



Fisheries and Oceans
Canada

Pêches et Océans
Canada

Ecosystems and
Oceans Science

Sciences des écosystèmes
et des océans

Secrétariat canadien des avis scientifiques
Avis scientifique 2026/005

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

DÉTERMINATION D'INDICATEURS, DE PROTOCOLES ET DE STRATÉGIES DE SURVEILLANCE POUR CINQ REFUGES MARINS DANS LA RÉGION DE TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR

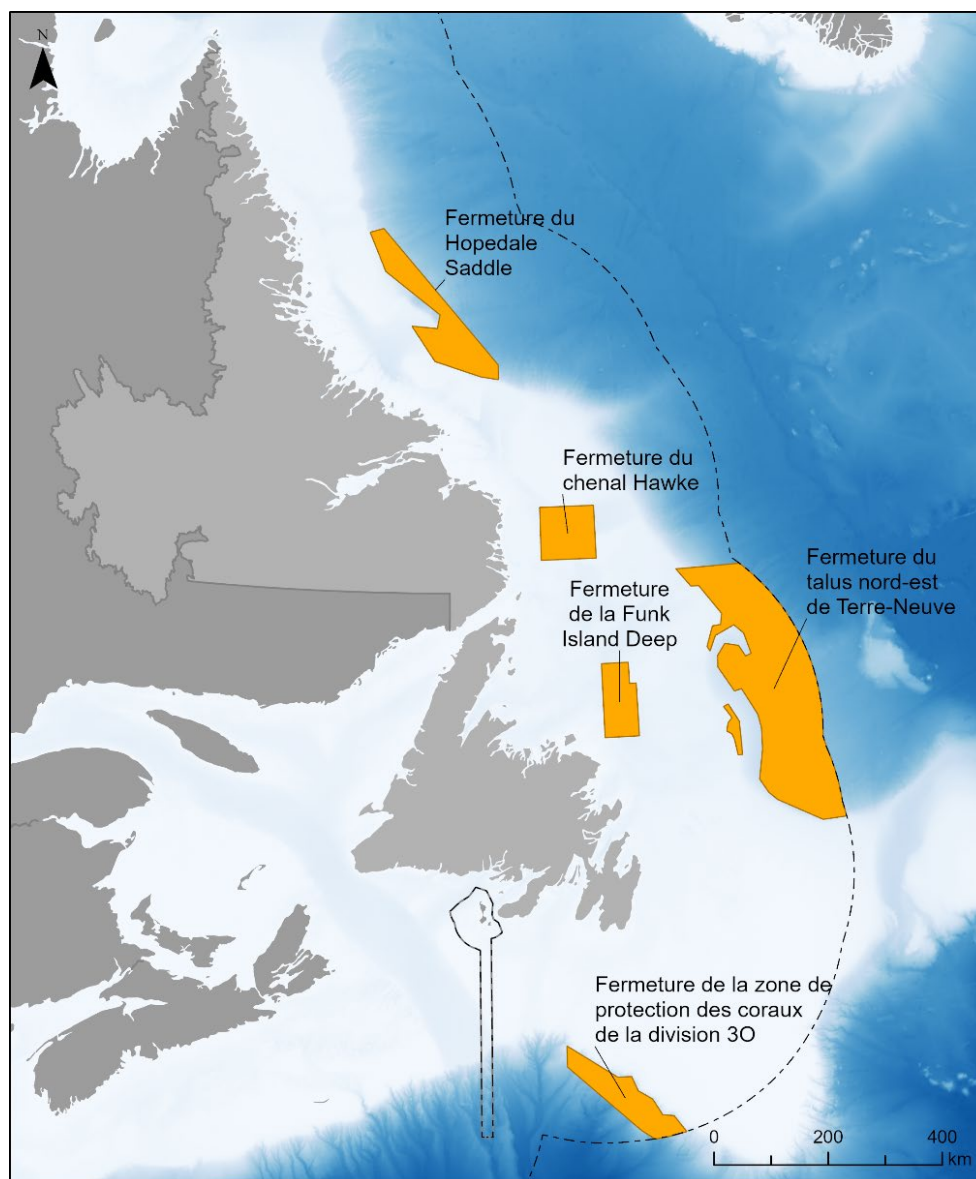


Figure 1. Cinq refuges marins dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador qui satisfont aux critères du statut des autres mesures de conservation efficaces par zone (AMCEZ).

CONTEXTE

Les directives nationales sur les autres mesures de conservation efficaces par zone (AMCEZ), dont les refuges marins, indiquent que les plans de surveillance doivent contribuer à réaliser les avantages en matière de conservation de la biodiversité (ACB) des AMCEZ, notamment pour des espèces et des habitats précis ou d'autres composantes de l'écosystème que les AMCEZ doivent protéger. Un avis scientifique a été demandé afin de déterminer les indicateurs, protocoles et stratégies de surveillance pour cinq refuges marins dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.). Les cinq refuges marins et les espèces ou habitats associés visés par la conservation sont les suivants :

- Fermeture de la zone de protection des coraux de la division 3O (coraux et éponges);
- Fermeture de la Funk Island Deep (habitat benthique et morue franche);
- Fermeture du chenal Hawke (habitat benthique et morue franche);
- Fermeture du Hopedale Saddle (coraux, éponges et biodiversité);
- Fermeture du talus nord-est de Terre-Neuve (coraux, éponges et biodiversité).

L'évaluation des changements dans les limites des refuges marins peut permettre de déterminer des avantages ou d'autres résultats pour la biodiversité ou des composantes d'intérêt de l'espèce ou de l'écosystème visé par la conservation en fonction des mesures de protection de chaque zone.

Le présent avis scientifique découle de l'examen régional par les pairs qui s'est tenu du 26 au 28 novembre 2024 sur la Identification d'indicateurs de surveillance, de protocoles, et de stratégies pour cinq refuges marins dans la région de Terre-Neuve et du Labrador. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

SOMMAIRE

- Pêches et Océans Canada (MPO) a reconnu cinq grands refuges marins extracôtiers relevant de la *Loi sur les pêches* dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.) qui satisfont aux critères des autres mesures de conservation efficaces par zone (AMCEZ) et contribuent à hauteur de 97 297 km² aux objectifs de conservation marine du Canada.
- Ces cinq refuges marins (Hopedale Saddle, chenal Hawke, Funk Island Deep, talus nord-est de Terre-Neuve et fermeture de la zone de protection des coraux de la division 3O) diffèrent sur les plans de la taille, de la distance par rapport à la côte et des plages de profondeur, mais peuvent être regroupés selon leurs avantages en matière de conservation de la biodiversité (ACB).
 - morue franche et habitat benthique;
 - coraux, éponges et biodiversité.

