'écosystème et la structure trophique, les objectifs opérationnels 1.2.b et 1.3.a).

10. SOMMAIRE, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

10.1. SOMMAIRES

Le cadre de surveillance est un résumé des indicateurs (composantes écosystémiques et paramètres), des protocoles et des stratégies possibles pour surveiller l'efficacité des mesures de gestion de la ZPM par rapport aux objectifs de conservation écologique. En mettant en évidence les liens entre chaque composante de la surveillance (voir les tableaux 12 à 14), les praticiens et les gestionnaires peuvent prendre des décisions stratégiques concernant les priorités au cours de la prochaine étape du processus, qui consiste à élaborer le plan de gestion (voir le sommaire de la figure 23; tableau 15). Par exemple, selon les connaissances actuelles, la surveillance des coraux et des éponges d'eau froide au moyen de VTG pendant les expéditions au large répond aux objectifs opérationnels les plus importants (tableaux 12 à 14; figure 23). La collecte continue de données de référence aidera à déterminer les voies les plus efficaces.

Tableau 12. Liens entre les principales composantes du cadre de surveillance : les objectifs opérationnels (6 colonnes) et la surveillance des regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs (12 lignes). Où 1 = la composante écosystémique de l'indicateur fournit des renseignements directement applicables à l'objectif, et un tiret indique que les renseignements ne s'appliquent pas. Le nombre (total des objectifs couverts) donne une idée de la polyvalence de l'indicateur pour fournir de l'information. La figure 23 illustre ces liens.

Composantes écosystémiques de l'indicateur ↓		Objectifs →						NOMBRE
		1.1.a. L'état et l'abondance des coraux et des éponges d'eau froide...	1.1.b. L'état et l'abondance des autres invertébrés...	1.1.c. L'état et l'abondance des poissons...	1.2.a. Les habitats benthiques sensibles...	1.2.b. Les conditions pélagiques et les conditions à la surface	1.3.a. Le fonctionnement de l'écosystème et la structure trophique...	
Coraux et éponges		1	-	-	1	-	1	3
Invertébrés	Endofaune	-	1	-	-	-	1	2
	Épifaune sessile et sédentaire	-	1	-	-	-	1	2
	Épifaune mobile	-	1	-	-	-	1	2
Poissons	Poissons benthopélagiques	-	-	1	-	-	1	2
	Poissons benthiques	-	-	1	-	-	1	2
Habitat d'algues		-	-	-	1	-	1	2
Environnement	Océanographie géologique	-	-	-	1	-	1	2
	Océanographie biologique	-	-	-	-	1	1	2
	Océanographie physique	-	-	-	-	1	1	2
	Océanographie chimique	-	-	-	-	1	1	2
Agent de stress		-	-	-	1	1	1	3

Tableau 13. Liens entre les principales composantes du cadre de surveillance : les regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs (12 colonnes) et les outils des protocoles de surveillance (17 lignes). Où 1 = l'outil peut être utilisé pour surveiller la composante écosystémique de l'indicateur, (1) = il peut être utilisé parfois (c.-à-d. potentiellement) et un tiret indique qu'il n'est pas utilisé. Le nombre (nombre total de composantes écosystémiques de l'indicateur surveillées) donne une idée de la polyvalence de l'outil (indicateurs possibles inclus entre parenthèses). La figure 23 illustre ces liens.

Protocoles ↓	Composantes écosystémiques de l'indicateur →	Coraux et éponges	Invertébrés			Poissons		Habitat d'algues	Environnement				Agent de stress	NOMBRE
			Endofaune	Épifaune sessile et sédentaire	Épifaune mobile	Poissons benthopélagiques	Poissons benthiques		Océanogr aphie géologique	Océanogr aphie biologique	Océanogr aphie physique	Océanogr aphie chimique		
Imagerie et échantillonnage biologique	Submersibles (benthiques) ¹	1	1	1	1	1	1	1	1	(1)	(1)	(1)	1	9 (+3)
	Submersibles (pélagiques)	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2
	Relevés de la surface de la mer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	Relevés de pêche	1	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	1	5
Plancher océanique	Échantillonneur de sédiments	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	5
	Pièges et plaques	1	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	5
Acoustique	Sonars	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	1	4
	Hydrophones ²	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	-	-	-	-	1	1 (+7)
	ADCP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2
Océanographie	Capteurs	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	4
	PVS	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2
	Filets	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2
	Échantillonnage de l'eau ³	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	-	1	1	1	1	4 (+7)
	Équipement déployé	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	4
En ligne	Satellite	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	5
	Modèles	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	5
	Observatoire câblé ⁴	-	-	-	-	-	-	-	-	(1)	(1)	1	1	2 (+2)

¹ Les équipements submersibles, comme les VTG, peuvent transporter beaucoup d'outils montés, comme des bouteilles d'échantillonnage de l'eau, des ADCP et des capteurs, et il est donc possible d'utiliser des VTG pour mesurer tous les regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs^{2,3}. L'utilisation d'hydrophones et la détection de l'ADNe dans les échantillons d'eau pour surveiller les indicateurs biologiques sont prometteuses, mais ces deux options sont nouvelles et ne devraient pas être utilisées à la place des méthodes d'échantillonnage normalisées pour l'instant⁴. Dans sa forme actuelle, le réseau d'observatoires câblés de l'ONC peut fournir de l'information ou un contexte océanographique pour le sud de la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, et renseigner ainsi sur les conditions dans la ZPM, mais il n'y a pas de nœuds câblés près de la région.

Tableau 14. Liens entre les principales composantes du cadre de surveillance : les outils des protocoles (17 colonnes) et les stratégies de surveillance (14 lignes). Où 1 = la stratégie utilise l'outil, (1) = elle utilise l'outil parfois (c.-à-d. potentiellement) et un tiret indique qu'elle ne l'utilise pas. Le nombre (nombre total d'outils utilisés) donne une idée de la polyvalence de la stratégie (outils possibles inclus entre parenthèses). La figure 23 illustre ces liens.

Stratégies ↓	Protocoles →	Imagerie et échantillonnage biologique				Plancher océanique		Acoustique			Océanographie					En ligne			NOMBRE
		Submersibles (benthiques)	Submersibles (pélagiques)	Relevés de la surface de la mer	Relevés de pêche	Échantillonneur de sédiments	Pièges et plaques	Sonars	Hydrophones	ADCP	Capteurs	PVS	Filets	Échantillonnage de l'eau	Équipement déployé	Satellite	Modèles	Observatoire câblé	
Dans la ZPM SK-B	Expéditions au large	1	(1)	1	-	1	(1)	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	11 (+3)	
	Relevés des mammifères	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
	Surveillance des tourbillons	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	
	Surveillance de la surface de la mer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	
	Amarrages	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	
À l'extérieur de la ZPM SK-B	Ligne P	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	1	1	1	-	-	6	
	Programme sur le plancton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-	-	5	
	Programme de planeurs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	
	Flotteurs ARGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	
	NEPTUNE d'ONC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
	Pêches	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
	Navires de passage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	
	Bouées dérivantes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	
	Projet des bouteilles flottantes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	

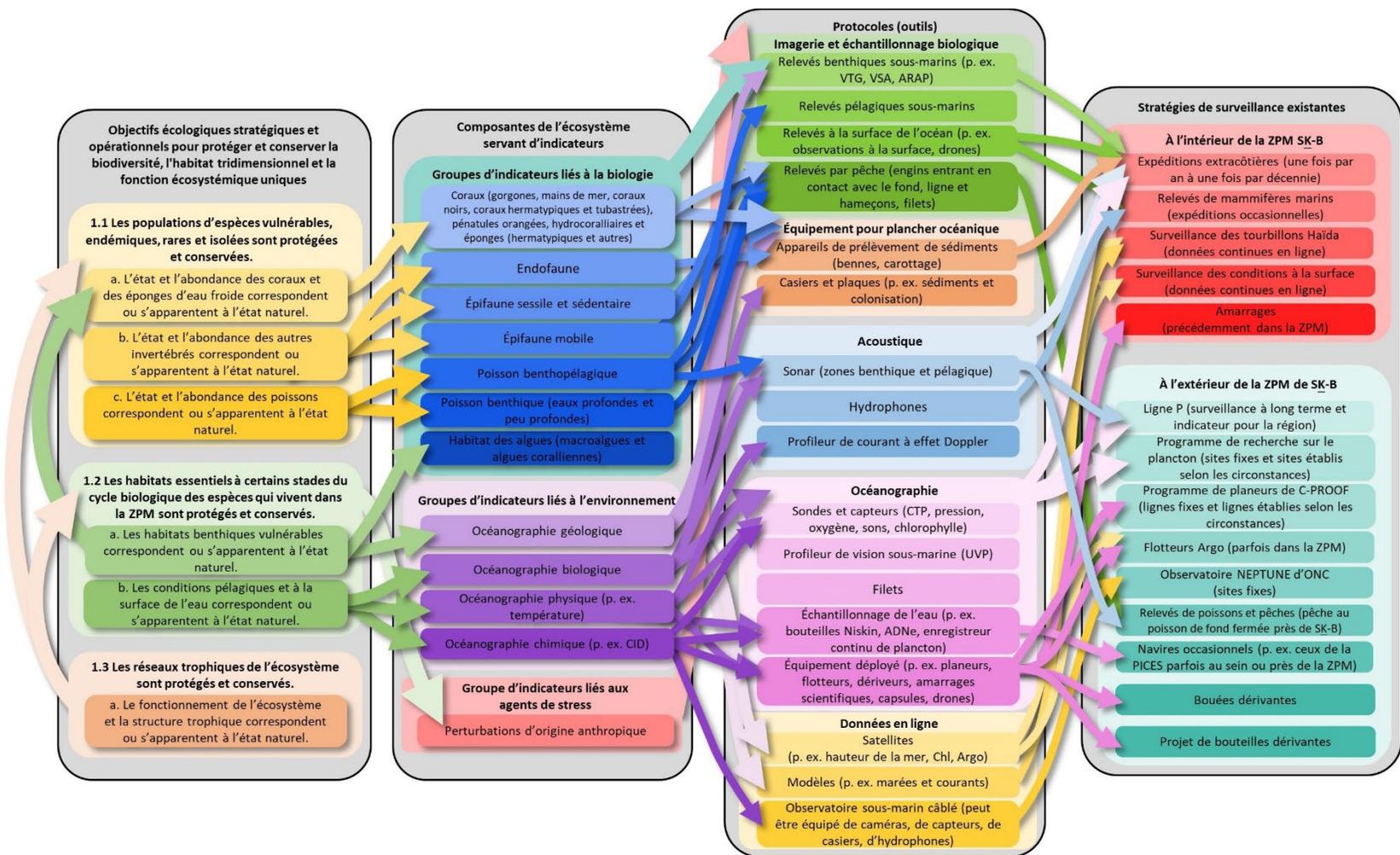


Figure 23. Liens entre les quatre principales composantes du cadre de surveillance : les objectifs écologiques stratégiques et opérationnels et la surveillance des regroupements de composantes écosystémiques d'indicateurs (les paramètres ne sont pas représentés), les protocoles (outils) et les stratégies. Le graphique peut être utilisé dans les deux sens pour faciliter l'élaboration d'un plan de surveillance. Par exemple, (en travaillant de gauche à droite) la plupart des objectifs opérationnels et des regroupements d'indicateurs ont plusieurs options d'outils pour la surveillance et (en travaillant de droite à gauche) les expéditions au large et la ligne P utilisent le plus grand nombre de ces outils. Les tableaux sommaires 12 à 14 donnent des détails sur les options d'outils privilégiées. L'outil choisi pour un groupe d'indicateurs dépend du paramètre mesuré.

10.2. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- Le présent document de recherche jette les bases de la prochaine étape essentielle de la gestion de la ZPM SK-B, l'élaboration d'un plan de surveillance écologique. Nous avons préparé un avis sur les indicateurs de surveillance (composantes écosystémiques et paramètres), les protocoles (outils, méthodes, etc.) et les stratégies (programmes) pour guider la gestion et la surveillance de la ZPM SK-B. Le cadre fournit un résumé des options de surveillance des objectifs de conservation écologique énoncés dans le plan de gestion et contient des recommandations précises, le cas échéant.
- Les prochaines étapes supplémentaires recommandées sont les suivantes :
 - les praticiens et les chercheurs chargés de la surveillance intègrent l'information fournie et en font rapport (dans le cadre de la gestion adaptative);
 - un examen des objectifs opérationnels par le Conseil de gestion de la ZPM SK-B (plus d'information ci-après; fait partie du cadre de gestion adaptative);
 - les futurs documents et produits livrables sur la surveillance et la gestion prennent en considération, utilisent ou étoffent les façons dont le cadre de surveillance de la ZPM SK-B a été créé conjointement par les Nations qui la gèrent en collaboration, le CNH et le gouvernement du Canada (p. ex. intégration du savoir traditionnel haïda, de la langue et des noms haïda, reconnaissance de l'importance culturelle et écologique pour les Haïdas);
 - la communauté des praticiens de la ZPM crée un lexique commun (p. ex. de ce qui constitue les renseignements de référence et des définitions de travail pour des termes tels que « état naturel »);
 - les futurs cadres ou plans de surveillance des sites ou de la région utilisent les renseignements applicables fournis dans le présent document ou y renvoient, plutôt que de reproduire l'effort concerté visant à regrouper les connaissances et les pratiques exemplaires dans le présent document de recherche.
- Les indicateurs, les protocoles et les stratégies proposés devront être revus, réévalués ou peaufinés dans le cadre de gestion adaptative à mesure que de nouvelles données, méthodes (p. ex. les technologies émergentes liées aux hydrophones et à l'ADNe) et informations et des possibilités d'échantillonnage deviendront disponibles.
- Les anciennes montagnes volcaniques sous-marines de la ZPM SK-B sont relativement stables depuis des dizaines de milliers d'années. Les perturbations de leur état naturel ont commencé il y a plus d'un siècle avec la chasse commerciale à la baleine, suivie de la pêche commerciale cinquante ans plus tard.
- Les changements actuels et prévus dans la ZPM SK-B, liés à la protection et à la conservation de sa biodiversité, de son habitat structurel et des fonctions de son écosystème, comprennent l'interdiction récente de la pêche au moyen d'engins entrant en contact avec le fond et les effets permanents des engins de pêche perdus, des changements climatiques, du trafic maritime et d'autres activités anthropiques (p. ex. l'exploitation de ressources non renouvelables en dehors de la ZPM, comme l'exploitation minière des grands fonds marins). Les réactions écologiques à des conditions changeantes peuvent se produire immédiatement (p. ex. la protection et le maintien prévus par l'interdiction ou la gestion d'une activité) ou prendre des siècles ou plus à se manifester (p. ex. le rétablissement d'espèces longévives et à croissance lente comme les éponges et les coraux d'eau froide). Il faut tenir compte, dans les plans de surveillance, des délais propres aux indicateurs (p. ex. durée de génération, décalage de la réaction) et de

l'historique de la perturbation ou de la protection dans la conception et la mise en œuvre des calendriers de surveillance.