Le MPO a élaboré une approche de surveillance scientifique pour présenter l'état et les tendances des ACB dans les cinq refuges marins.

- L'approche de surveillance scientifique est fondée sur une surveillance fondamentale et complémentaire qui sera complétée, au besoin, par des recherches ciblées. La surveillance fondamentale utilise un ensemble de méthodes et de protocoles de relevé standardisés dans les cinq refuges marins. La surveillance complémentaire tire parti des données

recueillies à des fins autres que la surveillance des refuges marins. La recherche ciblée vise à combler des lacunes dans les connaissances méthodologiques et écologiques pertinentes pour les refuges marins.

- Des indicateurs pour la morue franche, les coraux, les éponges, la biodiversité, les avantages indirects en matière de conservation de la biodiversité, l'océanographie et les pressions humaines ont été déterminés, mais ils seront évalués plus en profondeur et classés en ordre de priorité aux fins de la collecte de données, de l'analyse et de la production de rapports.
- Il convient de déterminer le plus tôt possible les niveaux de référence limites ou les niveaux cibles pour chaque indicateur aux fins de la surveillance et de la production de rapports, ainsi que pour guider la gestion adaptative.
- Les méthodes et protocoles de relevé pour la surveillance fondamentale pourraient être peaufinés, en particulier les premières années du programme, dans le but d'adopter des approches uniformes qui généreront des séries chronologiques pouvant servir à évaluer l'état et les tendances des ACB.
- Les sites d'échantillonnage dans les refuges marins ont été sélectionnés en fonction des groupes d'avantages en matière de conservation de la biodiversité. Dans le cadre de la recherche ciblée, des sites de référence ont également été désignés à l'extérieur des refuges marins de coraux et d'éponges. Il faudra échantillonner d'autres sites dans les zones profondes (>1 500 m) des refuges marins de coraux et d'éponges afin de caractériser les conditions de référence.
- Les analyses de puissance ont révélé une faible puissance statistique des données du relevé plurispécifique au chalut pour détecter les changements dans l'abondance de la morue franche dans les refuges marins de la Funk Island Deep et du chenal Hawke. Néanmoins, les données des relevés plurispécifiques au chalut sont importantes pour la collecte d'échantillons biologiques et d'autres données relatives aux indicateurs de la biodiversité qui ne sont pas fournies par les méthodes de surveillance fondamentale.
- Les analyses de puissance ont indiqué une puissance statistique adéquate des données tirées des caméras lestées pour détecter les changements dans l'abondance observée des coraux et des éponges dans le Hopedale Saddle.
- Le MPO devrait certes s'assurer d'être en mesure d'exécuter le programme de surveillance fondamentale de façon indépendante, mais il est important qu'il tire parti des capacités et de l'expertise d'autres groupes internes et externes grâce à des collaborations pour exécuter le programme de surveillance tel qu'il a été conçu.
- Compte tenu du grand volume et de la diversité des données générées par le programme, un plan de gestion des données a été élaboré, qui indique des stratégies de gestion pour toutes les étapes du cycle de vie des données, notamment la mise en mémoire (p. ex. l'infonuagique) et le partage. Les outils mis au point pour le traitement des données, leur analyse et la production de rapports doivent être stables, fiables et faciles à tenir à jour, et comprendre des processus automatisés (p. ex. intelligence artificielle), s'il y a lieu.
- Un dialogue continu avec la gestion sur l'information qui serait nécessaire pour orienter les mesures possibles de gestion adaptative serait avantageux pour établir un programme de surveillance pertinent et efficace.

INTRODUCTION

Le Canada s'est engagé à conserver 30 % de ses eaux côtières et marines d'ici 2030. Dans le cadre de cet engagement, Pêches et Océans Canada (MPO) est chargé d'établir de nouveaux sites et de surveiller ceux qui existent déjà. La surveillance de ces aires de conservation pour en déterminer les avantages ou résultats potentiels est une priorité ministérielle et est considérée comme un pilier essentiel d'une gestion efficace. Elle consiste à évaluer la mesure dans laquelle les avantages en matière de conservation de la biodiversité (ACB) sont atteints et à déterminer si une gestion adaptative est nécessaire (p. ex. modification des limites de la fermeture, objectifs de conservation). Il est important de noter que la valeur de la surveillance va au-delà des données qu'elle génère, car elle renforce également les capacités et favorise la défense des préoccupations environnementales. La surveillance à long terme peut également mener à une meilleure compréhension des impacts, comme ceux résultant des changements climatiques et d'autres changements environnementaux à long terme au-delà des limites des aires protégées (Department of Conservation 2022). Les deux principaux outils de conservation marine dont dispose le MPO pour établir des aires marines de conservation (AMC) sont les zones de protection marine (ZPM) établies en vertu de la *Loi sur les océans* et les fermetures de pêche instaurées aux termes de la *Loi sur les pêches*, qui peuvent être reconnues comme des refuges marins. Les refuges marins qui satisfont aux critères des autres mesures de conservation efficaces par zone (AMCEZ), de même que les ZPM, comptent pour l'atteinte des objectifs de conservation du gouvernement (MPO 2016; Gouvernement du Canada 2022).

Dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (région de T.-N.-L.), cinq refuges marins avaient été officiellement évalués comme répondant aux critères des AMCEZ et formellement établis au 1^{er} janvier 2018 : les fermetures du Hopedale Saddle, du chenal Hawke, de la Funk Island Deep, du talus nord-est de Terre-Neuve et de la zone de protection des coraux de la division 3O (Figure 1). Le présent document décrit une approche de surveillance scientifique, et des indicateurs, des protocoles et des stratégies, ainsi que des sites de référence dans la mesure du possible. Cette approche s'appuie sur les travaux antérieurs effectués pour d'autres processus du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS), comme le Cadre de suivi national sur les AMCEZ présentant des coraux ou des éponges (MPO 2021) et la Détermination des sites de référence et d'une approche de surveillance pour la zone de protection marine du chenal Laurentien (MPO 2024; Warren *et al.* sous presse). Les principaux objectifs sont les suivants :

1. appliquer l'approche de surveillance scientifique décrite dans le document MPO (2024) pour déterminer les indicateurs, les protocoles et les stratégies que l'on peut utiliser pour surveiller l'état et les tendances des espèces/taxons, des habitats et d'autres composantes de la biodiversité visés par la conservation dans chacun des cinq refuges marins;
2. mener des analyses de puissance pour vérifier la capacité d'évaluer les variations des indicateurs de surveillance scientifique à l'aide des relevés plurispécifiques existants et des données d'imagerie des fonds marins.