- Nous recommandons que les décisions futures concernant les indicateurs de surveillance de la ZPM SK-B soient fondées sur les regroupements proposés de composantes écosystémiques (notamment les regroupements de coraux d'eau froide, d'éponges, d'autres invertébrés, de poissons, d'habitats benthiques sensibles, de conditions environnementales et d'agents de stress), les paramètres et les priorités (p. ex. les espèces indicatrices et les mesures de l'état et de l'abondance) fournis dans le document de recherche.
- Parmi les indicateurs proposés, la surveillance des coraux et éponges d'eau froide répond au plus grand nombre d'objectifs opérationnels (tableau 12).
- De nombreuses composantes (p. ex. les seuils et points de référence, le décalage de la réaction, le potentiel de rétablissement, la vulnérabilité) nécessaires à la mise en œuvre d'un plan de surveillance efficace à long terme sont inconnues pour le moment.
- Nous recommandons que les décisions futures concernant la surveillance de la ZPM SK-B tiennent compte de l'application des protocoles (outils) proposés dans le document de recherche. Les options fournies couvrent adéquatement les composantes écosystémiques des indicateurs et les mesures proposées et sont utilisées dans la région dans le cadre des stratégies (programmes) actuelles.
- Parmi les outils proposés, les équipements submersibles sont les plus polyvalents, surtout si le véhicule est muni de capteurs montés et de la capacité de prélever des spécimens et des échantillons d'eau (p. ex. VTG), suivis des échantillons d'eau (et plus encore en cas d'échantillonnage de l'ADNe) (tableau 13).
- Nous recommandons que des recherches futures examinent l'adéquation de technologies émergentes telles que l'ADNe et les hydrophones.
- Tous les outils énumérés sont disponibles par l'entremise d'au moins une des stratégies de surveillance existantes (à l'intérieur ou à l'extérieur de la ZPM SK-B), à l'exception des images pélagiques utilisées spécifiquement pour la surveillance des poissons benthopélagiques (tableau 1 : 1.1.C), ainsi que des plaques de fixation et des pièges à sédiments pour la surveillance des processus océanographiques biologiques et géologiques dans les habitats benthiques sensibles (tableau 1 : 1.2.a).
- Nous recommandons que les décisions futures concernant les stratégies de surveillance de la ZPM SK-B envisagent d'utiliser les 14 programmes précédents et actuels (y compris l'éventuelle expansion spatiale englobant la ZPM SK-B ou l'extrapolation de données). L'importance des données d'un programme et de leur disponibilité sur une plateforme commune est cruciale.
- Parmi les stratégies existantes, les expéditions au large sont les plus polyvalentes en ce qui concerne les outils (se traduisant en options pour les indicateurs), suivies de la ligne P et du programme sur le plancton (tableau 14). Avec l'ajout de ressources de données en ligne, la combinaison de ces stratégies existantes pourrait fournir des données pour traiter au moins un aspect des six objectifs opérationnels de conservation écologique (figure 23).
- Il n'y a pas encore de séries chronologiques sur les stratégies permanentes de surveillance directement liées à la ZPM SK-B. Bien qu'il existe des stratégies de surveillance pertinentes à long terme ou répétées à l'extérieur de la ZPM, la plupart des données de référence existantes « à l'intérieur de la ZPM SK-B » proviennent de projets de recherche individuels (et non d'études de séries chronologiques prévues) et il convient de les évaluer

soigneusement pour déterminer si elles peuvent être utilisées dans le programme de surveillance. Cependant, il existe une étude pilote pour la surveillance à long terme des sites benthiques. En 2018, nous avons établi des dizaines de sites à l'intérieur de la ZPM SK-B et du projet de ZPM ThT (Gartner *et al.* 2022). Les premières données des séries chronologiques ont été recueillies pour le mont sous-marin Dellwood en 2021 et dans la ZPM SK-B en 2022.

- L'écosystème de la ZPM SK-B est unique. Il faut faire preuve de prudence pour tirer des inférences à partir d'autres écosystèmes (p. ex. d'autres monts sous-marins peu profonds et des milieux côtiers à proximité).
- Le caractère unique de la ZPM, les limites des données existantes et les ressources requises pour exécuter certaines méthodes peuvent compliquer l'élaboration de plans d'échantillonnage. Par exemple, il n'existe pas de site de référence idéal pour l'écosystème de la ZPM SK-B.
- Les mesures de conservation limitées à l'étendue spatiale de la ZPM SK-B pourraient ne pas être efficaces pour protéger et conserver les populations reproductrices ou la productivité. Les populations reproductrices qui ensemencent la ZPM peuvent se trouver à Haida Gwaii ou ailleurs sur la côte et être poussées par les tourbillons Haïda, un important sujet de recherche future.
- La surveillance des activités anthropiques et de leurs impacts est fondamentale pour interpréter les résultats de la surveillance du rendement écologique et pour évaluer l'efficacité de la gestion de la ZPM. Nous recommandons que le futur plan de surveillance écologique de la ZPM SK-B intègre des données et de l'information recueillies par tous les autres programmes de surveillance de la ZPM.
- Un échange des données entre tous les praticiens de la surveillance de la ZPM SK-B sera indispensable pour interpréter les changements détectés, ou l'absence de ces derniers, dans le contexte des effets cumulatifs et de l'efficacité des mesures de gestion. Une tendance détectée sera le résultat de divers agents de stress, tant positifs que négatifs. Par exemple, alors qu'une tendance écologique globale peut être « négative », des mesures de gestion individuelles peuvent être efficaces pour éliminer ou réduire les agents de stress et créer des pressions positives. Un scénario prévu envisage que les impacts des changements climatiques (impossibles à gérer à l'échelle de la ZPM) vont entraîner des tendances négatives en général, tandis que les mesures d'atténuation d'agents de stress gérables (p. ex. la pêche) seront des pressions positives essentielles.
- Nous déterminons la surveillance d'autres objectifs de conservation pertinents pour la surveillance écologique. Il existe des liens entre la surveillance des six principaux objectifs de conservation écologique du but 1 du plan de gestion (CNH et MPO 2019) et la surveillance proposée de la pêche (2.1, 3.2.b), du trafic maritime (2.2, 3.2.c), des activités scientifiques (2.3, 3.2.b), du tourisme maritime (2.4), des activités d'extraction de ressources non renouvelables à l'extérieur de la ZPM (2.5), des espèces de passage (3.2.d) et des collaborations proposées dans le cadre d'initiatives plus vastes comme la recherche sur les changements climatiques (4.1.b).
- Le plan de gestion adopte une approche écosystémique pour ses objectifs opérationnels; par conséquent, il est nécessaire (i) de comprendre les relations et les processus dynamiques à différentes échelles et (ii) de surveiller un éventail accru de conditions environnementales et de composantes écologiques. Nous proposons un modèle de structure trophique pour fournir le contexte des liens entre les composantes écosystémiques d'intérêt et les effets en cascade possibles des changements détectés.

-
- La structure trophique et les fonctions de l'écosystème ont été analysées au moyen d'un modèle conceptuel du réseau trophique, bien que les données directes sur les relations trophiques à l'intérieur de la ZPM SK-B soient limitées. Des paramètres d'analyse des contenus stomacaux et des biomarqueurs trophiques ont été proposés comme méthodes supplémentaires de surveillance des changements dans la structure trophique. Il est recommandé d'élargir la recherche sur la modélisation écosystémique précédente de la structure trophique de la ZPM SK-B et de la comparer soigneusement aux environnements côtiers afin de consolider les efforts de surveillance.
 - L'utilisation d'outils non destructifs est conforme au plan de gestion, mais présente des limites, notamment en ce qui concerne la recherche visant à préciser les interactions trophiques et le fonctionnement de l'écosystème. En ce qui concerne l'échantillonnage extractif, il y a des avantages et des inconvénients à considérer pour utiliser des relevés de pêche ciblée pour étudier ces relations trophiques par rapport à d'autres relevés d'échantillonnage (p. ex. au moyen de véhicules sous-marins téléguidés).
 - Dans la mesure du possible, il faut choisir en priorité des protocoles et des stratégies qui sont peu invasifs et qui recueillent des données pour plusieurs composantes écosystémiques pertinentes.
 - La surveillance de référence et la recherche visant à combler des lacunes cernées dans les connaissances doivent avoir la priorité (p. ex. cartographie multifaisceaux à haute résolution et modélisation de la répartition des espèces, réactions prévues aux changements climatiques).
 - La protection et la conservation de façon à ce qu'une composante écosystémique « corresponde ou s'apparente à l'état naturel » exigent une interprétation réfléchie, surtout en ce qui a trait aux changements climatiques. Le plan de gestion de la ZPM SK-B définit le terme comme suit : « Variation naturelle des conditions, de la portée ou de la répartition, d'une composante de l'écosystème (p. ex. une espèce, un processus écologique ou une qualité environnementale). Dans les zones où se déroulent des activités anthropiques, cela signifie que ces activités ne causent pas de différences mesurables » (DFO et CNH 2019).
 - Un plan complet de gestion des données a été mis en lumière comme un élément fondamental des futurs plans de surveillance. La complexité des programmes de surveillance multidisciplinaires nécessitera d'allouer un budget et des ressources humaines considérables pour favoriser l'assemblage, la gestion et l'évaluation des données recueillies. Les flux d'information et de données doivent être bien documentés et ouvertement accessibles pour favoriser la répétabilité et la reproductibilité. Le plan de gestion des données doit adopter des normes telles que les principes FAIR (faciles à trouver, accessibles, interopérables, réutilisables; Wilkinson *et al.* 2016) et CARE (avantage collectif, autorité en matière de contrôle, responsabilité et éthique; Carroll *et al.* 2020).
 - Il faut recourir à des rapports faciles à lire et comprendre l'efficacité des mesures de gestion de la ZPM pour communiquer les résultats de la recherche sur les plans de surveillance au personnel de gestion et au grand public. L'une des options est l'utilisation d'un concept de « fiche de rendement » – un outil efficace qui devrait théoriquement être normalisé dans toutes les instances canadiennes.
 - La gestion coopérative de la ZPM doit être adaptative et réactive, et les nouveaux renseignements obtenus grâce à la surveillance doivent être intégrés à un processus itératif de réexamen des plans de gestion et de surveillance, par exemple : à mesure que la surveillance de référence se poursuit; à mesure qu'un lexique commun est élaboré; à mesure que les changements climatiques progressent; et en réaction aux menaces

émergentes (p. ex. l'exploitation minière potentielle en eaux profondes dans les eaux adjacentes).

- Il est recommandé que les décisions futures sur la gestion de la ZPM SK-B tiennent compte de l'évaluation des objectifs de conservation écologique figurant dans ce document de recherche, lorsque les composantes de quatre des six objectifs opérationnels peuvent être irréalisables (tels que rédigés, en raison des changements climatiques ou de facteurs sensibles au temps). Par exemple, les changements climatiques rendront très improbable l'atteinte de certains objectifs opérationnels tels qu'ils sont rédigés. La gestion des variables climatiques (p. ex. « Les conditions pélagiques et les conditions à la surface de l'eau correspondent ou s'apparentent à l'état naturel. ») est irréaliste, mais il peut être possible de gérer les impacts sur d'autres objectifs de la ZPM avec des efforts d'atténuation.
- Les changements climatiques ont des effets sur les écosystèmes du Pacifique Nord-Est (p. ex. température, pH, oxygène, réseau trophique) et doivent être intégrés dans les plans de gestion et de surveillance de la ZPM (p. ex. on peut surveiller directement ou indirectement les répercussions prévues des changements climatiques si les délais et les mécanismes sont compris).
- Le cadre de surveillance de la ZPM SK-B pourrait favoriser l'élaboration de cadres et de plans de surveillance pour d'autres aires protégées ou régions en général, en particulier pour le projet de ZPM ThT au sud (qui comporte au moins 47 monts sous-marins et 35 champs hydrothermaux). En général, il existe des différences dans les processus de surveillance des ZPM et dans les termes utilisés par différentes régions et différents praticiens au Canada, et ces différences évoluent au fil du temps. Un effort visant à uniformiser les pratiques, au besoin, tout en continuant de promouvoir le développement et les innovations, constitue une solution à l'avenir.
- Les indicateurs, les protocoles et les stratégies de surveillance sont interreliés et les données de référence continueront d'aider à résoudre les voies les plus efficaces. Les recommandations de surveillance que nous proposons d'après les meilleurs renseignements disponibles sont détaillées dans le tableau 15.

Tableau 15. Résumé des indicateurs (composantes écosystémiques et paramètres), des protocoles et des stratégies proposés pour surveiller directement les populations d'espèces vulnérables, endémiques, rares et isolées, les habitats essentiels à certains stades du cycle biologique des espèces qui vivent dans la ZPM et les réseaux trophiques de l'écosystème de la zone de protection marine SGáan Kínglas-Bowie (ZPM SK-B) (CNH et MPO 2019 : objectifs stratégiques 1.1 à 1.3). Les informations sont indiquées par ordre de priorité (primaire, 1°, secondaire, 2°, tertiaire, 3°) ou non si l'ordre de priorité reste à déterminer (à déterminer). D'autres efforts de surveillance indirectement liés et pertinents pour les objectifs de conservation écologique sont inclus.

Objectifs opérationnels	Indicateurs de surveillance		Protocole de surveillance ¹	Stratégie de surveillance ^{1,2}	Autres efforts de surveillance
	Composantes	Paramètres			
1.1.a. L'état et l'abondance des coraux et des éponges d'eau froide correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	1° coraux : <i>Primnoa pacifica</i> et <i>Isidella tentaculalum</i> 2° coraux : autres gorgones ³ 3° coraux : autres espèces connues de coraux mous, de coraux noirs, de coraux hermatypiques, de madréporaires, de pennatules et d'hydrocoraux ³	1 : abondance 1 : état (santé) 2 : autres paramètres liés à la biologie (tableaux 3 à 6) 2 : autres paramètres liés à l'environnement et aux agents de stress (surveillance indirecte)	1 : relevés benthiques fondés sur l'imagerie (avec échantillonnage associé, le cas échéant) 2 : plaques de fixation Possibilité future : échantillons d'eau pour analyse de l'ADNe et hydrophones	1° expéditions au large	1° surveillance : changements climatiques (comme pour l'objectif opérationnel 1.2.b; concerne la protection, le maintien, la restauration) 1° surveillance : pêche (p. ex. la non-conformité concerne la protection) 2° surveillance : autres activités anthropiques (p. ex. trafic maritime, bruit sous-marin et débris marins) 3° surveillance : espèces de passage
	Espèces connues d'éponges siliceuses hermatypiques et autres éponges ³				
1.1.b. L'état et l'abondance des autres invertébrés correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	1° invertébrés : <i>Munida quadrispina</i> (épifaune mobile) 2° invertébrés : complexe d'ophiures (épifaune mobile) 3° invertébrés : autres espèces de l'endofaune connues, épifaune sessile et sédentaire et épifaune mobile ³				
1.1.c. L'état et l'abondance des poissons correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	1° poissons : veuve (<i>Sebastes entomelas</i>), bocaccio (<i>Sebastes paucispinis</i>), zaprora (<i>Zaprora silenus</i>), sébaste aux yeux jaunes (<i>Sebastes ruberrimus</i>), sébaste à tâches noires et à œil épineux (<i>Sebastes melanostictus</i> / <i>S. aleutianus</i>), flétan du Pacifique (<i>Hippoplallosus glostemonus</i>), morue charbonnière (<i>Anoplopoma fimbria</i>)		1° poissons benthiques des zones profondes et peu profondes : relevés benthiques par imagerie 2° poissons benthiques des zones profondes et peu profondes : relevés de pêche (peuvent fournir des échantillons biologiques précieux, mais enfreindre la réglementation en vigueur)		

Objectifs opérationnels	Indicateurs de surveillance		Protocole de surveillance ¹	Stratégie de surveillance ^{1,2}	Autres efforts de surveillance
	Composantes	Paramètres			
	<p>2 poissons : autres sébastes (<i>Sebastes</i> spp. et <i>Sebastolobus</i> spp.)</p> <p>3° poissons : autres espèces connues de poissons benthopélagiques, benthiques des zones peu profondes et benthiques des zones profondes³</p>		<p>1° poissons benthopélagiques : relevés pélagiques par imagerie</p> <p>2° poissons benthopélagiques : sonar</p> <p>2° poissons benthopélagiques : relevés de pêche (peuvent fournir des échantillons biologiques précieux, mais enfreindre la réglementation en vigueur)</p>		
1.2.a. Les habitats benthiques sensibles correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	Algues et macroalgues coralliennes formant un habitat : espèces connues ³		1 : relevés benthiques par imagerie (avec échantillonnage associé, le cas échéant)		
	Coraux et éponges formant un habitat : comme pour l'objectif opérationnel 1.1.a		Possibilité future : échantillons d'eau pour analyse de l'ADNe et hydrophones		
	Composantes écosystémiques liées à l'environnement et aux agents de stress, pouvant être d'origine géologique, physique, chimique et biologique	<p>1° productivité primaire et secondaire, température, courant, pH, oxygène (liste dictée principalement par les impacts des changements climatiques)</p> <p>2° autres paramètres⁴</p>	<p>1° télédétection (couverture complète relativement peu coûteuse) : données de satellites et de modèles</p> <p>2° in situ : sonar océanographique, capteurs, filets et échantillonnage de l'eau (à bord d'un navire, déployé ou monté sur d'autres outils)</p>	<p>1° télédétection : surveillance des tourbillons, de la surface de l'océan et au moyen d'amarrages</p> <p>2° télédétection : autres stratégies de surveillance à distance existantes⁵</p>	
1.2.b. Les conditions pélagiques et les conditions à la surface de l'eau correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.				<p>1° in situ : expéditions au large</p> <p>2° in situ : programmes de la ligne P, sur le plancton, de planeurs, de flotteurs Argo</p> <p>3° in situ : autres stratégies existantes⁵</p>	

Objectifs opérationnels	Indicateurs de surveillance		Protocole de surveillance ¹	Stratégie de surveillance ^{1,2}	Autres efforts de surveillance
	Composantes	Paramètres			
1.3.a. Le fonctionnement de l'écosystème et la structure trophique correspondent ou s'apparentent à l'état naturel.	1° composantes écosystémiques déjà surveillées/échantillonnées (voir précédemment) 2° autres composantes écosystémiques importantes à mesure qu'elles sont déterminées	Paramètres des contenus stomacaux et des biomarqueurs trophiques ⁶	Orientations fournies dans le texte et le tableau 10, mais directives précises à déterminer dans le cadre de la surveillance de référence (limitée par la capacité de recueillir des échantillons biologiques)		

¹ La pertinence des protocoles (outils) et des stratégies (programmes) changera au fil du temps (p. ex. avec l'évolution des techniques, des technologies et des efforts de surveillance). Les listes fournies sont basées sur les meilleures connaissances actuellement disponibles. Des options et considérations supplémentaires sont fournies dans le texte.

² Des orientations sur les méthodologies sont fournies dans le texte, mais les directives précises restent à déterminer dans le cadre de la surveillance de référence, ainsi que de la recherche et de la détermination d'indicateurs (composantes écosystémiques et paramètres), de protocoles et de stratégies précis (p. ex. la fréquence d'échantillonnage peut être influencée par le coût et doit également tenir compte de la durée de génération et des changements prévus).

^{3, 4, 5, 6} Énumérés dans : tableau 1 et Du Preez et Norgard 2022 : tableau A10, tableaux 6 et 7, section 5.2 et tableau 11, et tableau 10, respectivement.

11. ACRONYMES

ACB – Avantages pour la conservation de la biodiversité
ADCP – Profileur de courant à effet Doppler
ADN – Acide désoxyribonucléique
ADNe – ADN environnemental
ARAP – Appareil respiratoire autonome de plongée
AVHRR – Radiomètre perfectionné à très haute résolution
BACI – Avant-après témoin-impact
BOOTS – Bathyal Ocean Observation and Televideo System
BZEP – Biorégion de la zone extracôtière du Pacifique
C.-B. – Colombie-Britannique
CDB – Convention sur la diversité biologique
CEI – Composante écosystémique importante
CERE – Cadre d'évaluation du risque écologique
CID – Carbone inorganique dissous
CIEM – Conseil international pour l'exploitation de la mer
CNH – Conseil de la Nation haïda
C-PROOF – Installation canadienne d'observation de l'océan Pacifique par robotique
CTP – Conductivité, température et profondeur (ensemble d'instruments)
ECCC – Environnement et Changement climatique Canada
ECP – Enregistreur continu de plancton
EMV – Écosystème marin vulnérable
GIEC – Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GPS – Système de positionnement mondial
HBS – Habitat benthique sensible
ISM – Institut des sciences de la mer
MaPP – Partenariat de planification marine
MERIS – Spectromètre imageur à résolution intermédiaire
MOCNESS – Système d'échantillonnage environnemental à filets à ouverture et fermeture multiples
MODIS – Spectromètre imageur à résolution moyenne
MPO – Pêches et Océans Canada
NEPTUNE – Expériences en réseau de séries chronologiques sous-marines dans le Pacifique du Nord-Est (« North-East Pacific Time-Series Underwater Networked Experiments »)

NOAA – National Atmosphere and Oceanic Organization
NOC – National Oceanography Centre
ODP – Oscillation décennale du Pacifique.
ONC – Ocean Networks Canada
PICES – Organisation des sciences de la mer pour le Pacifique Nord
PRC – Programme de recherche sur les cétacés
PRISSM – Relevé aérien international de la mégafaune marine dans la région du Pacifique
PVS – Profileur de vision sous-marine
REBS – Complexe de sébaste à œil épineux/à taches noires
SCAS – Secrétariat canadien des avis scientifiques
SCC – Sous-courant de la Californie
SCF – Service canadien de la faune
SeaWiFS – Instrument à grand champ pour l'observation des mers
SI – Site d'intérêt
SIA – Système d'identification automatique
SIOOC – Système intégré d'observation des océans du Canada
SK-B – SGáan Kínghlas-Bowie
SMART – Spécifique, mesurable, atteignable, réaliste et limité dans le temps
SOPO – État de l'océan Pacifique
SST – Température de la surface de la mer
SVSEA – Stations vidéo sous-marines éloignées avec appâts
SVSR – Système de vidéo sous-marine remorqué
VSA – Véhicule sous-marin autonome
VSP – Véhicule sous-marin piloté
VTG – Véhicule sous-marin téléguidé
WHOI – Woods Hole Oceanographic Institution
ZIEB – Zone d'importance écologique et biologique
ZMO – Zone du minimum d'oxygène
ZNCN – Zones ne relevant pas de la compétence nationale
ZPM – Zone de protection marine

12. GLOSSAIRE (TERMES UTILISÉS)

L'un des défis que pose le travail sur un projet multidisciplinaire est l'utilisation de termes et leur signification, et la façon dont ils diffèrent d'un domaine à l'autre. Nous indiquons ci-après les termes utilisés dans ce rapport et leurs définitions.

- **Aptitude phénotypique** -- Capacité d'un animal, d'une espèce ou d'une population à survivre et à se reproduire dans l'environnement.
- **Cadre de surveillance** -- Un cadre de surveillance est comme une feuille de route qui fournit un résumé général de haut niveau des options appropriées choisies pour la surveillance des objectifs de conservation (ce qu'il faut surveiller [indicateurs], comment les surveiller [protocoles] et les moyens d'exercer la surveillance [stratégies]). Ces options sont classées par priorité, au besoin (p. ex. les plus appropriées, les plus pratiques ou les plus efficaces). Un cadre de surveillance facilite l'élaboration future d'un plan de surveillance et est structuré en fonction d'une approche de gestion adaptative; il devrait donc tenir compte des besoins et des options actuels et futurs (p. ex. prévoit les possibilités futures de peaufiner les objectifs de conservation ou de revoir le cadre ou le plan pendant ou après la surveillance et les évaluations).
- **Composante écosystémique** -- Élément fondamental de l'environnement biologique, physique ou chimique qui représente une espèce, un habitat, une fonction, une structure ou un attribut explicite et tangible (c.-à-d. mesurable ou observable) (CNH et MPO 2019).
- **Conditions pélagiques** -- Qualités océanographiques dans la zone pélagique (p. ex. caractéristiques physiques, chimiques et biologiques).
- **Conservation** -- Protection, entretien et réhabilitation des ressources marines vivantes, de leurs habitats et des écosystèmes qui permettent leur subsistance (CNH et MPO 2019).
- **Dynamique des parcelles** -- Considère la population comme un assemblage interconnecté sur de grandes échelles spatiales. Le présent document de recherche comprend quatre paramètres de l'interaction des parcelles : la zone et la densité des parcelles, l'isolement et la proximité, la connectivité et la contagion.
- **Écosystème** -- Complexe dynamique composé de communautés de végétaux, d'animaux, de microorganismes et de leur milieu non vivant qui interagissent comme une unité fonctionnelle.
- **Épifaune** -- Faune benthique vivant sur le substrat, mais qui ne s'y enfouit pas.
- **Espèce endémique** -- Espèce dont l'aire de répartition est restreinte à une zone géographique limitée (qui se trouve seulement dans la ZPM SK-B).
- **Espèce localisée** -- Espèce dont l'aire de répartition est restreinte à une zone géographique particulière (qui se trouve seulement au large de la Colombie-Britannique).
- **Espèce rare** -- Espèce d'organismes qui ne se trouve qu'à quelques endroits (CDB 2008), très rare, rare ou rarement rencontrée.
- **Espèce vulnérable** -- Espèce inscrite comme telle par un organisme de réglementation national ou international (p. ex. LEP, composante écosystémique importante du Cadre d'évaluation du risque écologique, EMV, listes de la CITES).
- **Fonction de l'écosystème** -- Processus ou attributs physiques, chimiques et biologiques qui contribuent à l'autosuffisance de l'écosystème (CNH et MPO 2019).

-
- **Fourchette de l'état naturel** -- Variation naturelle des conditions, de la portée ou de la répartition d'une composante de l'écosystème (espèces, processus écologique, qualité environnementale). Dans les zones où se déroulent des activités anthropiques, cela signifie que ces activités ne causent pas de différences mesurables (DFO et CNH 2019). Par conséquent, en ce qui concerne les impacts des changements climatiques, cela sous-entend qu'il n'existe aucune différence mesurable, avec ou sans les répercussions directes ou indirectes des changements climatiques.
 - **Gestion adaptative** -- Approche de surveillance et de gestion qui facilite la prise de décisions liées aux processus scientifiques. Il s'agit d'une méthode normative, formelle et systématique qui permet aux gestionnaires de tirer des leçons des résultats obtenus grâce aux mesures de gestion mises en œuvre.
 - **Habitat benthique sensible** -- À l'instar des zones benthiques sensibles, les habitats benthiques sensibles sont des habitats vulnérables aux activités de pêche proposées ou existantes. La vulnérabilité est déterminée selon le degré des dommages que les activités de pêche peuvent produire dans l'habitat benthique, notamment en dégradant des fonctions de l'écosystème ou en perturbant la productivité. [Il s'agit historiquement de la pêche, mais s'étend à toute activité anthropique, y compris l'exploitation minière et les changements climatiques.]
 - **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 (Thornborough *et al.* 2016). Par conséquent, tout au long du présent document, nous examinons les « indicateurs » dans le contexte de deux éléments : 1) la « composante écosystémique » et 2) le « paramètre ».
 - **Necton** -- Organismes vivants capables de se déplacer indépendamment des courants. Comprend les poissons benthiques.
 - **Objectif de conservation** -- Description du niveau le plus élevé, global ou conceptuel de l'état futur souhaité (appuyée par deux niveaux hiérarchiques : les objectifs stratégiques et les objectifs opérationnels) (MPO 2012).
 - **Objectifs opérationnels** -- Composantes précises et mesurables des objectifs stratégiques qui décrivent les résultats attendus si la conception et la gestion de la ZPM sont fructueuses (MPO 2012).
 - **Objectifs stratégiques** -- Éléments particuliers du but de conservation (appuyés par les objectifs opérationnels) (MPO 2012).
 - **Paramètre** -- Données quantifiables qui peuvent être mesurées directement ou calculées (dérivées) à partir d'autres paramètres. Neves et ses collaborateurs (en préparation³) ont utilisé le terme « indicateurs d'état » et Thornborough et ses collaborateurs (2018) le terme « indicateur » (qui comportait un « élément mesurable »). Dans ce document, nous avons divisé le concept de l'indicateur entre (1) sa composante écosystémique et (2) sa composante mesurable (paramètre) et nous avons trouvé cette terminologie pour clarifier les choses entre les deux.
 - **Plan de surveillance** -- Un plan de surveillance donne des détails normatifs pour les voies de surveillance choisies (options) et permet une surveillance uniforme et répétée du succès des objectifs de conservation.

-
- **Points de référence** -- Valeurs associées à certains indicateurs précis que les gestionnaires cherchent à maintenir, à atteindre ou à éviter (DFO et CNH 2019). Par exemple, la fourchette de l'état naturel (ou l'habitat optimal) est un point de référence écologique. Ces valeurs doivent être déterminées au moyen de mesures de référence ou de la collecte et de l'analyse des données de surveillance (Cooper *et al.* 2011) (elles font partie intégrante des flux de données de surveillance et d'un plan de surveillance adaptative). Comme indiqué dans Kenchington 2014 : ils ne peuvent pas être définis à l'avance, après quoi un calcul peut déterminer si un seuil a été dépassé.
 - **Population** -- Groupe d'organismes d'une espèce qui se reproduisent entre eux et vivent en même temps dans la même zone géographique.
 - **Population de passage** -- Population qui est peu fréquente dans une région au fil du temps en raison de sa dispersion à partir des régions avoisinantes ou entre celles-ci, et qui ne maintient pas des populations locales viables.
 - **Protection** -- Éviter les dommages causés au poisson, à l'habitat du poisson et aux autres ressources naturelles par les activités anthropiques grâce à la surveillance, à l'application de la loi et à l'adoption de mesures de gestion favorisant le respect des politiques, des plans et des règlements pertinents (p. ex. protection des espèces en péril).
 - **Protocole** -- Les protocoles de surveillance décrivent les méthodologies particulières requises pour l'activité de surveillance, comme l'équipement, les techniques, le contrôle de la qualité, le calendrier, la fréquence et l'analyse des données (MPO 2012).
 - **Répartition** -- Aire de répartition dans l'espace où nous observons une espèce ou une population.
 - **Seuil** -- Point qui, lorsqu'il est atteint et/ou dépassé, déclenche une réaction.
 - **Spécimen de référence** -- Spécimen préservé qui sert d'enregistrement vérifiable et permanent d'un taxon.
 - **Stades du cycle biologique** -- La séquence des étapes du développement (stades) (p. ex. fixation, croissance, reproduction) qui, ensemble, constituent la stratégie du cycle biologique d'un organisme.
 - **Stratégies** -- Les stratégies de surveillance sont les moyens utilisés pour mettre en œuvre les protocoles de surveillance (MPO 2012).
 - **Structure trophique** -- Dans un écosystème, rapports alimentaires qui contribuent à l'acheminement du flux d'énergie et aux modèles des cycles chimiques.
 - **Surveillance** -- Activité de gestion continue fondée sur la collecte systématique de renseignements sur certains indicateurs pour offrir aux gestionnaires et aux intervenants des indicateurs dénotant l'ampleur des progrès réalisés relativement à l'atteinte des buts et des objectifs de gestion (CNH et MPO 2019).

13. REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tous les participants à la réunion du SCAS, en particulier Andrew Cooper (MPO) et Niisii Guujaaw (CNH) pour leurs précieux examens, Kate Thornborough, qui a envoyé des commentaires par courriel (un problème de fuseau horaire a limité sa participation) et Sarah Dudas (MPO), qui a présidé la réunion. De nombreux experts en la matière, dont Akash Sastri, Chelsea Stanley, Dana Haggarty, Debby Ianson, Karen Hunter, Lily Burke, Sheryl Murdock et Tetjana Ross, ont contribué ce document de recherche.

Ce cadre de surveillance a largement bénéficié des travaux réalisés récemment par Bárbara Neves et ses coauteurs³. Le succès des expéditions dans les monts sous-marins du Pacifique Nord-Est (Pac2017-036, Pac2018-103, Pac2019-014) est attribuable à l'équipe scientifique, aux partenaires de l'expédition (Conseil de la Nation haïda, Conseil tribal des Nuuchahnulth, Ocean Networks Canada, Ocean Exploration Trust, Oceana Canada) et à la Garde côtière canadienne. Nous soulignons aussi l'aide reçue du Comité directeur du SCAS, du bureau du SCAS et du Conseil de gestion de la ZPM SK-B.

14. RÉFÉRENCES CITÉES

- Allen, A.S., Yurk, H., Vagle, S., Pilkington, J., and Canessa, R. 2018. [The underwater acoustic environment at SGáan Kínghlas–Bowie Seamount Marine Protected Area: Characterizing vessel traffic and associated noise using satellite AIS and acoustic datasets](#). *Marine Pollution Bulletin* 128: 82-88.
- Althaus, F., Hill, N., Ferrari, R., Edwards, L., Przeslawski, R., Schönberg, C.H.L., Stuart-Smith, R., Barrett, N., Edgar, G., Colquhoun, J., Tran, M., Jordan, A., Rees, T., and Gowlett-Holmes, K. 2015. [A standardised vocabulary for identifying benthic biota and substrata from underwater imagery: The CATAMI classification scheme](#). *PLoS One* 10(10): 1–18.
- Amundsen, P.-A. and Sánchez-Hernández, J. 2019. [Feeding studies take guts – critical review and recommendations of methods for stomach contents analysis in fish](#). *Journal of Fish Biology* 95(6): 1364 –1373.
- Andrews, K.S., Nichols, K.M., Elz, A., Tolimieri, N., Harvey, C.J., Pacunski, R., Lowry, D., Yamanaka, K.L., and Tonnes, D.M. 2018. [Cooperative research sheds light on population structure and listing status of threatened and endangered rockfish species](#). *Conservation Genetics* 19: 865–878.
- Archer, S., Halliday, W., Riera, A., Mouy, X., MK, P., JWF, C., Dunham, A., and Juanes, F. 2018. [First description of a glass sponge reef soundscape reveals fish calls and elevated sound pressure levels](#). *Marine Ecology Progress Series* 595: 245–252.
- Audzijonyte, A., Kuparinen, A., Gorton, R., and Fulton, E.A. 2013. [Ecological consequences of body size decline in harvested fish species: positive feedback loops in trophic interactions amplify human impact](#). *Biology Letters* 9: 20121103.
- Auscavitch, S.R., Deere, M.C., Keller, A.G., Rotjan, R.D., Shank, T.M., and Cordes, E.E. 2020. [Oceanographic drivers of deep-sea coral species distribution and community assembly on seamounts, island atolls, and reefs within the Phoenix Island Protected Area](#). *Frontiers in Marine Science* 7: 42.
- Bagley, P.M., Priede, I.G., Jamieson, A.D., Bailey, D.M., Battle, E.J.V., Henriques, C., and Kemp, K.M. 2004. [Lander techniques for deep-ocean biological research](#). *Underwater Technology* 26(1): 3–12.
- Bailey, D.M., King, N.J., and Priede, I.G. 2007. [Cameras and carcasses: Historical and current methods for using artificial food falls to study deep-water animals](#). *Marine Ecology Progress Series* 350: 179–191.
- Bakun, A. 2006. [Wasp-waist populations and marine ecosystem dynamics: Navigating the “predator pit” topographies](#). *Progress in Oceanography* 68: 271 - 288.
- Ban, S., Curtis, J.M.R., St. Germain, C., Perry, R.I., and Therriault, T.W. 2016. [Identification of Ecologically and Biologically Significant Areas \(EBSAs\) in Canada’s Offshore Pacific Bioregion](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/034. x + 152 p.
- Beamish, R.J., McFarlane, G.A., and Benson, A. 2006. [Longevity overfishing](#). *Progress in Oceanography* 68(2–4): 289-302.
- Beamish, R., and Neville, C. 2003. The importance of establishing Bowie Seamount as an experimental research area. In: Beumer, J., Grant, A., & Smith, D.(eds). *Aquatic Protected Areas: What Works Best and How do We Know?* Australian Society for Fish Biology, pp. 652-663.

-
- Bednaršek, N., Naish, K.A., Feely, R.A., Hauri, C., Kimoto, K., Hermann, A.J., Michel, C., Niemi, A., and Pilcher, D., 2021. [Integrated Assessment of Ocean Acidification Risks to Pteropods in the Northern High Latitudes: Regional Comparison of Exposure, Sensitivity and Adaptive Capacity](#). *Frontiers in Marine Science* 8: 671497.
- Blankenship, L.E. and Yayanos, A.A. 2005. [Universal primers and PCR of gut contents to study marine invertebrate diets](#). *Molecular Ecology* 14(3):891-899.
- Boldt, J.L., Williams, K., Rooper, C.N., Towler, R.H., and Gauthier, S. 2018. [Development of stereo camera methodologies to improve pelagic fish biomass estimates and inform ecosystem management in marine waters](#). *Fisheries Research* 198: 66-77.
- Boldt, J., Anderson, E., King, J., Dennis-Bohm, H., Zubkowski, T., and Flostrand, L. 2020a. [Integrated Pelagic Ecosystem Survey on the Vancouver Island Continental Shelf, June 15 - July 15, 2019](#). *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3339: vii + 85 p.
- Boldt, J.L., Javorski, A., and Chandler, P.C. (Eds.). 2020b [State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2019](#). *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3377: x + 288 p.
- Boldt, J.L., Javorski, A., and Chandler, P.C. (Eds.). 2021. [State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2020](#). *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3434: vii + 231 p.
- Boutillier, J., Kenchington, E. and Rice, J. 2010. [A Review of the Biological Characteristics and Ecological Functions Served by Corals, Sponges and Hydrothermal Vents, in the Context of Applying an Ecosystem Approach to Fisheries](#). *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2010/048. iv + 36 p.
- Boyer, J.N., Kelble, C.R., Ortnier, P.B., and Rudnick, D.T. 2009. [Phytoplankton bloom status: Chlorophyll a biomass as an indicator of water quality condition in the southern estuaries of Florida, USA](#). *Ecological Indicators* 9(6): S56–S67.
- Boyle, M.D., Ebert, D.A. and Cailliet, G.M. 2012. [Stable-isotope analysis of a deep-sea benthic-fish assemblage: evidence of an enriched benthic food web](#). *Journal of Fish Biology* 80(5): 1485–1507.
- Brodeur, R. 1990. A synthesis of the food habits and feeding ecology of salmonids in marine waters of the North Pacific. (INPFC Doc.) FRI-UW-9016. *Fish. Res. Inst., Univ. Washington, Seattle*. 38 p.
- Brosset, P., Fromentin, J.-M., Ménard, F., Pernet, F., Bourdeix, J.-H., Bigot, J.-L., Van Beveren, E., Pérez Roda, M.A., Choy, S., and Saraux, C. 2015. [Measurement and analysis of small pelagic fish condition: A suitable method for rapid evaluation in the field](#). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 462: 90–97.
- Brusca, R.C., and Brusca, G.J. 1990. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Burton, D., and Burton, M. 2017. [Essential Fish Biology: Diversity, Structure and Function](#). Oxford University Press, Oxford, UK.
- Buchanan, S., Frey, M., and Keizer, A. 2015. [SGáan Kínghlas-Bowie Seamount At-sea Observer Coral and Sponge Sample Collection, May 2014](#). *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1261: iv + 19 p.

-
- Buchanan, S., Gartner, H., and Keizer, A. 2017. [SGáan Kínghlas - Bowie Seamount At-sea Observer Coral and Sponge Sample Collection, May 2015](#). Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 1273: iv + 18 p.
- Buchanan, S., Gartner, H. and Keizer, A. 2018. [SGáan Kínghlas - Bowie Seamount At-sea Observer Coral and Sponge Sample Collection, May and June 2016](#). Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 1282: v + 14 p.
- Burke, L., Clyde, G., Proudfoot, B., Rubidge, E.M., and J.C. Iacarella. 2022. Application of AIS- and flyover-based methods to monitor spatial and temporal trends of fishing in Canada's marine conservation areas. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3479: xi + 50 p.
- Buscher, E., Mathews, D.L., Bryce, C., Bryce, K., Joseph, D., and Ban, N.C. 2020 [Applying a Low Cost, Mini Remotely Operated Vehicle \(ROV\) to Assess an Ecological Baseline of an Indigenous Seascape in Canada](#). Front. Mar. Sci. 7(August): 1–12.
- C-PROOF Group. 2022. [About C-PROOF Mission](#).
- Canessa, R.R., Conley, K.W., and Smiley, B.D. 2003. Bowie Seamount pilot Marine Protected Area: an ecosystem overview report. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2461: xi + 85 p.
- Carroll, S.R., Garba, I., Figueroa-Rodríguez, O.L., Holbrook, J., Lovett, R., Materechera, S., Parsons, M., Raseroka, K., Rodriguez-Lonebear, D., Rowe, R., Sara, R., Walker, J.D., Anderson, J., and Hudson, M. 2020. [The CARE Principles for Indigenous Data Governance](#). Data Science Journal, 19(1), p. 43.
- Carter, E., and Leaman, B. 1981. Exploratory fishing of Bowie Seamount by the automated longliner M/V Viking Star August 28 - September 12, 1980. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 266: iv + 107 p.
- Carter, E., and Leaman, B. 1982. Exploratory fishing of Bowie Seamount by the M/V Star Wars II August 11-23, 1981. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 331: iii + 30 p.
- Caughlan, L., and Oakley, K.L. 2001. [Cost considerations for long-term ecological monitoring](#). Ecological Indicators 1: 123–134.
- Chaytor, J.D., Keller, R.A., Duncan, R.A., and Dziak, R.P. 2007. [Seamount morphology in the Bowie and Cobb hot spot trails, Gulf of Alaska](#). Geochemistry, Geophysics, Geosystems 8: Q09016.
- Christie, A. P., Amano, T., Martin, P. A., Shackelford, G. E., Simmons, B. I., and Sutherland, W. J. 2019. [Simple study designs in ecology produce inaccurate estimates of biodiversity responses](#). Journal of Applied Ecology, 56(12), 2742–2754.
- CHN (Council of the Haida Nation). 2018. [Bottom-contact fishing at SGáan Kínghlas closed](#). Accessed 2022-02-15.
- CHN and DFO (Fisheries and Oceans Canada). 2019. [SGáan Kínghlas-Bowie Seamount : 2019 marine protected area management plan = Gin siigee tl'a damaan Kínggaangs gin K'aalaagangs](#).
- Christiansen, B., Martin, B. and Hirsch, S. 2009. [The benthopelagic fish fauna on the summit of Seine Seamount, NE Atlantic: Composition, population structure and diets](#). Deep-Sea Research 56: 2705–2712.
- Chu, D., Parker-Stetter, S., Hufnagle, L.C., Thomas, R., Getsiv-Clemons, J., Gauthier, S., and Stanley, C. 2019. 2018 Unmanned Surface Vehicle (Saildrone) acoustic survey off the west coasts of the United States and Canada. OCEANS 2019 MTS/IEEE SEATTLE, pp. 1–7.

-
- Clark, L. 2022. Managing for a low-oxygen future: Informing vulnerability assessments for seamount MPAs within the oxygen minimum zone of the Canadian Pacific. UVic Directed Studies Thesis, Victoria, BC.
- Colaço, A., Giacomello, E., Porteiro, F., and Menezes, G.M. 2013. [Trophodynamic studies on the Condor seamount \(Azores, Portugal, North Atlantic\)](#). Deep Sea Research 98: 178–189.
- Conway, K.W., Krautter, M., Barrie, J.V., and Neuweiler, M. 2001. Hexactinellid sponge reefs on the Canadian continental shelf: A unique “Living Fossil”. Geoscience Canada, 28(2):71–78.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2008. Marine and coastal biodiversity. COP 9, Decision IX/20. Accessed on 2022-03-01.
- Cooper, A., Abbott, M., Allard, K., Chang, B., Courtenay, S., Doherty, P., Greenlaw, M., Ipsen, E., Koropatnick, T., Law, B., Losier, R., Martin, J., Methven, D., and Page, F. 2014. [Musquash Estuary Marine Protected Area \(MPA\): Data Assessment](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/001. v + 57 p.
- Cooper, J.A., Curran, K., Singh, R., Chang, B., and Page, F.H. 2011. [Musquash Estuary: A Proposed Monitoring Framework for the Marine Protected Area \(MPA\) and Intertidal Area Administered \(AIA\) by Fisheries and Oceans Canada](#). DFO. Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/055: vi + 38 p.
- Cordone, G., Lozada, M., Vilacoba, E., Thalinger, B., Bigatti, G., Lijtmer, D.A., Steinke, D., and Galván, D.E. 2022. [Metabarcoding, direct stomach observation and stable isotope analysis reveal a highly diverse diet for the invasive green crab in Atlantic Patagonia](#). Biological Invasions 24: 505–526.
- Costa, C., Loy, A., Cataudella, S., Davis, D., and Scardi, M. 2006. [Extracting fish size using dual underwater cameras](#). Aquaculture Engineering 35 (3): 218–227.
- Costalago, D., Forster, I., Nemcek, N., Neville, C.M., Perry, R.I., Young, K., and Hunt, B.P.V. 2020. [Seasonal and spatial dynamics of the planktonic trophic biomarkers in the Strait of Georgia \(northeast Pacific\) and implications for fish](#). Scientific Reports 10(1): 1 – 12.
- Crawford, W.R. 2002. [Physical characteristics of Haida Eddies](#). Journal of Oceanography 58: 703–713.
- Crawford, W.R., Rapatz, W.J., and Huggett, W.S., 1981. [Pressure and temperature measurements on seamounts in the North Pacific](#). Marine Geodesy 5(1): pp.43–54.
- Crawford, W.R., and Peña, M.A. 2016. [Decadal trends in oxygen concentration in subsurface waters of the Northeast Pacific Ocean](#). Atmosphere-Ocean 54(2): 171–192.
- Cullen, J.M., Shaw, E., and Baldwin, H.A. 1965. [Methods for measuring the three-dimensional structure of fish schools](#). Animal Behaviour 13: 534–543.
- Cummins, P.F. and Freeland, H.J. 2007. [Variability of the North Pacific Current and its bifurcation](#). Progress in Oceanography 75(2): 253–365.
- Cummins, P.F. and Masson, D. 2018. [Low-frequency isopycnal variability in the Alaska Gyre from Argo](#). Progress in Oceanography 168: 310–324.
- Cummins, P.F. and Ross, T. 2020. [Secular trends in the water properties at Station P in the northeast Pacific: An updated analysis](#). Progress in Oceanography 186: 102329.