Refuges marins

Les cinq refuges marins de la région de T.-N.-L. peuvent être caractérisés comme des zones extracôtières relativement grandes par rapport aux autres refuges marins du Canada, avec des superficies allant de 7 274 km² à 55 353 km² (voir le Tableau 1). Les deux zones plus petites, les fermetures du chenal Hawke et de la Funk Island Deep, sont situées sur le plateau continental, et les trois plus grandes, le Hopedale Saddle, le talus nord-est de Terre-Neuve et la

**Détermination des indicateurs, protocoles
et stratégies de surveillance pour cinq
refuges marins dans la région de T.-N.-L.**

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

zone de protection des coraux et des éponges de la division 3O, se trouvent sur la bordure et le talus du plateau. Les ACB correspondent à ces groupes. Les fermetures du chenal Hawke et de la Funk Island Deep sont axées sur la conservation de la morue franche (*Gadus morhua*) et de l'habitat benthique, tandis que les trois autres présentent des avantages en matière de conservation des coraux et des éponges. Ces groupes généraux, soit la morue d'une part et les coraux et éponges d'autre part, se retrouveront dans la plus grande partie du présent document. D'après les directives nationales, l'objectif principal des AMCEZ est de protéger la biodiversité marine en procurant des ACB à long terme. Ces avantages sont définis comme le changement positif dans la biodiversité, ou la prévention de la perte de biodiversité, découlant de la mise en œuvre d'une mesure de gestion par zone (MPO 2016; Gouvernement du Canada 2022). Un avantage en matière de conservation de la biodiversité dans une AMCEZ est analogue à un objectif de conservation pour une ZPM; cependant, les ZPM peuvent également fournir des ACB et les AMCEZ peuvent avoir des objectifs de conservation. Il sera important de surveiller ces zones non seulement pour en déterminer les ACB directs (c.-à-d. les principales espèces ou les principaux taxons), mais aussi les indicateurs généraux de la biodiversité et les ACB indirects (c.-à-d. d'autres espèces qui pourraient bénéficier des mesures de gestion en place). Pour les cinq refuges marins dont il est question ici, les objectifs de conservation énoncés sont les mêmes que les avantages directs et seront appelés « ACB » dans tout le document.

Tableau 1. Refuges marins dans la région de T.-N.-L..

Refuge marin	Superficie (km ²)	Interdictions	Objectif de conservation/Avantages directs en matière de conservation de la biodiversité	Avantages indirects en matière de conservation de la biodiversité
Fermeture de la Funk Island Deep	7 274	Chaluts de fond, filets maillants et palangres	Conserver l' habitat benthique et la morue franche	Crevette nordique, raie lisse
Fermeture du chenal Hawke	8 837	Chaluts de fond, filets maillants et palangres	Conserver l' habitat benthique et la morue franche	Crevette nordique, loup à tête large, flétan du Groenland
Fermeture de la zone de protection des coraux de la division 3O	10 422	Toutes les activités de pêche entrant en contact avec le fond	Protéger les coraux et les éponges	Morue franche, fraie du sébaste
Fermeture du Hopedale Saddle	15 411	Toutes les activités de pêche avec engin touchant le fond	Protéger les coraux et les éponges et contribuer à la conservation de la biodiversité à long terme	Grenadier de roche, morue franche, flétan du Groenland, loup à tête large et loup tacheté
Fermeture du talus nord-est de Terre-Neuve	55 353	Toutes les activités de pêche avec engin touchant le fond	Protéger les coraux et les éponges et contribuer à la conservation de la biodiversité à long terme	Loup à tête large, loup atlantique, flétan du Groenland, fraie du sébaste

Pour chaque refuge marin, des ACB indirects ont également été déterminés (Tableau 1). Les AMCEZ qui ne présentent pas d'avantages explicites en matière de conservation de la biodiversité peuvent procurer des avantages indirects. Par exemple, des fermetures de zones

de pêche peuvent être établies pour protéger les concentrations de coraux et d'éponges dans les zones indiquées dans la [Politique de gestion de l'impact de la pêche sur les zones benthiques vulnérables](#) du MPO. Ces fermetures peuvent procurer des avantages indirects pour les espèces qui utilisent cet habitat, ainsi que des ACB directs aux concentrations de coraux et d'éponges elles-mêmes (Gouvernement du Canada 2022). Par exemple, si une fermeture de pêche a été mise en place pour protéger la morue franche en interdisant les activités de chalutage par le fond et que l'abondance du flétan du Groenland a augmenté, il s'ensuit que le flétan du Groenland est un avantage indirect de la fermeture en matière de conservation de la biodiversité. La surveillance scientifique de ces refuges marins est généralement axée sur les principaux ACB pour chaque zone et la biodiversité en général; toutefois, la surveillance des avantages indirects sera effectuée de façon opportuniste.

Approche régionale de surveillance scientifique

La région de T.-N.-L. du MPO a élaboré une approche régionale pour la surveillance scientifique des aires marines de conservation, y compris les ZPM et les refuges marins. L'approche globale est décrite dans le document MPO (2024) et dans Warren *et al.* (sous presse) et décrit les trois façons dont l'information est recueillie aux fins de la surveillance :

1. surveillance fondamentale;
2. recherche ciblée;
3. surveillance complémentaire.

La surveillance fondamentale est axée sur des mesures des indicateurs clés efficaces, prises au même endroit, et les moins invasives possible, afin de générer des ensembles de données à long terme. La recherche ciblée consiste en des projets axés sur la recherche à court terme qui peuvent servir à alimenter la surveillance fondamentale, à répondre aux questions sur les changements observés chez les espèces/taxons visés par les ACB, à mettre à l'essai des méthodes de relevé et à déterminer les ACB indirects. La surveillance complémentaire comprend les données des relevés ou les données recueillies à des fins autres que la surveillance des AMC, qui peuvent être utilisées pour la production de rapports sur les refuges marins, comme renseignements contextuels généraux ou pour faciliter l'interprétation de l'état et des tendances des avantages en matière de conservation de la biodiversité. Dans la mesure du possible, on applique des méthodes de surveillance communes aux aires protégées afin de faciliter les synthèses de la surveillance dans les réseaux d'aires protégées et de réaliser des gains d'efficacité au chapitre de l'équipement, des approches analytiques et des exigences techniques. Cependant, en raison des ACB propres à une aire de conservation donnée, certains aspects du programme de surveillance différeront d'une aire de conservation à l'autre.

ÉVALUATION

Les cinq refuges marins examinés dans ce document peuvent être regroupés selon leurs principaux ACB : Morue franche et habitat benthique, et coraux et éponges.

Indicateurs

Les indicateurs désignent les mesures utilisées pour évaluer les changements dans un écosystème ou les répercussions sur celui-ci. Ils peuvent être qualitatifs ou quantitatifs et doivent être pertinents pour les objectifs de conservation ou les ACB de la zone. Le groupe de travail sur la surveillance régionale de T.-N.-L. a dressé une liste d'indicateurs pour chaque

objectif de conservation et avantage en matière de conservation de la biodiversité, non seulement pour la ZPM du chenal Laurentien, mais aussi pour toutes les AMC dans la région de T.-N.-L.. L'approche utilisée pour choisir des indicateurs pour chaque site était fondée sur les étapes décrites dans le document MPO (2013) :

1. définir les objectifs de conservation opérationnels;
2. définir des indicateurs appropriés;
3. déterminer les critères de sélection;
4. évaluer les indicateurs;
5. évaluer la redondance;
6. s'entendre sur les indicateurs définitifs;
7. estimer les niveaux de référence limites et les niveaux cibles.

Les premiers indicateurs proposés ont été sélectionnés au début de 2022, lorsque le programme de surveillance a commencé, et trois années de travail sur le terrain ont été réalisées depuis. Ce processus du SCAS est donc l'occasion de réévaluer la pertinence de certains des indicateurs. Les indicateurs proposés sont détaillés dans le Tableau 2. Les indicateurs d'océanographie physique et biologique sont inclus afin de fournir le contexte des changements à plus grande échelle dans l'environnement (Tableau 2). Des indicateurs des avantages indirects en matière de conservation de la biodiversité sont également inclus, dans la mesure du possible, à partir d'un échantillonnage opportuniste. Enfin, nous avons ajouté des indicateurs de surveillance des pressions humaines pour nous assurer de bien comprendre l'écosystème et ses agents de stress (Dunham *et al.* 2020). La septième étape du processus de sélection susmentionné, qui consiste à estimer les niveaux de référence limites ou les niveaux cibles, n'a été effectuée pour aucun des indicateurs, car elle sortait de la portée du présent processus du SCAS. Toutefois, nous formulons dans le présent avis certaines recommandations sur la façon de procéder en vue de parvenir à des niveaux de référence limites pour chaque indicateur au cours des cinq premières années de collecte de données pour le programme régional de surveillance. Cela permettra d'élaborer des recommandations claires en matière de gestion adaptative pour les gestionnaires du MPO.

Coraux et éponges

Des indicateurs potentiels et leur justification pour la surveillance des coraux et des éponges dans les AMCEZ canadiennes ont été présentés en détail dans le document MPO (2021) et ne seront pas répétés ici. Toutefois, dans le contexte des refuges marins de la région de T.-N.-L., l'abondance et la densité des coraux et des éponges déterminées d'après des relevés par imagerie du plancher océanique ont été choisies comme principal paramètre pour évaluer les tendances de ces taxons. Les relevés régionaux plurispécifiques au chalut ne recueillent pas de données sur l'abondance des coraux et des éponges de manière consistante et ne sont donc pas fiables pour l'évaluation des tendances.

Nous proposons de présenter les éléments suivants pour la surveillance des coraux et des éponges :

1. La diversité, la richesse, l'abondance et la densité des coraux et des éponges, recueillies lors de relevés par caméra lestée.
2. Les données sur les coraux extraites des images des fonds marins seront recueillies au niveau taxinomique le plus bas possible, mais elles pourraient être analysées et présentées

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

au niveau du groupe fonctionnel (p. ex. grande gorgone, petite gorgone, pennatule, corail noir, madrépore, corail mou, au sens de MPO [2021]). La résolution taxinomique de ces analyses sera évaluée au cas par cas. Par exemple, si le nombre d'enregistrements est trop faible au niveau de l'espèce, l'analyse peut être effectuée au niveau du groupe (voir la section Analyse de puissance).

3. Les données sur les éponges issues des images des fonds marins seront recueillies au niveau taxinomique le plus bas possible pour les grands taxons facilement identifiables qui forment un habitat (p. ex. *Geodia*, *Asconema* spp.), mais elles pourront être analysées et présentées au niveau du groupe (p. ex. éponges, éponges astrophorides, éponges mixtes, au sens de MPO [2021]). Les éponges sont particulièrement difficiles à identifier à partir d'images et il est facile de confondre différents taxons de spongiaires et autres (p. ex. ascidies; [Command *et al.* 2024]). Les petites éponges éparses et incrustantes seront notées, mais elles pourraient ne pas être analysées ou déclarées, car il est difficile de les visualiser et de les dénombrer correctement à partir d'une vidéo.
4. Les taxons très abondants (p. ex. les pennatules lorsqu'ils forment des colonies où des milliers de spécimens sont observés au cours d'un relevé vidéo) pourraient ne pas être dénombrés intégralement (en raison de contraintes de temps) tant que des méthodes d'intelligence artificielle (IA) n'auront pas été intégrées à notre programme d'annotation des images du fond marin (voir la section Méthodes et protocoles de relevé). C'est généralement le cas pour la vidéo continue (p. ex. véhicule sous-marin téléguidé [VTG]), et il est possible que ce ne soit pas un problème pour les données des caméras lestées utilisées ici. Les données des VTG peuvent être utilisées pour compléter celles obtenues des caméras lestées, mais elles sont considérées comme relevant de la recherche ciblée. Voir plus de détails dans MPO (2024) et Warren *et al.* (sous presse).

Les indicateurs comme la distribution selon la taille des coraux et des éponges ne devraient être recueillis que de façon opportuniste dans le cadre de notre recherche ciblée. La détermination de la taille à partir des images est difficile et nécessiterait un effort considérable. Si cela devait changer, la taille pourrait devenir un paramètre utile à inclure dans le programme de surveillance, car elle donnerait une idée du recrutement.