-
- Curtis, J.M.R., Du Preez, C., Davies, S.C., Pegg, J., Clarke, M.E., Fruh, E.L., Morgan, K., Gauthier, S., Gatien, G., and Carolsfeld, W. 2015. [2012 Expedition to Cobb Seamount: Survey methods, data collections, and species observations](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3124: xii + 145 p.
- CWS (Canadian Wildlife Service). 2003. Draft map - Areas of importance to marine birds over and in the vicinity of Bowie Seamount, B.C. (As of January 20, 2003). Work in progress. Canadian Wildlife Service - Pacific and Yukon Region.
- Davies, C.E. 2021. [Invertebrate health in marine protected areas \(MPAs\)](#). Journal of Invertebrate Pathology 186: 107524.
- Davies, S.C., M. O, and J. A. Boutillier. 2011. [Recommendations for indicator selection for SGáan Kínghlas Bowie Seamount Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/069. vi + 30 p.
- de Blois, S. 2019. The 2017 Joint U.S. and Canada Pacific Hake Integrated Acoustic and Trawl Survey: Cruise Report SH-17-07. U.S. Department of Commerce, NOAA Processed Report NMFS-NWFSC 2019-02.
- de Leo, F., Mihály, S., Morely, M., Aguzzi, J., Smith, C.R., Puig, P., and Thomsen, L. 2018. Nearly a decade of deep-sea monitoring in Barkley Canyon, NE Pacific, using the NEPTUNE cabled observatory. 4th International Submarine Canyon Symposium.
- Devine, L., Kennedy, M.K., St-Pierre, I., Lafleur, C., Ouellet, M., and Bond, S. 2014. BioChem: the Fisheries and Oceans Canada database for biological and chemical data. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3073: iv + 40 pp.
- Devine, B.M., Wheeland, L.J., de Moura Neves, B., and Fisher, J.A.D. 2019. [Baited remote underwater video estimates of benthic fish and invertebrate diversity within the eastern Canadian Arctic](#). Polar Biology 42(7): 1323–1341.
- Devred, E., Hardy, M., and Hannah, C. 2021. [Satellite observations of the Northeast Pacific Ocean](#). Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 335: vii+46 p.
- DFO. 2010. Pacific Region Integrated Fisheries Management Plan, Groundfish, February 21, 2010 to February 20, 2011. 189 p.
- DFO. 2016. [Pacific Region Integrated Fisheries Management Plan, Groundfish, Effective Feb 21, 2016](#). Version 1.3. pp. 77.
- DFO. 2020. [Pacific Region Integrated Fisheries Management Plan: April 1, 2020 - March 31, 2021, Albacore tuna](#). Consulté 2022-02-18.
- DFO and FJMC (Fisheries Joint Management Committee). 2013. [Tarium Niriyutait marine protected areas: management plan](#). Fisheries and Oceans Canada, Winnipeg, MB. 58 p.
- DFO and NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2018. [A collaborative framework for joint DFO/NOAA ocean acidification research and monitoring](#). Consulté 2022-03-01.
- Dimoff, A. 2018. [Saildrones set out to monitor fish stock along West Coast](#). CBC News. Consulté 2022-03-01.
- Doherty, B. and Cox, S. 2017. [Data summary of trap camera video obtained during sablefish bottom longline fishing at SGáan Kínghlas-Bowie Seamount, 2014-2015](#). Can. Dat. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1276: iii + 20 p.

-
- Doherty, B., Johnson, S.D.N., and Cox, S.P. 2018. [Using autonomous video to estimate the bottom-contact area of longline trap gear and presence–absence of sensitive benthic habitat](#). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 75(5): 797–812.
- Dower, J.F. and Fee, F.J. 1999. [Oceans Background Report: The Bowie Seamount Area, Pilot Marine Protected Area in Canada's Pacific Ocean](#). Fisheries and Oceans Canada, Sidney, BC, p. 21.
- Drazen, J., Smith, C., Gjerde, K., Au, W., Black, J., Carter, G., Clark, M., Durden, J., Dutrieux, P., Goetze, E., Haddock, S., Hatta, M., Hauton, C., Hill, P., Koslow, J., Leitner, A., Measures, C., Pacini, A., Parrish, F., Peacock, T., Perelman, J., Sutton, T., Taymans, C., Tunnicliffe, V., Watling, L., Yamamoto, H., Young, E., and Ziegler, A. 2019. [Report of the workshop Evaluating the nature of midwater mining plumes and their potential effects on midwater ecosystems](#). Research Ideas and Outcomes 5: e33527.
- Du Preez, C. and Best, M. 2022. Marine Life of the Northeast Pacific. iNaturalist. Consulté 2022-03-01.
- Du Preez, C., Curtis, J.M.R., Davies, S.C., Clarke, M.E., and Fruh, E.L. 2015. [Cobb Seamount species inventory](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.3122: viii + 108 p.
- Du Preez, C., Curtis, J., and Clarke, M.E. 2016. [The structure and distribution of benthic communities on a shallow seamount \(Cobb Seamount, Northeast Pacific Ocean\)](#). PLOS ONE 11(10): e0165513.
- Du Preez, C., Gartner, H., Hawil-Wayanis, Clark, L., Du Preez, S., and Norgard, T. 2022. [Salmon Shark \(*Lamna ditropis*\) scratching behaviour using floating anthropogenic debris](#). Canadian Field-Naturalist 136(3): 274–280.
- Du Preez, C. et Norgard, T. 2022. [Détermination de zones de monts sous-marins représentatives dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/042. x + 149 p.
- Du Preez, C., Swan, K.D. and Curtis, J.M. 2020. [Cold-Water Corals and Other Vulnerable Biological Structures on a North Pacific Seamount After Half a Century of Fishing](#). Frontiers in Marine Science 7: 17.
- Du Preez, C., and Tunnicliffe, V. 2011. [Shortspine thornyhead and rockfish \(Scorpaenidae\) distribution in response to substratum, biogenic structures and trawling](#). Marine Ecology Progress Series 425: 217–231.
- Dunham, A., Dunham, J.S., Rubidge, E., Iacarella, J.C., and Metaxas, A. 2020. [Contextualizing ecological performance: Rethinking monitoring in marine protected areas](#). Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst. 30 (10): 2004–2011.
- 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.
- Dunlop, K.M., van Oevelen, D. Ruhl, H.A., Huffard, C.L., Kuhnz, L.A and Smith, K.L. 2016. [Carbon cycling in the deep eastern North Pacific benthic food web: Investigating the effect of organic carbon input](#). Limnology and Oceanography 61(6): 1956–1968.
- Dupont, N., Vikebø, F.B., and Langangen, Ø. 2022. [Assessing the patchiness of early life stage of a fish stock \(*Gadus morhua*\) and its contribution to the stock recruitment](#). Frontiers in Marine Science 9: 932169.
-

-
- Espinoza, M., Araya-Arce, T., Chaves-Zamora, I., Chinchilla, I., and Cambra, M. 2020. [Monitoring elasmobranch assemblages in a data-poor country from the Eastern Tropical Pacific using baited remote underwater video stations](#). *Scientific Reports* 10: 17175.
- Etnoyer, P.J. 2008. [A new species of *Isidella* bamboo coral \(Octocorallia: Alcyonacea: Isididae\) from northeast Pacific seamounts](#). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 121(4): 541–553.
- Faille, G., Laurian, C., McQuinn, I., Roy, V., Galbraith, P., Savenkoff, C., Côté, G. and Benoît, H.P. 2019. [Review of the indicators and recommendations for an Ecological Monitoring Plan for the Banc-des-Américains Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/065. v + 53 p.
- Fernandes, M.C., Aizenberg, J., Weaver, J.C., and Bertoldi, K. 2021. [Mechanically robust lattices inspired by deep-sea glass sponges](#). *Nature Materials*. 20: 237–241.
- Freeland, H. and Whitney, F. 2014. Unusual warming in the Gulf of Alaska. *PICES Press* 22 (2): 51–52.
- Freiwald, A., and Roberts, J.M. (eds). 2005. *Cold-Water Corals and Ecosystems*. Erlangen Earth Conference Series. xxxii + 1243 pp.
- Frey, O.T., and DeVogelaere, A.P. 2014. *The Containerized Shipping Industry and the Phenomenon of Containers Lost at Sea*. Marine Sanctuaries Conservation Series ONMS-14-07. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of National Marine Sanctuaries, Silver Spring, MD. 51 pp.
- Frid, A., McGreer, M., Haggarty, D.R., Beaumont, J., and Gregr, E.J. 2016. [Rockfish size and age: The crossroads of spatial protection, central place fisheries and indigenous rights](#). *Global Ecology and Conservation* 8: 170–182.
- Gage, J.D., and Bett, B.J. 2005. [Deep-Sea Benthic Sampling](#). *Methods Study Mar. Benthos Third Ed. (i)*: 273–325.
- Gale, K.S.P., Curtis, J.M.R., Morgan, K.H., Stanley, C., Szaniszló, W., Burke, L.A., Davidson, L.N.K., Doherty, B., Gatién, G., Gauthier, M., Gauthier, S., Haggarty, D.R., Ianson, D., Neill, A., Pegg, J., Wallace, K., and Zand, J.D.M. 2017. [Survey Methods, Data Collections, and Species Observations from the 2015 Survey to SGáan Kínghlas-Bowie Marine Protected Area](#). *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3206: vii + 94 p.
- Gallagar, S. 2005. *Sensors to Make Sense of the Sea*. Consulté 2022-02-15.
- García-Soto, C., Cheng, L., Caesar, L., Schmidtko, S., Jewett, E.B., Cheripka, A., Rigor, I., Caballero, A., Chiba, S., Báez, J.C., Zielinski, T., and Abraham, J.P. 2021. [An Overview of Ocean Climate Change Indicators: Sea Surface Temperature, Ocean Heat Content, Ocean pH, Dissolved Oxygen Concentration, Arctic Sea Ice Extent, Thickness and Volume, Sea Level and Strength of the AMOC \(Atlantic Meridional Overturning Circulation\)](#). *Frontiers in Marine Science* 8: 642372.
- Gartner, H., Norgard, T., Yakujanaas, J., Rangeley, R., Leith, M., MacIntosh, H., Du Preez, C. 2022. [Pacific Seamounts 2018 Expedition Report \(Pac2018-103 & NA097\)](#). *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3460: ix + 147 p.
- Gauthier, M. 2017. [Trap camera videos from SGáan Kínghlas – Bowie Seamount: Overview of data obtained during sablefish bottom longline trap fishing in 2016](#). *Can. Dat. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1279: iii + 18 p.

-
- Gauthier, M., Curtis, J.M.R., Gale, K.S.P., Archer, S.K., and Haggarty, D.R. 2018a. [SGáan Kínghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area Species Inventory: Algae, Cnidaria, Bryozoa, and Porifera](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3196: vi + 56 p.
- Gauthier, M., Curtis, J.M.R., Gale, K.S.P. and Haggarty, D.R. 2018b. [SGáan Kínghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area Species Inventory: Invertebrates \(Annelida, Arthropoda, Brachiopoda, Ctenophora, Echinodermata, and Mollusca\)](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3198: vi + 67 p.
- Gauthier, M., Curtis, J.M.R., Gale, K.S.P. and Haggarty, D.R. 2018c. [SGáan Kínghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area Species Inventory: Chordata](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3197: vi + 48 p.
- Genin, A., Dayton, P. K., Lonsdale, P. F., and Spiess, F. N. 1986. [Corals on seamount peaks provide evidence of current acceleration over deep-sea topography](#). Nature 322:59.
- Getso, B.U., Abdullahi, J.M., and Yola, I.A. 2017. [Length-weight relationship and condition factor of *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus* of Wudil River, Kano, Nigeria](#). Agro-Science 16 (1): 1-4.
- Giddens, J., Turchik, A., Goodell, W., Rodriguez, M. and Delaney, D. 2021. [The National Geographic Society deep-sea camera system: a low-cost remote video survey instrument to advance biodiversity observation in the deep ocean](#). Frontiers in Marine Science 7: 601411.
- Giddins, R. L., Lucas, J. S., Neilson, M. J., and Richards, G. N. 1986. Feeding ecology of the mangrove crab *Neosarmatium smithi* (Crustacea: Decapoda: Sesamidae). Marine Ecology Progress Series, 33(2), 147–155.
- Girard, F. and Fisher, C.R. 2018. [Long-term impact of the Deepwater Horizon oil spill on deep-sea corals detected after seven years of monitoring](#). Biological Conservation 225: 117–127.
- Girard, F., Shea, K. and Fisher, C.R. 2018. [Projecting the recovery of a long-lived deep-sea coral species after the Deepwater Horizon oil spill using state-structured models](#). Journal of Applied Ecology 55(4):1812–1822.
- Goetz, F.W., Jasonowicz, A.J., and Roberts, S.B. 2017. [What goes up must come down: Diel vertical migration in the deep-water sablefish \(*Anoplopoma fimbria*\) revealed by pop-up satellite archival tags](#). Fisheries Oceanography 27(2): 127–142.
- Golikov, A.V., Ceia, F.R., Sabirov, R.M., Ablett, J.D., Gleadall, I.G., Gudmundsson, G., Hoving, H.J., Judkins, H., Pálsson, J., Reid, A.L., Rosas-Luis, R., Shea, E.K., Schwarz, R. and Xavier, J.C. 2019. [The first global deep-sea stable isotope assessment reveals the unique trophic ecology of Vampire Squid *Vampyroteuthis infernalis* \(Cephalopoda\)](#). Scientific Reports 9: 19099.
- Goode, S.L., Rowden, A.A., Bowden, D.A., Clark, M.R., and Stephenson, F. 2021. [Fine-Scale Mapping of Mega-Epibenthic Communities and Their Patch Characteristics on Two New Zealand Seamounts](#). Frontiers in Marine Science 8: 765407.
- Gravem, S.A., Heady, W.N., Saccomanno, V.R., Alvstad, K.F., Gehman, A.L.M., Frierson, T.N., and Hamilton, S.L. 2021. *Pycnopodia helianthoides*. IUCN Red List of Threatened Species 2021.
- Green, D.H., and Edmunds, P.J. 2011. [Spatio-temporal variability of coral recruitment on shallow reefs in St. John, US Virgin Islands](#). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 397(2): 220–229.