Morue franche

Dans les refuges marins du chenal Hawke et de la Funk Island Deep, des ACB protègent la morue franche. Les indicateurs de la surveillance pour la morue franche ont été sélectionnés selon les mêmes six critères de sélection (voir MPO 2013); toutefois, ils n'ont pas été décrits auparavant dans le processus du SCAS pour la ZPM du chenal Laurentien (MPO 2024) ou dans celui pour le Cadre de suivi national sur les AMCEZ présentant des coraux ou des éponges (MPO 2021). Le relevé plurispécifique au chalut recueille plusieurs indicateurs pour cette espèce, car il s'agit de l'une des principales espèces ciblées par le chalut de fond à panneaux, et il est utilisé pour effectuer les évaluations du stock pour l'espèce. La biomasse et l'abondance sont calculées pour chaque trait de chalut. Les fermetures de la Funk Island Deep et du chenal Hawke sont toutes deux échantillonnées par ce relevé à l'automne. Le suivi des distributions selon la taille de la population est effectué à l'aide des relevés plurispécifiques au chalut et des otolithes sont prélevés pour déterminer l'âge des poissons. La répartition spatiale de l'espèce peut également être dérivée des données du relevé plurispécifique au chalut, comme le montrent les cartes de densité relative moyenne de la morue franche dans Wells *et al.* (2021). L'un des principaux avantages de ce relevé est la longue série chronologique, dont

les données remontent aux années 1970 pour certains taxons des ACB comme la morue franche.

Des solutions moins invasives que les relevés plurispécifiques au chalut peuvent être utilisées pour surveiller la morue franche. Par exemple, des caméras vidéo sous-marines télécommandées appâtées permettent de surveiller les indices de l'abondance des espèces de poissons démersaux comme la morue franche (Dalley *et al.* 2017) et ont été appliquées dans les milieux en eaux profondes pour caractériser les communautés de poissons dans la région de T.-N.-L. (Côté *et al.* 2019) et au-delà (Sutton *et al.* en préparation¹). De même, l'ADN environnemental (ADNe) est devenu un outil non invasif pour évaluer la présence de diverses espèces, notamment des membres de la famille des gadidés (McClenaghan *et al.* 2020; He *et al.* 2022; Côté *et al.* 2023) et, comme les caméras vidéo sous-marines télécommandées appâtées, peut être adapté pour échantillonner différents habitats (types de fonds marins, zones de profondeur, etc.). Toutefois, ces deux méthodes peu invasives souffrent d'un manque de données de référence et leur capacité peut être limitée pour évaluer certains paramètres qui nécessitent des échantillons physiques (p. ex. âge, état reproductif). Nous proposons ce qui suit pour les rapports sur la morue franche :

1. La biomasse et l'abondance seront recueillies chaque année dans le cadre du relevé plurispécifique au chalut du MPO, qui offre une longue série chronologique.
2. Utilisation de l'indice de l'abondance tiré des caméras vidéo sous-marines télécommandées appâtées comme méthode de surveillance moins invasive.

Habitat benthique

L'habitat benthique figure parmi les ACB pour deux des refuges marins : les fermetures du chenal Hawke et de la Funk Island Deep. La caractérisation de l'habitat benthique dans chaque fermeture sera importante pour les connaissances de référence sur ces zones. Il existe des couches de données qui montrent les grandes caractéristiques benthiques (bancs, baies, chenaux), la profondeur (données de la Carte générale bathymétrique des océans [GEBCO] ou sonar multifaisceaux) et d'autres caractéristiques océanographiques comme les courants, la température et la salinité (décrites plus loin) et qui peuvent être utilisées pour élaborer des modèles d'habitat benthique. Certaines de ces caractéristiques sont plus statiques et ne nécessitent pas une surveillance continue. Toutefois, les progrès technologiques comme les multifaisceaux peuvent offrir une meilleure résolution des caractéristiques benthiques au fil du temps. De plus, la caractérisation et le suivi des tendances dans les communautés biotiques associées à l'habitat benthique seront inclus dans l'approche de surveillance.

Les indicateurs proposés pour l'habitat benthique sont les suivants :

1. Indicateurs océanographiques comme la température, la salinité, la chlorophylle-a ou la production primaire;
2. Bathymétrie multifaisceaux – peut être utilisée pour la bathymétrie haute résolution ou pour l'analyse de rétrodiffusion (degré de dureté du fond);
3. Composition de l'endofaune et de l'épifaune.

¹ Sutton, J., D. Côté, J. Fisher, I.G. Priede. En préparation. Répartition des assemblages de poissons démersaux des eaux profondes dans les gradients environnementaux de l'océan Atlantique. À déterminer.

Biodiversité

La préservation de la biodiversité mondiale est la force motrice de l'objectif mondial de conservation visant à protéger 30 % des zones côtières et marines d'ici 2030. La biodiversité est un terme fourre-tout qui rassemble de nombreux aspects représentant collectivement la variation au sein des communautés biologiques dans les échelles spatiales et les habitats, et intègrent la variation génétique et fonctionnelle, etc. Selon la définition officiellement adoptée par la Convention sur la diversité biologique, la biodiversité est la « [v]ariabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes » (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique 2005). Comme le terme « biodiversité » couvre beaucoup de choses, il nous laisse une grande marge de manœuvre quant à la façon dont nous pourrions la mesurer dans le cadre d'un programme de surveillance.

Il existe plusieurs méthodes qui fournissent simultanément des données sur plusieurs espèces, à partir desquelles on peut dériver des renseignements sur la diversité, par exemple les méthodes de relevé de la surveillance fondamentale comme l'ADNe, les caméras vidéo sous-marines télécommandées appâtées et les caméras lestées, ainsi que les méthodes de relevé de la surveillance complémentaire comme le relevé plurispécifique au chalut. Le paramètre le plus simple est peut-être la richesse taxinomique, qui est déterminée à partir du nombre de taxons détectés dans l'échantillon. Bien qu'elle soit simple à communiquer, la richesse en espèces n'est pas toujours significative sur le plan biologique lorsqu'on examine les tendances de la biodiversité, puisque ce paramètre est insensible aux changements dans la structure des assemblages des espèces et ne peut détecter que des déclin graves des populations (Aune *et al.* 2024).

Les données sur la présence et l'absence peuvent également être utilisées dans des cadres multivariés qui peuvent évaluer les différences entre les conditions d'essai et de référence (Reynoldson *et al.* 1995; Clarke *et al.* 2014). Des paramètres comme la fréquence d'occurrence, le dénombrement ou la biomasse peuvent permettre d'assembler des données plus quantitatives sur la biodiversité dans les communautés. Ces données seront appliquées à des paramètres de la biodiversité qui évaluent la régularité dans l'ensemble de la communauté, une combinaison de la régularité et de la richesse (p. ex. Shannon-Weiner), ou seront appliquées à des analyses multivariées semblables (Reynoldson *et al.* 1995).

Les paramètres du réseau trophique, ou structure trophique, peuvent potentiellement permettre de détecter des changements dans la structure et les relations entre les composantes, mais pas de comprendre l'évolution des espèces (Higashi *et al.* 1989; Kato *et al.* 2018). Pour s'assurer que les aires protégées reflètent leur valeur écologique continue dans les scénarios de changements climatiques, il peut être pratique de considérer le renouvellement des espèces et le remplacement écologique comme un résultat acceptable.

Les fonctions et la productivité des écosystèmes sont un autre aspect important de la biodiversité. Les mesures de la biomasse totale sont un paramètre utile pour les écosystèmes. Une biomasse élevée dans un système est liée à une consommation ou à une prédation plus forte, étant donné que les biomasses les plus élevées des espèces prédatrices consomment davantage de proies. L'augmentation de la biomasse des prédateurs ou des proies peut permettre de détecter les systèmes changeants (Hatton *et al.* 2015). Les indices comme la biomasse des prédateurs et des proies exigent des ensembles de données à long terme et des

estimations de la biomasse que l'on peut dériver d'outils comme le relevé plurispécifique au chalut.

Nous proposons de présenter les éléments suivants pour la surveillance de la biodiversité dans les refuges marins :

1. Tendances de la richesse en espèces, selon les données recueillies lors des relevés de l'ADNe et par caméras lestées (épifaune seulement), et des taxons de poissons, selon les relevés plurispécifiques au chalut (à l'heure actuelle, les données sur les invertébrés sont beaucoup moins fiables en raison du manque de contrôle de la qualité et de la mauvaise identification des espèces). Les caméras vidéo sous-marines télécommandées appâtées capturent un segment beaucoup plus limité de l'assemblage des espèces; c'est pourquoi ces données ne seront pas utilisées pour la production de rapports sur la biodiversité.
2. Abondance et densité des espèces, recueillies au moyen des relevés par caméras lestées. Les renseignements taxinomiques sur les espèces épifauniques (notamment l'identification des coraux et des éponges) seront collectés conformément au protocole d'annotation du MPO.
3. Paramètres de la diversité du réseau trophique (p. ex. Kato *et al.* 2018) selon les données sur l'ADNe appuyées par une base de données sur la relation prédateur-proie. Des lectures relatives d'un marqueur général de la biodiversité (p. ex. 18S) pourraient être utilisées pour fournir un indice de l'abondance à intégrer dans les calculs de la biodiversité du réseau trophique. Les données des relevés plurispécifiques au chalut pourraient également générer de précieuses séries chronologiques sur la diversité du réseau trophique, mais seulement pour un sous-ensemble de taxons (les poissons et les invertébrés échantillonnés régulièrement). Il faudra procéder à un examen plus approfondi de cet indicateur avant de prendre des décisions sur l'utilisation de l'ADNe ou des données des relevés plurispécifiques au chalut.
4. Biomasse tirée des relevés plurispécifiques au chalut pour estimer les fonctions de l'écosystème aux niveaux trophiques supérieurs. Biomasse totale de la communauté des poissons et des mollusques et crustacés comme paramètre de la productivité aux niveaux trophiques supérieurs, biomasse des prédateurs et des proies à l'aide des groupes fonctionnels de poissons dans les évaluations des stocks et d'autres analyses écosystémiques.

Océanographie

La biorégion de T.-N.-L. est caractérisée par un large éventail de conditions océanographiques qui changent sur des échelles saisonnières, interannuelles et plus longues (Cyr et Galbraith 2021). Au nord du Bonnet Flamand et des Grands Bancs, le courant du Labrador, qui coule vers le sud, pousse les eaux relativement froides et douces de l'Arctique et de la région subarctique sur le plateau continental de T.-N.-L. Dans le sud de la biorégion, le courant de l'Atlantique Nord – le prolongement est du Gulf Stream – apporte des eaux subtropicales plus chaudes et plus salées vers le nord, en direction du sud des Grands Bancs et au-delà de la Passe Flamande et du Bonnet Flamand. Cette interaction entre les eaux arctiques/subarctiques et subtropicales crée d'importantes différences de température (du point de congélation à plus de 25 °C parfois à la surface). Ces interactions de courants sont également responsables d'une vaste gamme de fronts thermiques généralement associés à des pentes bathymétriques abruptes et à des courants forts (Cyr et Larouche 2015). Ces courants forts sont également

associés à la diversité de l'habitat sur le fond marin et à une biomasse élevée d'éponges (de Froe *et al.* 2024).

Le plateau continental de T.-N.-L. est surveillé dans le cadre du Programme de monitoring de la zone Atlantique de Pêches et Océans Canada (PMZA) depuis 1998 (Therriault *et al.* 1998). Les paramètres physiques et biogéochimiques sont recueillis régulièrement à de nombreuses stations réparties le long des sections hydrographiques standardisées. Bon nombre de ces stations sont situées à l'intérieur ou à proximité des refuges marins dont il est question dans le présent document (Figure 2). À ces stations, une série d'indicateurs physiques (température, salinité, courants), biologiques (chlorophylle-a, plancton) et chimiques (nutriments, oxygène, système carbonaté) sont collectés jusqu'à trois fois par année. Des aperçus de l'état actuel de l'océan par rapport aux conditions à long terme sont présentés chaque année dans les rapports régionaux (p. ex. Maillet *et al.* 2022; Cyr *et al.* 2024) et zonaux (p. ex. Galbraith *et al.* 2024) du PMZA. On peut aussi recourir à l'imagerie satellitaire pour mesurer la concentration de chlorophylle-a à la surface de la mer et d'autres indicateurs qui fournissent une couche de données plus continue pour extraire des renseignements aux emplacements où il n'y a pas de station du PMZA à proximité.