-
- Gruber, N. 2011. [Warming up, turning sour, losing breath: ocean biogeochemistry under global change](#). Phil. Trans. R. Soc. A 368: 1980–1996.
- Grünbaum, D. 2012. [The logic of ecological patchiness](#). Interface Focus 2: 150–155.
- Gullage, L., Hayes, V., Neves, B.M., Wells, N., Cyr, F., et Murillo, F.J. 2022. [Évitement des espèces de coraux et d'éponges et mesures d'atténuation pendant les activités de forage exploratoire au large de Terre-Neuve-et-Labrador](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/059. vii + 161 p.
- Haida Marine Traditional Knowledge Study Participants, Janet Winbourne, and Haida Oceans Technical Team, Haida Fisheries Program. 2011a. [Haida Marine Traditional Knowledge Study. Volume 1: Methods and Results Summary](#).
- Haida Marine Traditional Knowledge Study Participants, Janet Winbourne, and Haida Oceans Technical Team, Haida Fisheries Program. 2011b. [Haida Marine Traditional Knowledge Study Volume 2: Seascape Unit Summary](#).
- Haida Marine Traditional Knowledge Study Participants, Janet Winbourne, and Haida Oceans Technical Team, Haida Fisheries Program. 2011c. [Haida Marine Traditional Knowledge Study Volume 3: Focal Species Summary](#).
- Haigh, R., Ianson, D., Holt, C.A., Neate, H.E., and Edwards, A.M. 2015. [Effects of ocean acidification on temperate coastal marine ecosystems and fisheries in the Northeast Pacific](#). PLoS ONE 10(2): e0117533.
- Hall, D. 2016. How drones in the sky unlock secrets of the sea. Smithsonian Magazine.
- Haggarty, D. 2013. Rockfish conservation areas in B.C.: our current state of knowledge. David Suzuki Foundation Report. 84 p.
- Hannah, C.G. and McKinnell, S. (Eds.). 2016. Applying remote sensing data to fisheries management in BC. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3156: vi + 32 p.
- Hardy, M., Devred, E., and Hannah, C. 2021. Satellite observations of the Northeast Pacific Ocean. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 335: vii + 46 p.
- Harriott, V.J., and Fisk, D.A. 1987. A comparison of settlement plate types for experiments on the recruitment of scleractinian corals. Marine Ecology Progress Series 37: 201–208.
- Heagney, E.C., Lynch, T.P., Babcock, R.C. and Suthers, I.M., 2007. [Pelagic fish assemblages assessed using mid-water baited video: standardising fish counts using bait plume size](#). Marine Ecology Progress Series 350: 255–266.
- Herlinveaux, R.H. 1971. Oceanographic features of and biological observations at Bowie Seamount, 14–15 Aug. 1969. Fish. Res. Board Can. Tech. Rep. No. 273.
- Herzer, R.H. 1971. [Bowie Seamount. A recently active, flat-topped seamount in the northeast Pacific Ocean](#). Canadian Journal of Earth Sciences 8(6): 676–687.
- Hewson, I., Button, J.B., Gudenkauf, B.M., Miner, B., Newton, A.L., Gaydos, J.K., Wynne, J., Groves, C.L., Hendler, G., Murray, M., Fradkin, S., Breitbart, M., Fahsbender, E., Lafferty, K.D., Kilpatrick, A.M., Miner, C.M., Raimondi, P., Lahner, L., Friedman, C.S., Daniels, S., Haulena, M., Marliave, J., Burge, C.A., Eisenlord, M.E., and Harvell, C.D. 2014. [Densovirus associated with sea-star wasting disease and mass mortality](#). Proc. Nat. Acad. Sci. USA 111(48): 17278–17283.
- Hilborn, A., Hannah, G., and Guan, L. 2024. Sea Surface Temperature in the Northeast Pacific. Github.
-

-
- Hirsch, S., and Christiansen, B. 2010. [The trophic blockage hypothesis is not supported by the diets of fishes on Seine Seamount](#). *Marine Ecology* 31: 107–120.
- Hobson, K.A. 1999. [Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review](#). *Oecologia* 120: 314 – 326.
- Hoeksema, B. W., and Cairns, S. 2022. World List of Scleractinia. *Lophelia pertusa* (Linnaeus, 1758). World Register of Marine Species.
- Holdsworth, A.M., Zhai, L., Lu, Y., and Christian, J.R. 2021. [Future Changes in Oceanography and Biogeochemistry Along the Canadian Pacific Continental Margin](#). *Frontiers in Marine Science* 8: 602991.
- Holland, K.N., and Grubbs, R.D. 2007. Fish visitors to seamounts: tunas and billfish at seamounts. In: Pitcher, T.J., Morato, T., Hart, P.J.B., Clark, M.R., Haggen, N., Santos, R. (eds) *Seamounts: ecology, fisheries and conservation*. Wiley-Blackwell, Oxford, 189–201.
- Hooper, J.N.A. 2003. ‘Sponguide’. Guide To Sponge Collection and Identification. *In Order A Journal On The Theory Of Ordered Sets And Its Applications*. Queensland Museum.
- Howell, K.L., Pond, D.W., Billett, D.S.M. and Tyler, P.A. 2003. [Feeding ecology of deep-sea seastars \(Echinodermata: Asteroidea\): a fatty-acid biomarker approach](#). *Marine Ecology Progress Series* 255: 193–206.
- Hristova, H.G., Ladd, C. and Stabeno, S.J. 2019. [Variability and trends of the Alaska Gyre from Argo and Satellite Altimetry](#). *Journal of Geophysical Research: Oceans* 124(8): 5870–5887.
- Hyde, J.R. and Vetter, R.D. 2007. [The origin, evolution, and diversification of rockfishes of the genus *Sabastes* \(Cuvier\)](#). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 44(2): 790–811.
- Iacarella, J.C., Lyons, D.A., Burke, L., Davidson, I.C., Therriault, T.W., Dunham, A., and DiBacco, C. 2020. [Climate change and vessel traffic create networks of invasion in marine protected areas](#). *Journal of Applied Ecology* 57(9): 1793–1805.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). 2009. Report of the ICES-NAFO Working Group on Deepwater Ecology (WGDEC), 9–13 March 2009, ICES CM 2009\ACOM:23. 94 pp.
- Iken, K., Brey, T., Wand, U., Voigt, J. and Junghans, P. 2001. [Food web structure of the benthic community at the Porcupine Abyssal Plain \(NE Atlantic\): a stable isotope analysis](#). *Progress in Oceanography* 50: 383–405.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
- Jacobus, J. and Webb, P.W. 2005. [Using fish distributions and behavior in patchy habitats to evaluate potential effects of fragmentation on small marsh fishes: a case study](#). *Journal of Great Lakes Research* 31 (Supplement 1): 197–211.
- Janes, J.M., Morris, C.M., Bennett, E.J., and Green, J.M. 2009. [Gilbert Bay Marine Protected Area Monitoring Plan](#). *Oceans, Habitat and Species at Risk Publication Series*, Newfoundland and Labrador Region. 0001: v + 12 p.
- Johnston, D.W. 2019. [Unoccupied aircraft systems in marine science and conservation](#). *Annual Review of Marine Science* 11: 439–463.
-

-
- Jones, D.T., Wilson, C.D., De Robertis, A., Rooper, C.N., Weber, T.C., and Butler, J.L. 2012. Evaluation of rockfish abundance in untrawlable habitat: combining acoustic and complementary sampling tools. *Fishery Bulletin U.S.* 110: 332–343.
- Joseph, V., Thériault, M.-H., Novaczek, I., Coffin, M., Cairns, D., Nadeau, A., Boudreau, M., Plourde, M.-A., Quijon, P.A. et Tummon Flynn, P. 2021. [Examen des activités de surveillance dans la zone de protection marine de Basin Head dans le contexte de leur efficacité pour l'évaluation de l'atteinte des objectifs de conservation](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/044. xii + 101 p.
- Juan-Jordá, M.J., Murua, H., Arrizabalaga, H., Dulvy, N.K., and Restrepo, V. 2018. [Report card on ecosystem-based fisheries management in tuna regional fisheries management organizations](#). *Fish and Fisheries*, 19(2): 321–339.
- Kenchington, T.J. 2010. [Environmental Monitoring of the Gully Marine Protected Area: A Recommendation](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/075: vi + 59 p.
- Kenchington, T.J. 2014. [A Monitoring Framework for the St. Anns Bank Area of Interest](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/117. vi + 77 p.
- Kenchington, E., Siferd, T., and Lirette, C. 2012. [Arctic Marine Biodiversity: Indicators for Monitoring Coral and Sponge Megafauna in the Eastern Arctic](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/003: v + 37 p.
- King, J., Boldt, J.L., Dennis-Bohm, H., Zubkowski, T., Anderson, E., Flostrand, L., and Tucker, S. 2019. [Integrated Pelagic Ecosystem Surveys on the Vancouver Island Continental Shelf, July 7 - August 2, 2017 and July 5 - July 29, 2018](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3318: xi + 115 p.
- Klimley, A.P. and Brown, S.T. 1983. Stereophotography for the field biologist: measurement of lengths and three-dimensional positions of free-swimming sharks. *Marine Biology* 74: 175–185.
- Klymak, J. 2019. C-PROOF glider Wall-e makes it to Station Papa. Canadian-Pacific Robotic Ocean Observing Facility Group.
- Knutsen, H., Catarino, D., Rogers, L., Sodeland, M., Mattingsdal, M., Jahnke, M., Hutchings, J.A., Mellerud, I., Espeland, S.H., Johanneson, K., Roth, O., Hansen, M.M., Jentoft, S., André, C., and Jorde, P.E. 2021. [Combining population genomics with demographic analyses highlights habitat patchiness and larval dispersal as determinants of connectivity in coastal fish species](#). *Molecular Ecology* 31: 2562–2577.
- Kronlund, A.R., and Yamanaka, K.L. 2001. Yelloweye rockfish (*Sebastes ruberrimus*) life history parameters assessed from areas with contrasting fishing histories. *In* Spatial Processes and Management of Marine Populations. Edited by G.H. Kruse and N. Bez and A. Booth and M.W. Dorn and S. Hills and R.N. Lipcius and D. Pelletier and C. Roy and S.J. Smith and D. Witherell. pp. 257–280.
- Kuriyama, P.T., Branch, T.A., Hicks, A.C., Harms, J.H., and Hamel, O.S. 2018. [Investigating three sources of bias in hook-and-line surveys: survey design, gear saturation, and multispecies interactions](#). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 76(2): 192–207.
- Lacko, L.C., Acheson, S.M., and Connors, B.M. 2021. [Summary of the annual 2020 sablefish \(*Anoplopoma fimbria*\) trap survey, October 7 - November 21, 2020](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3431: vi + 50 p.
-

-
- Ladd, C., Crawford, W.R., Harpold, C.E., Johnson, W.K., Kachel, N.B., Stabeno, P.J., and Whitney, F. 2009. [A synoptic survey of young mesoscale eddies in the Eastern Gulf of Alaska](#). *Deep-Sea Research II* 56: 2460–2473.
- Laptikhovskiy, V., Naulaerts, J., Clingham, E., Collins, M.A., Cranfield, M., Henry, L., Small, A., Stamford, T., Xavier, J., and Wright, S. 2020. [Comparative feeding strategies of yellowfin tuna around St Helena and adjacent seamounts of the South Atlantic Ocean](#). *Journal of Applied Ichthyology* 37: 38–52.
- Larson, E.R., Graham, B.M., Achury, R., Coon, J.J., Daniels, M.K., Gambrell, D.K., Jonassen, K.L., King, G.D., LaRacuenta, N., Perrin-Stowe, T.I.N., Reed, E.M., Rice, C.J., Ruzi, S.A., Thairu, M.W., Wilson, J.C., and Suarez, A.V. 2020. [From eDNA to citizen science: emerging tools for the early detection of invasive species](#). *Frontiers in Ecology and the Environment* 18(4):194–202.
- Leitner, A.B., Neuheimer, A.B., and Drazen, J.C. 2020. [Evidence for long-term seamount-induced chlorophyll enhancements](#). *Scientific Reports* 10: 12729.
- Levin, P.S., Holmes, E.E., Piner, K.R. and Harvey, C.J. 2005. [Shifts in a Pacific Ocean fish assemblage: the potential influence of exploitation](#). *Conservation Biology*. 20(4): 1181–1190.
- Levin, L.A., Mengerink, K., Gjerde, K.M., Rowden, A.A., Van Dover, C.L., Clark, M.R., Ramirez-Llodra, E., Currie, B., Smith, C.R., and Sato, K.N. 2016. Defining “serious harm” to the marine environment in the context of deep-seabed mining. *Marine Pollution* 74: 245–259.
- Lewis, S., Coughlan, E., Pepin, P. and Skanes, K. 2017. [An assessment of the biological indicators for the Eastport Marine Protected Area \(MPA\): A case study in support of an ecosystem goods and services valuation of MPAs](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/001. v + 46 p.
- Lewis, S., Ramirez-Luna, V., Templeman, N., Simpson, M.R., Gilkinson, K., Lawson, J.W., Miri, C., and Collins, R. 2016. [A Framework for the Identification of Monitoring Indicators Protocols and Strategies for the Proposed Laurentian Channel Marine Protected Area \(MPA\)](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/093. v + 55 p.
- Liang, J., Feng, J.-C., Zhang, S., Cai, Y., Yang, Z., Ni, T. and Yang, Y.-Y. 2021. [Role of the deep-sea equipment in promoting the forefront of studies on life in extreme environments](#). *iScience* 2:103299.
- Litvinov, F. 2007. Fish visitors to seamounts: aggregations of large pelagic sharks above seamounts. In: Pitcher, T.J., Morato, T., Hart, P.J.B., Clark, M.R., Haggan, N., Santos, R. (eds) *Seamounts: ecology, fisheries and conservation*. Wiley-Blackwell, Oxford, p 202–206.
- Livingston, P.A., Aydin, K., Buckley, T.W. , Lang, G.M., Yang, M.-S., and Miller, B.S. 2017. [Quantifying food web interactions in the North Pacific – a data-based approach](#). *Environ. Biol. Fish.* 100: 443–470.
- Lochead, J.K. and Yamanaka, K.L. 2004. [A new longline survey to index inshore rockfish \(Sebastes spp.\): summary report on the pilot survey conducted in Statistical Areas 12 and 13, August 17 – September 6, 2003](#). Can Tech Rep. Fish Aquat. Sci. 2567.
- Loeza-Quintana, T., Abbott, C.L., Heath, D.D., Bernatchez, L., and Hanner, R.H. 2020. [Pathway to Increase Standards and Competency of eDNA Surveys \(PISCeS\)—Advancing collaboration and standardization efforts in the field of eDNA](#). *Environ. DNA* 2(3): 255–260.
- Loh, T.L., Archer, S.K., and Dunham, A. 2019. [Monitoring program design for data-limited marine biogenic habitats: A structured approach](#). *Ecol. Evol.* 9(12): 7346–7359.
-