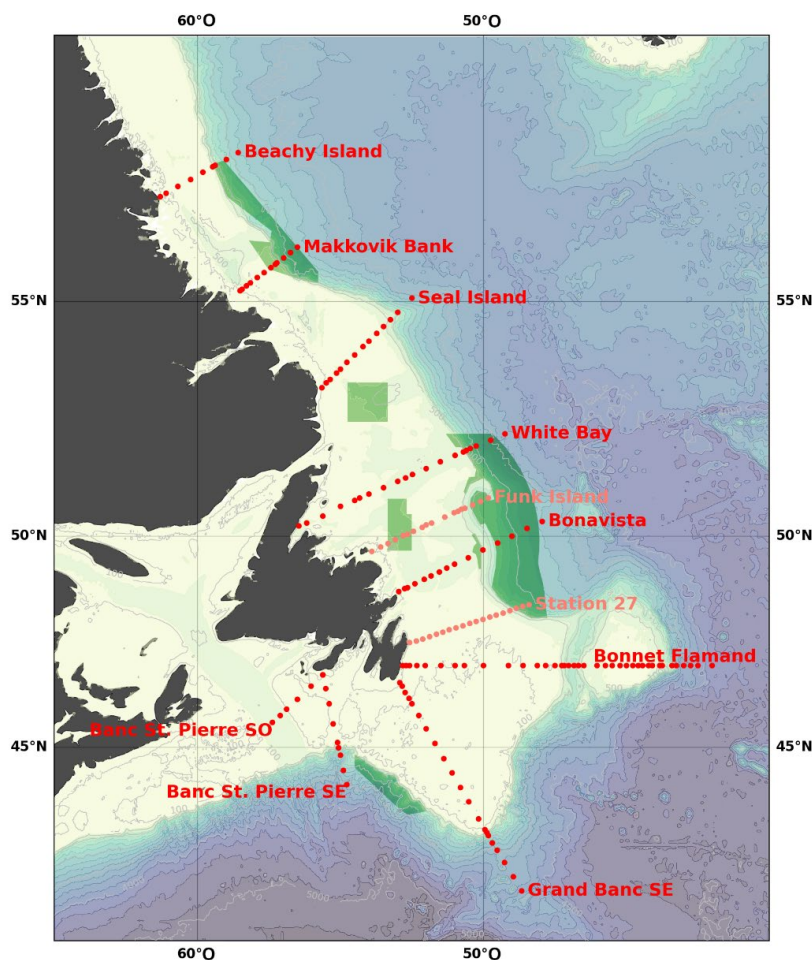


Figure 2. Carte des stations du Programme de monitoring de la zone Atlantique le long des sections standardisées (nom à la fin des lignes). Les stations de base sont indiquées en rouge et les lignes facultatives en rose clair. Les refuges marins examinés dans la présente étude sont indiqués en vert.

Un autre indicateur, l'indice climatique de T.-N.-L., utilise 10 composantes (ou sous-éléments) pour représenter les conditions climatiques à grande échelle et l'état de l'environnement physique sur le plateau continental de T.-N.-L. et dans l'Atlantique nord-ouest en général (Cyr et Galbraith 2021). Cet indice climatique est calculé chaque année et remonte à 1951, ce qui constitue une longue série chronologique et sera utile pour interpréter les décalages ou les changements dans d'autres indicateurs du programme de surveillance scientifique. Il comprend des données sur les anomalies de l'oscillation nord-atlantique, la température de l'air, la glace de mer, le nombre d'icebergs, la température de la surface de la mer, les données de la station 27 (une des plus longues séries chronologiques hydrographiques au Canada), la couche intermédiaire froide (l'eau à moins de 0 °C) en été et la température au fond. L'indice peut être utilisé comme paramètre pour évaluer les changements du climat océanique dans l'ensemble de la biorégion. Il peut également donner des indications sur les pressions climatiques d'origine anthropique sur l'écosystème, bien qu'il n'ait pas été spécialement conçu à cette fin.

Nous proposons de présenter les éléments suivants pour la surveillance océanographique :

1. Des paramètres clés comme la température, la salinité et la chlorophylle-a ou la productivité primaire, à l'aide des données du PMZA ou de données modélisées, seront utiles pour dresser le contexte général des conditions environnementales.
2. Indice climatique de T.-N.-L. – Cet indicateur fournira un bon cadre de référence pour interpréter les changements dans d'autres indicateurs du programme de surveillance et intègre plusieurs sources de données.

Avantages indirects en matière de conservation de la biodiversité

Les avantages indirects déterminés pour chaque refuge marin sont répertoriés dans le Tableau 1. La Direction de la planification et de la conservation marines a recommandé, dans la région de T.-N.-L. et dans tout le pays, de concentrer les activités de surveillance principalement sur les avantages directs, et de ne surveiller les avantages indirects que de façon opportuniste. De ce fait, la surveillance fondamentale et la recherche ciblée ne viseront pas les avantages indirects (bien que certains renseignements puissent être recueillis accessoirement). Les indicateurs pour ces espèces proviendront plutôt des données de la surveillance complémentaire.

Plusieurs espèces de poissons sont inscrites comme des avantages indirects en matière de conservation de la biodiversité en raison de leur importance pour la pêche commerciale, de leur statut en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) ou en vertu du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Il s'agit de trois espèces de loups de mer (à tête large, tacheté et atlantique), du grenadier de roche, de la raie à queue de velours, du flétan du Groenland et de la morue franche (voir la liste complète dans le Tableau 1). Les indicateurs pour ces espèces sont la biomasse, l'abondance, la distribution selon la taille, l'occurrence et la fréquence, la répartition spatiale, ainsi que le poids et les fréquences de longueur des prises dans les pêches, qui sont décrits de manière plus détaillée dans MPO (2024) et dans Warren *et al.* (sous presse). La plupart de ces indicateurs sont recueillis dans le cadre de la surveillance complémentaire, et aucune étude n'a encore été réalisée sur leur capacité à détecter les changements importants, décrits dans Morris *et al.* (2024). Des méthodes de surveillance fondamentale comme les caméras vidéo sous-marines télécommandées appâtées ou l'ADNe permettent aussi de détecter ces espèces, mais avec une puissance statistique limitée pour déceler les changements au fil du temps.