-
- Loseto, L., T. Wazny, H. Cleator, B. Ayles, D. Cobb, L. Harwood, C. Michel, O. Nielsen, J. Paulic, L. Postma, P. Ramlal, J. Reist, P. Richard, P.S. Ross, S. Solomon, W. Walkusz, L. Weilgart and B. Williams. 2010. [Information in support of indicator selection for monitoring the Tarium Niryutait Marine Protected Area \(TNMPA\)](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/094. vi + 47 p.
- Manson, M.M. 2009. Small scale delineation of Northeast Pacific Ocean undersea features using Benthic Position Index. Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2864: iv + 16 p.
- Marine Biological Association. 2022. The Continuous Plankton Recorder. Consulté 2022-03-01.
- Marraffini, M.L., Ashon, G.V., Brown, C.W, Chang, A.L., and Ruiz, G.M. 2017. [Settlement plates as monitoring devices for non-indigenous species in marine fouling communities](#). Management of Biological Invasions 8(4): 559–566.
- McClain, C. R., Lundsten, L., Barry, J., and DeVogelaere, A. 2010. [Assemblage structure, but not diversity or density, change with depth on a northeast Pacific seamount](#). Marine Ecology 31: 14–25.
- McDaniel, N., Swanston, D., Haight, R., Reid, D., and Grant, G. 2003. Biological Observations at Bowie Seamount August 3-5, 2003. Preliminary Report Prepared for Fisheries and Oceans Canada.
- Merchant, N.D., Witt, M.J., Blondel, P., Godley, B.J., and Smith, G.H. 2012. [Assessing sound exposure from shipping in coastal waters using a single hydrophone and Automatic Identification System \(AIS\) data](#). Marine Pollution Bulletin 64(7): 1320–1329.
- Meyer-Kaiser, K., Bergmann, M., Soltwedel, T., and Klages, M. 2019. [Recruitment of Arctic deep-sea invertebrates: results from a long-term hard-substrate colonization experiment at the Long-Term Ecological Research observatory HAUSGARTEN](#). Limnology and Oceanography 64(5): 1924–1938.
- Miller, K.A., Thompson, K.F., Johnston, P., and Santillo, D. 2018. [An Overview of Seabed Mining Including the Current State of Development, Environmental Impacts, and Knowledge Gaps](#). Frontiers in Marine Science 4:428.
- MPO. 2009a. [Surveillance des contaminants dans la zone de protection marine du Gully](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/002.
- MPO. 2009b. [Bouées météorologiques](#). Accessed 2022-03-01.
- MPO. 2010a. [Indicateurs de surveillance de la zone de protection marine Tarium Niryutait \(ZPMTN\)](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/059.
- MPO. 2010b. [Examen des indicateurs, des protocoles et des stratégies de surveillance de la zone de protection marine de la baie Gilbert et évaluation de la population de morues de la baie Gilbert](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2010/027.
- MPO. 2012. [Développement d'un plan de suivi écologique de la zone de protection marine de l'estuaire du Saint-Laurent](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2012/039.
- MPO. 2013a. [Examen de la structure de la population de morue charbonnière du Pacifique Nord-Est et de son incidence sur les pêches canadiennes sur les monts sous-marins](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2013/017
- MPO. 2013b. [Protocoles et stratégies de surveillance pour les indicateurs sélectionnés dans la zone de protection marine \(ZPM\) Tarium Niryutait](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/061.
-

-
- MPO. 2013c. [Orientation sur la formulation des objectifs de conservation et la définition d'indicateurs et de protocoles et de stratégies de suivi pour les réseaux biorégionaux d'aires marines protégées](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/081.
- MPO. 2014. [Examen des indicateurs de surveillance, des protocoles et des stratégies pour la zone de protection marine \(ZPM\) de la baie Eastport](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/012.
- MPO. 2015a. [Application d'un cadre d'analyse du risque écologique visant à guider la gestion écosystémique des zones de protection marine du mont sous-marin Bowie \(SGaan Kinghlas\) et du champ hydrothermal Endeavour](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/037.
- MPO. 2015b. [Indicateurs, protocoles et stratégies de surveillance de l'aire marine protégée \(AMP\) proposée pour le chenal Laurentien](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/049.
- MPO. 2017a. [Adaptation des protocoles et des stratégies de surveillance pour la zone de protection marine de la baie Gilbert](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/021.
- MPO. 2017b. [FM 18 XII BUOY - Message d'observation provenant d'une bouée](#). Consulté 2022-03-01
- MPO. 2018a. [Base de données sur le zooplancton](#). Consulté 2022-03-01
- MPO. 2019a. [Aperçu Biophysique et Écologique de la Zone D'intérêt \(ZI\) Hauturière du Pacifique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2019/011.
- MPO. 2019b. [Révision des composantes de l'écosystème, indicateurs et relevés pour le suivi écologique de l'aire marine protégée du Banc-des-Américains](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci 2019/033.
- MPO. 2019c. [Les pêches du saumon dans la région du Pacifique](#). Consulté 2022-02-18.
- MPO. 2019d. [Effets des tourbillons Haïda et Sitka](#). Consulté 2022-03-01.
- MPO. 2019e. [Données canadiennes suivies](#). Consulté 2024-04-29.
- MPO. 2020. [Lignes directrices scientifiques sur les approches de surveillance et d'évaluation des réseaux biorégionaux marins](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2020/035.
- MPO. 2021a. [Cadre de suivi national sur les autres mesures de conservation efficaces par zone présentant des coraux ou des éponges](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/048.
- MPO. 2021b. [Détermination de zones de monts sous-marins représentatives dans la biorégion de la zone extracôtière du Pacifique, au Canada](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/041.
- MPO. 2021c. [Identifier vos prises](#). Consulté 2022-03-01.
- MPO. 2021d. [Poissons de fond, Région du Pacifique 2023. Résumé du plan de gestion intégrée des pêches](#). Consulté 2022-02-18.
- MPO. 2021e. [Activités océanographiques](#). Consulté 2022-03-01.
- MPO. 2022a. [Dénombrement du krill et autre plancton](#). Consulté 2022-02-15.
- MPO. 2022b. [Données du profileur de courant Doppler acoustique amarré \(ADCP\) archivées dans la base de données de l'Institute of Ocean Sciences, 1998 à aujourd'hui](#).

-
- MPO. 2022c. [Bouées dérivantes](#). Consulté 2022-03-01.
- MPO. 2022d. [Données biologiques et chimiques marines : la base de données BioChem](#). Consulté 2022-03-01.
- MPO. 2022e. [Deep-Sea Research sur les tourbillons Haida](#). Consulté 2024-05-10.
- MPO. 2023a. [Rapports et publications sur les poissons de fond du Pacifique](#). Consulté 2024-05-10.
- MPO. 2023b. [Données sur les prises du saumon et rapports d'examen des livres de bord](#). Consulté 2024-05-10.
- MPO. 2023c. [Norme de protection des aires marines protégées \(AMP\)](#).
- Moon, T.A., Druckenmiller, M.L., and Thoman, R.L (Eds.) 2021. [Arctic Report Card 2021](#).
- Morato, T., Hoyle, S.D., Allain, V., and Nicol, S.J. 2010. [Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean](#). PNAS 107(21): 9707–9711.
- Morgan, N.B., and Baco, A.R. 2021. [Recent fishing footprint of the high-seas bottom trawl fisheries on the Northwestern Hawaiian Ridge and Emperor Seamount Chain: A finer-scale approach to a large-scale issue](#). Ecological Indicators 121: 107051.
- Morgan, N.B., Goode, S., Roark, E.B., and Baco, A.R. 2019. [Fine scale assemblage structure of benthic invertebrate megafauna on the North Pacific Seamount Mokumanamana](#). Frontiers in Marine Science 6: 715.
- Morganti, T.M., Slaby, B.M., de Kluijver, A., Bussch, K., Hentschel, U., Middelburg, J.J., Grotheer, H., Mollenhauer, G., Dannheim, J., Rapp, H.T., Purser, A., Boetius, A. 2022. [Giant sponge grounds of Central Arctic seamounts are associated with extinct seep life](#). Nat Commun 13: 638.
- Morris, C.J., and Green, J.M. 2014. [MPA regulations should incorporate adaptive management—The case of Gilbert Bay Labrador Atlantic cod \(*Gadus morhua*\)](#). Marine Policy 49:20–28.
- Morris, C.J., and Green, J.M. 2017. [Assessment of Gilbert Bay’s Marine Protected Area Indicator Monitoring](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/055. v + 21 p.
- Murie, D.J., Saunders, M.W., and McFarlane, G.A. 1996. [Canadian trap-fishery for sablefish on seamounts in the northeastern Pacific ocean, 1983-1993](#). Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci No. 2348.
- Murray, N. 2019. Hundreds of floating ‘Sponge Bobs’ help track ocean currents. Peninsula News Review. Consulté 2022-02-28.
- Nichol, L.M., Gregr, E.J., Flinn, R., Ford, J.K.B., Gurney, R., Michaluk, L., and Peacock, A. 2002. [British Columbia Commercial Whaling Catch Data 1908 to 1967: A Detailed Description of the B.C. Historical Whaling Database](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2396: viii + 76 p.
- Nieto, K., Xu, Y., Teo, S.L.H., McClatchie, S., and Holmes, J. 2017. [How important are coastal fronts to albacore tuna \(*Thunnus alalunga*\) habitat in the Northeast Pacific Ocean?](#) Progress in Oceanography 150: 62–71.
- Nishida, K., Murakami, C., Yonezaki, S., Miyamoto, M., Okuda, T., and Kiyota, M. 2016. [Prey use by three deep-sea fishes in the Emperor Seamount waters, North Pacific Ocean, as revealed by stomach contents and stable isotopes analyses](#). Environmental Biology of Fishes 99: 335–349.

-
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2010. Summary of the Alaska Seamount exploration. Consulté 2022-02-15.
- NOAA. 2022. What is sonar? Consulté 2022-02-15.
- NOAA Fisheries. 2022. Status of Stocks 2021. Consulté 2022-11-30.
- Noble-James, T., Jesus, A., and McBreen, F. 2017. Monitoring guidance for marine benthic habitats (Revised 2018). In JNCC Report. Consulté 2022-03-01.
- NOC (The Nation Oceanography Centre). 2022. Gliders. Consulté 2022-02-28.
- Norling, K., Rosenberg, R., Hulth, S., Grémare, A., and Bonsdorf, E. 2007. Importance of functional biodiversity and species-specific traits of benthic fauna for ecosystem functions in marine sediment. *Marine Ecology Progress Series* 332: 11–23.
- O, M., Martone, R., Hannah, L., Greig, 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.
- Ocean Diagnostics Inc. 2021. Ascension. Consulté 2022-03-01.
- Oceans and Coastal Management Division. 2015. [Musquash Estuary Marine Protected Area Ecosystem Monitoring Plan \(2014-2019\)](#). Can. Manuscr. Rep. Fish Aquat. Sci. 3077: v + 17 pp.
- Oceans Navigator. 2024. GIOPS 10 Day Daily Mean Forecast.
- ONC (Ocean Networks Canada). 2022a. Conductivity – Temperature – Depth. Consulté 2022-02-15.
- ONC. 2022b. Oxygen Optode. Consulté 2022-02-15.
- ONC. 2022c. Observatories. Consulté 2022-03-01.
- ONC. 2023. Fluorometer. Consulté 2023-07-04.
- O'Regan, S.M., Archer, S.K., Friesen, S.K., and Hunter, K.L. 2021. [A Global Assessment of Climate Change Adaptation in Marine Protected Area Management Plans](#). *Frontiers in Marine Science* 8: 711085.
- Orr, J.W. and Hawkins, S. 2008. Species of the rougheye rockfish complex: resurrection of *Sebastes melanostictus* (Matsubara, 1934) and a redescription of *Sebastes aleutianus* (Jordan and Evermann, 1898) (Teleostei: Scorpaeniformes). *Fisheries Bulletin* 106(2): 111-134.
- Parks Canada Agency. 2022. [Parks Canada's 2020–21 Departmental Results Report](#). Consulté 2022-11-30.
- Parzanini, C., Parrish, C.C., Hamel, J.-F. and Mercier, A. 2019. [Reviews and syntheses: Insights into deep-sea food webs and global environmental gradients revealed by stable isotope \(\$\delta^{15}\text{N}\$, \$\delta^{13}\text{C}\$ \) and fatty acid trophic biomarkers](#). *Biogeosciences* 16: 2837–2856.
- Paulmier, A. and Ruiz-Pino, D. 2009. [Oxygen minimum zones \(OMZs\) in the modern ocean](#). *Progress in Oceanography* 80(3-4): 113–128.
- PICES (North Pacific Marine Science Organization). 2022. The Continuous Plankton Recorder Survey of the North Pacific. Consulté 2022-03-01.

-
- Picheral, M., Catalano, C., Brousseau, D., Cluastre, H., Coppola, L., Leymarie, E., Coindat, J., Dias, F., Fevre, S., Guidi, L., Irisson, J.O., Legendre, L., Lombard, F., Mortier, L., Penkerch, C., Rogge, A. Schemchtig, C., Thibault, S., Tixier, T., Waite, A., and Stemmann, L. 2022. [The underwater vision profiler 6: an imaging sensor of particle size spectra and plankton, for autonomous and cabled platforms](#). *Limnology and Oceanography: Methods* 20: 115–129.
- Picheral, M., Guidi, L., Stemmann, L., Karl, D.M., Iddaoud, G., and Gorsky, G. 2010. [The underwater vision profiler 5: an advanced instrument for high spatial resolution studies of particle size spectra and zooplankton](#). *Limnology and Oceanography: Methods* 8: 462–473.
- Pinnegar, J.K., Polunin, N.V.C., Francour, P., Badalamenti, F., Chemello, R., Harmelin-Vivien, M.-L., Hereu, B., Milazzo, M., Zabala, M., D'anna, G., and Pipitone, C. 2000. [Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area management](#). *Environmental Conservation* 27(2): 179–200.
- Pitcher, T.J., and Bulman, C. 2007. Raiding the larder: a quantitative evaluation framework and trophic signature for seamount food webs. In: Pitcher TJ, Morato T, Hart PJB, Clark MR, Haggan N, Santos R (eds) *Seamounts: ecology, fisheries and conservation*. Wiley-Blackwell, Oxford, p 282–295.
- Polunin, N.V.C., Morales-Nin, B., Pawsey, W.E., Cartes, J.E., Pinnegar, J.K., and Moranta, J. 2001. Feeding relationships in Mediterranean bathyal assemblages elucidated by stable nitrogen and carbon isotope data. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 220: 13–23.
- Post, D.M. 2002. [Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions](#). *Ecology* 83(3): 703–718.
- Quattrini, A.M., Demopoulos, A.W.J., Singer, R., Roa-Varon, A., and Chaytor, J.D. 2017. [Demersal fish assemblages on seamounts and other rugged features in the northeastern Caribbean](#). *Deep Sea Research Part I* 123: 90–104.
- Reeves, R. R., McClellan, K., and Werner, T.B. 2013. Marine mammal bycatch in gillnet and other entangling net fisheries, 1990-2011. *Endangered Species Research* 20:71–97.
- Reiss, H., Degraer, S., Duineveld, G.C.A., Kröncke, I., Aldridge, J., Craeymeersch, J.A., Eggleton, J.D., Hillewaert, H., Lavaleye, M.S.S., Moll, A., Pohlmann, T., Rachor, E., Robertson, M., Berghe, E.V., van Hoey, G., and Rees, H.L. 2010. [Spatial patterns of infauna, epifauna, and demersal fish communities in the North Sea](#). *ICES Journal of Marine Science* 67(2): 278–293.
- Reiswig, H.M. 2015. [First Lanuginellinae \(Porifera, Hexactinellida, Rossellidae\) from the NE Pacific and first species of *Doconesthes* from the Pacific Ocean](#). *Zootaxa* 3920 (4): 572–578.
- Reiswig, H.M. 2018. [Four new species of Hexactinellida \(Porifera\) and a name replacement from the NE Pacific](#). *Zootaxa* 4466 (1): 124–151.
- Rérolle, V.M.C., Floquet, C.F.A., Mowlem, M.C., Connelly, D.P., Achterberg, E.P., and Bellerby, R.R.G.J. 2012. [Seawater-pH measurements for ocean-acidification observations](#). *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 40: 146–157.
- Resources Legacy Fund. 2020. *Lessons Learned from California’s Marine Protected Area Network Monitoring Program*. 9 pp.
- Rice, A., Širović, A., Trickey, J.S., Debich, A.J., Gottlieb, R.S., Wiggins, S.M., Hildebrand, J.A., and Baumann-Pickering, S. 2021. [Cetacean occurrence in the Gulf of Alaska from long-term passive acoustic monitoring](#). *Marine Biology* 168: 72.

-
- Riera, A., Rountree, R.A., Mouy, X., Ford, J.K., and Juanes, F. 2016. [Effects of anthropogenic noise on fishes at the SGáan Kínghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area](#). Proc. Mtgs. Acoust. 27: 010005.
- Riitters, K.H., O'Neill, R.V., and Wickham, J.D. 1996. [A note on contagion indices for landscape analysis](#). Landscape Ecology 11(4): 197–202.
- Rogers, A.D. 2018. [Chapter four – the biology of seamounts: 25 years on](#). Advances in Marine Biology 79: 127–224.
- Rooper, C.N., Hoff, G.R., and De Robertis, A. 2010. Assessing habitat utilization and rockfish (*Sebastes* sp.) biomass in an isolated rocky ridge using acoustics and stereo image analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 67: 1658–1670.
- Rooper, C.N., Martin, M.H., Butler, J.L., Jones, D.T., and Zimmermann, M., 2012. Estimating species and size composition of rockfish in acoustic surveys of untrawlable areas using a remote operated vehicle bottom trawl, and stereo video camera. Fishery Bulletin U.S. 110: 317–331.
- Ross, T., Du Preez, C., and Ianson, D. 2020. [Rapid deep ocean deoxygenation and acidification threaten life on Northeast Pacific seamounts](#). Global Change Biology 26(11): 6424–6444.
- Roux, M.-J., Duplisea, D.E., Hunter, K.L., and Rice J. 2022. [Consistent Risk Management in a Changing World: Risk Equivalence in Fisheries and Other Human Activities Affecting Marine Resources and Ecosystems](#). Frontiers in Climate 3: 781559.
- Rubidge, E., Thornborough, K., and O, M. 2018. [Ecological Risk Assessment for the Effects of Human Activities on the SGáan Kínghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/012. viii + 98 p.
- Rykaczewski, R.R., Dunne, J.P., Sydeman, W.J., García-Reyes, M., Black, B.A. and Bograd, S.J., 2015. [Poleward displacement of coastal upwelling-favorable winds in the ocean's eastern boundary currents through the 21st century](#). Geophysical Research Letters 42(15): 6424–6431.
- Salgado, E.J., Nehasil, S.E., and Etnoyer, P.J. 2018. [Distribution of deep-water corals, sponges, and demersal fisheries landings in Southern California, USA: implications for conservation priorities](#). PeerJ 6:e5697.
- Salinas-de-León, P., Costales-Carrera, A., Zeljkovic, S., Smith, D.J., and Bell, J.J. 2011. [Scleractinian settlement patterns to natural cleared reef substrata and artificial settlement panels on an Indonesian coral reef](#). Estuarine, Coastal and Shelf Science 93(1): 80–85.
- Schimnowski, O., Chmelnitsky, E., Hedges, K. and Loseto, L. 2017. [Potential monitoring indicators, protocols and strategies for the Anguniaqvia Niqiyuam Area of Interest](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/003. v + 23 p.
- Schramm, K.D., Harvey, E.S., Goetze, J.S., Travers, M.J., Wanock, B., and Saunders, B.J. 2020. [A comparison of stereo-BRUV, diver operated and remote stereo-video transects for assessing reef fish assemblages](#). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 524: 151273.
- Scrimger, J.A. and Bird, J. 1969. Bowie Seamount – preliminary survey for instrument package placement. Defense Research Establishment Pacific. Tech. Memorandum 69-7. 8 pp.

-
- Sheehan, E., Rodriguez-Rodriguez, D., Foster, N., Nancollas, S., Cousens, S., Holmes, L., Attrill, M., Pettifer, E., Jones, I., Vaz, S., Facq, J.-V., and Germain, G. 2014. A comparative study of towed underwater video methodology to monitor benthic habitats in Marine Protected Areas. In Report prepared by Ifremer, Sussex IFCA and Marine Institute for the Protected Area Network Across the Channel Ecosystem (PANACHE) project.
- Sheehan, E.V., Stevens, T.F., and Attrill, M.J. 2010. [A quantitative, non-destructive methodology for habitat characterisation and benthic monitoring at offshore renewable energy developments](#). PLoS One 5(12): e14461.
- Sheehan, E.V., Vaz, S., Pettifer, E., Foster, N.L., Nancollas, S.J., Cousens, S., Holmes, L., Facq, J.V., Germain, G., and Attrill, M.J. 2016. [An experimental comparison of three towed underwater video systems using species metrics, benthic impact and performance](#). Methods in Ecology and Evolution 7(7): 843–852.
- Siegle, M.R., Taylor, E.B., Miller, K.M., Withler, R.E., and Yamanaka, K.L. 2013. [Subtle population genetic structure in Yelloweye Rockfish \(*Sebastes ruberrimus*\) is consistent with a major oceanographic division in British Columbia, Canada](#). PLoS ONE 8(8): e71083.
- Smythe, C. 2018. Doing Battle with the Halibut People: The Tlingit, Haida, & Tsimshian Halibut Hook. Sealaska Heritage Institute.
- SOPhyE (Satellite Ocean Colour and Phytoplankton Ecology Group). 2024. Remote Sensing Group at the Bedford Institute of Oceanography for DFO Canada. Github.
- Starr, P.J. et R. Haigh. 2022. [Évaluation des stocks de sébaste à œil épineux/à taches noires \(*Sebastes aleutianus/melanostictus*\) en Colombie-Britannique en 2020](#). Secr. can. des avis sci. du MPO, Doc. de rech. 2022/020. vii + 433 p.
- Stefanoudis, P.V., Rivers, M., Ford, H., Yashayaev, I.M., Rogers, A.D., and Woodall, L.C. 2019. [Changes in zooplankton communities from epipelagic to lower mesopelagic waters](#). Marine Environmental Research 146: 1–11.
- Stevens, B.G. 2021. [The ups and down of traps: environmental impacts, entanglement, mitigation, and the future of trap fishing for crustaceans and fish](#). ICES Journal of Marine Science 78(2): 584–596.
- Stewart A., DeYoung, B., Smit, M., Donaldson, K., Reedman, A., Bastien, A., Brunsting, R., Carter, B., Covey, B., Kelly, R., Peterson, E., Pirenne, B., Plourde, A., Ste-Marie, A.-S., Tollefsen, C., Wallace, D., and Whoriskey, F. 2019. [The Development of a Canadian Integrated Ocean Observing System \(CIOOS\)](#). Frontiers of Marine Science 6:431.
- Stocker, M., Stiff, H., Shaw, W., and Argue, A.W. 2007. [The Canadian Albacore Tuna Catch and Effort Relational Database](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2701: vi + 76 p.
- Sutter, R.D., Waincott, S.B., Boetsch, J.R., Palmer, C.J., and Rugg, D.J. 2015. [Practical guidance for integrating data management into long-term ecological monitoring projects](#). Wildlife Society Bulletin 39: 451–463.
- Tasker, M.L., Jones, P.H., Dixon, T., and Blake, B.F. 1984. [Counting Seabirds at Sea from Ships: A Review of Methods Employed and a Suggestion for a Standardized Approach](#). The Auk 101(3): 567–577.
- Thériault, M.-H. and Courtenay, S. 2010. [Overview analyses of the Community Aquatic Monitoring Program \(CAMP\) in the Basin Head Lagoon from 2002 to 2008](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/001. iv + 34 p.

-
- Thomson, R.E. and Gower, J.F.R. 1998. [A basin-scale oceanic instability event in the Gulf of Alaska](#). *Journal of Geophysical Research* .103: 3033–3040.
- Thomson, R.E. and Krassovski, M.V. 2010. [Poleward reach of the California Undercurrent extension](#). *Journal of Geophysical Research* 115: C09027.
- Thornborough, K., Dunham, J., and O, M. 2016. [Development of risk-based indicators for SGáan Kínghlas-Bowie Seamount Marine Protected Area using the ecological risk assessment framework](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/027. vii + 120 p.
- Tingley, G. 2014. An assessment of the potential for near-seabed midwater trawling to contact the seabed and to impact benthic habitat and vulnerable marine ecosystems (VMEs). MPI Technical Paper No: 2014/30.
- Tissot, B.N., Yoklavich, M.M., Love, M.S., York, K., and Amend, M. 2006. Benthic invertebrates that form habitat on deep banks off southern California, with special reference to deep sea coral. *Fishery Bulletin* 104:167–181.
- Transports Canada. 2017. [Le gouvernement du Canada présente la Loi sur le moratoire relatif aux pétroliers](#). Consulté 2022-11-22.
- Transports Canada. 2022. [Élargissement du Programme de sensibilisation accrue aux activités maritimes](#). Consulté 2022-11-22.
- Turner, D.L., Jarrard, R.D., and Forbes, R.B. 1980. [Geochronology and origin of the Pratt-Welker Seamount Chain, Gulf of Alaska: A new pole of rotation for the Pacific Plate](#). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 85: 6547–6556.
- Unsworth, R.K.F., Peters, J.R., McCloskey, R.M., and Hinder, S.L. 2014. [Optimising stereo baited underwater video for sampling fish and invertebrates in temperate coastal habitats](#). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 150(PB): 281–287.
- van Denderen, P.D., Petrik, C.M., Stock, C.A., and Andersen, K.H. 2021. [Emergent global biogeography of marine fish food webs](#). *Global Ecology and Biogeography* 30(9): 1822–1834.
- van Rooij, J.M., and Videler, J.J. 1996. [A simple field method for stereo-photographic length measurement of free-swimming fish: merits and constraints](#). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 195: 237–249.
- Wagner, D., and Kelly, C.D. 2016. [The largest sponge in the world?](#) *Marine Biodiversity* 47: 367–368.
- Watling, L., and Auster, P.J. 2017. [Seamounts on the high seas should be managed as vulnerable marine ecosystems](#). *Frontiers in Marine Science* 4: 14.
- Whitaker, D.J. and McFarlane, G.A. 1997. Identification of sablefish, *Anoplopoma fimbria* (Pallas, 1811), stocks from seamounts off the Canadian Pacific coast using parasites as biological tags. In M. E. Wilkins and M. W. Saunders (editors), *Biology and Management of Sablefish, Anoplopoma fimbria*. NOAA Tech. Rep. NMFS 130. p. 131–136.
- Whitney, F.A., Crawford, W.R., and Harrison, P.J. 2005. [Physical processes that enhance nutrient transport and primary productivity in the coastal and open ocean of the subarctic NE Pacific](#). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 52 (5–6): 681–706.
- Whitney, F.A., Freeland, H.J., and Robert, M. 2007. [Persistently declining oxygen levels in the interior waters of the eastern subarctic Pacific](#). *Progress in Oceanography* 75(2): 179–199.
- WHOI (Woods Hole Oceanographic Institute). 2022a. Acoustics. Consulté 2022-02-15.

-
- WHOI. 2022b. Sediment Trap. Consulté 2022-03-01.
- WHOI. 2022c. Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). Consulté 2022-02-15.
- WHOI. 2022d. Floats and Drifters. Consulté 2022-02-28.
- WHOI. 2022e. Regional Cabled Observatories. Consulté 2022-03-01.
- Wilborn, R.E., Goddard, P., Best, M., and Rooper, C.N. 2021. Field Guide to Corals of British Columbia, Canada, Alaska, USA, and the eastern North Pacific Ocean (Anthozoa: Octocorallia and Hexacorallia) (Hydrozoa: Anthoathecata) (M.M. Wilborn II, Illus.). A complete compilation of coral identifications for the eastern North Pacific Ocean. Can. Tech. Rep. Aquat. Sci. xxxx: x +141 p.
- Wilkinson, M.D., Dumontier, M., Aalbersberg, I.J.J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J-W., da Silva Santos, L.B., Bourne, P.E., Bouwman, J., Brookes, A.J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C.T., Finkers, R., Gonzalez-Beltran, A., Gray, A., Groth, P., Goble, C., Grethe, J.S., Heringa, J., 't Hoen, P., Hooft, R., Kuhn, T., Kok, R., Kok, J., Lusher, S.J., Martone, M.E., Mons, A., Packer, A.L., Persson, B., Rocca-Serra, P., Roos, M., van Schaik, R., Sansone, S-A., Schultes, E., Sengstag, T., Slater, T., Strawn, G., Swertz, M.A., Thompson, M., van der Lei, J., van Mulligen, E., Velterop, J., Waagmeester, A., Wittenburg, P., Wolstencroft, K., Zhao, J., and Mons, B. 2016. The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3:160018.
- Williams, K., Rooper, C.N., and Towler, R. 2010. Use of stereo camera systems for assessment of rockfish abundance in untrawlable areas and for recording pollock behavior during midwater trawls. *Fishery Bulletin U.S.* 108: 352–362.
- Witbaard, R., Duineveld, G.C.A., Van der Weele, J.A., Berghuis, E.M., and Reyss, J.P. 2000. [The benthic response to the seasonal deposition of phytopigments at the Porcupine Abyssal Plain in the North East Atlantic](#). *Journal of Sea Research* 43(1): 15–31.
- Wójcik-Fudalewska, D., Normant-Saremba, M., and Anastácio, P. 2016. [Occurrence of plastic debris in the stomach of the invasive crab *Eriocheir sinensis*](#). *Marine Pollution Bulletin* 113(1–2): 306–311.
- Wright, B.M., Nichol, L.M., et Doniol-Valcroze, T. 2021. [Modèles spatiaux de la densité des cétagés dans les eaux canadiennes du Pacifique fondés sur un relevé effectué par navire en 2018](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2021/049. viii + 49 p.
- Yamanaka, K., Withler, R.E., and Miller, K.M. 2000. [Structure of Yelloweye Rockfish \(*Sebastes ruberrimus*\) populations in British Columbia](#). *DFO Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc.* 2000/172. 32 p.
- Yamanaka, K.L. 2005. [Data report for the research cruise onboard the CCGS John P. Tully and the F/V Double Decker to Bowie Seamount and Queen Charlotte Islands July 31st to August 14th 2000](#). *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1163: vii + 46 p.
- Yang, Z., Qian, Q., Chen, M., Zhang, R., Yang, W., Zheng, M., and Qiu, Y. 2020. [Enhanced but highly variable bioturbation around seamounts in the northwest Pacific](#). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 156: 103190.
- Young, K., and Galbraith, M. 2020. West coast British Columbia zooplankton biomass anomalies 2019. In Boldt, J.L., Javorski, A., and Chandler, P.C. (Eds.). 2020. State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2019. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3377: x + 288 p.

Young, K., and Galbraith, M. 2021. West coast British Columbia zooplankton biomass anomalies 2020. In Boldt, J.L., Javorski, A., and Chandler, P.C. (Eds.). 2021. State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2020. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3434: vii + 231 p.

ANNEXE

Tableau A1. Liste des experts en la matière qui ne sont pas des auteurs, mais qui ont généreusement contribué à une section ou à un sujet du présent document de recherche.

Collaborateur	Sujet (domaine d'expertise)
Akash Sastri	Océanographie
Chelsea Stanley	Océanographie
Dana Haggarty	Écologie des poissons
Debby Ianson	Océanographie
Karen Hunter	Changements climatiques
Lily Burke	Circulation des navires
Sheryl Murdock	Microbiologie
Tetjana Ross	Océanographie