La fraie du sébaste a été définie comme un avantage indirect en matière de conservation de la biodiversité pour la fermeture de la zone de protection des coraux de la division 3O et peut-être aussi pour la fermeture du talus nord-est de Terre-Neuve. On s'est fondé pour cela sur les cartes présentées dans Ollerhead *et al.* (2004) qui montrent la répartition des sébastes femelles portant des œufs hydratés qui avaient été capturées pendant le relevé plurispécifique au chalut de 1995 à 2002. Les données ne couvrent que les zones échantillonnées au printemps et au début de l'été (d'avril à juillet) et ont une couverture limitée dans certaines régions. La répartition du sébaste dans les relevés est demeurée relativement inchangée depuis l'étude de Ollerhead *et al.* (2004), ce qui montre que les frayères du sébaste n'ont pas changé. Cependant, son abondance relative a changé dans la biorégion de T.-N.-L.; on a observé des déclinés dans les divisions 3LNO et des augmentations ailleurs.

La crevette nordique est considérée comme un avantage indirect en matière de conservation de la biodiversité pour les refuges marins du chenal Hawke et de la Funk Island Deep. Pendant le relevé plurispécifique au chalut du MPO, les stations sont échantillonnées à l'intérieur et à l'extérieur des deux fermetures. Les données de ces relevés fournissent les estimations de la biomasse, les indices de l'abondance et de la densité, les distributions selon la taille, les stades de maturité, l'occurrence et la fréquence, ainsi que la répartition spatiale de la crevette nordique. Tous ces renseignements sont utilisés pour évaluer le stock. Les relevés dans ces régions ont lieu chaque année à l'automne et ne donnent qu'un instantané des conditions à ce moment-là, les processus et les tendances pouvant varier tout au long de l'année. Une autre source de données sur la crevette nordique provient des pêches commerciales. La crevette n'est pas pêchée à l'intérieur des refuges marins du chenal Hawke et de la Funk Island Deep, mais la pêche est pratiquée juste à l'extérieur de leurs limites. Les données des observateurs en mer à bord de la flotte des grands bateaux (plus de 500 tonnes), issues des pêches commerciales, fournissent des données sur la fréquence des longueurs par sexe et les deux sexes confondus, qui indiquent également le stade de maturité des crevettes. Le poids des prises et les prises par unité d'effort (PPUE) sont également calculés à l'aide de l'ensemble de données des observateurs. En raison de la faible couverture des observateurs en mer à bord des petits bateaux, on utilise les journaux de bord pour produire les PPUE et le poids des prises dans la pêche.

Pressions humaines

Pour comprendre le contexte des changements apportées aux indicateurs énoncés pour les espèces des avantages en matière de conservation de la biodiversité, il est nécessaire d'inclure la surveillance de certaines pressions humaines. Selon Dunham et ses collaborateurs (2020), un programme de surveillance qui ne tient pas compte des pressions humaines relève de la catégorie de la surveillance du milieu ambiant (c.-à-d. la surveillance générale de l'environnement et de l'état des stocks) et ne pourra attribuer les résultats écologiques observés aux mesures de protection. Pour ces indicateurs, la principale méthode de collecte d'information sera la surveillance complémentaire, étant donné que la Direction des sciences du MPO n'est pas en mesure de surveiller un grand nombre des indicateurs des pressions humaines. Des renseignements sur l'effort de pêche commerciale sont fournis par des sources comme les journaux de bord et les systèmes de surveillance des navires (SSN); ces données sont mises à jour chaque année et publiées sur le site Web des données ouvertes du gouvernement du Canada (Koen-Alonso *et al.* 2018). Les prélèvements totaux de la biomasse dans la pêche commerciale tirés des journaux de bord de la pêche commerciale devraient également être inclus ici. Il sera possible d'utiliser les mesures du bruit dans l'océan ou des modèles de paysage sonore sous-marin une fois que la couverture pour les AMC aura augmenté et que les

**Détermination des indicateurs, protocoles
et stratégies de surveillance pour cinq
refuges marins dans la région de T.-N.-L.**

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

modèles auront été améliorés (Miksis-Olds *et al.* 2018). Tous ces indicateurs des pressions humaines sont inclus ici (Tableau 2) pour examen, mais il sera difficile d'établir un lien entre ces pressions et les avantages pour la conservation dans une zone donnée. Il est recommandé d'approfondir l'examen du lien entre ces indicateurs et les ACB et de déterminer le niveau d'impact avant de les intégrer pleinement au programme de surveillance. Il pourra également être nécessaire de surveiller d'autres pressions humaines à mesure qu'elles se manifesteront (p. ex. exploration ou forage pétroliers et gaziers, exploitation éolienne en mer).

Tableau 2. Indicateurs de surveillance scientifique recommandés pour les refuges marins dans la région de T.-N.-L..

Indicateur	Coraux et éponges	Morue franche	Bio-diversité	Habitat benthique	Océanographie	ACB indirects (flétan du Groenland, loup à tête large, loup tacheté et loup atlantique, grenadier de roche, crevette nordique)	Pressions humaines
Biomasse	X	X	–	–	–	X	–
Abondance/densité	X	X	–	–	–	X	–
Diversité des espèces/taxons	X	–	X	–	–	–	–
Richesse en espèces/taxons	X	–	X	–	–	–	–
Âge	–	X	–	–	–	–	–
Distribution selon la taille	X	X	–	–	–	X	–
Taux de croissance	–	X	–	–	–	–	–
Occurrence/fréquence	–	X	–	–	–	X	–
Répartition	X	X	–	–	–	X	–
Cartes de l'habitat/qualité de l'habitat	X	–	–	X	–	–	–
Poids des prises dans les pêches	–	–	–	–	–	X	X
Fréquences de longueur	–	–	–	–	–	X	–
Température	–	–	–	X	X	–	–
Chlorophylle-a	–	–	–	–	X	–	–
Salinité	–	–	–	X	X	–	–
Concentration en oxygène	–	–	–	–	X	–	–
Acidification de l'océan (alcalinité, pH, CID, pCO ₂)	–	–	–	–	X	–	–
Paysage sonore/caractéristiques acoustiques	–	–	X	–	X	–	X
Flux de nutriments (mouvement des masses d'eau)	–	–	–	–	X	–	–
Courants	–	–	–	–	X	–	–
Composition de l'endofaune et de l'épifaune	X	–	X	X	–	–	–
Flux trophiques/diversité du réseau trophique	–	–	X	–	–	–	–
Flux énergétiques	–	–	X	–	–	–	–
Biomasse des prédateurs/proies	–	–	X	–	–	–	–
Productivité primaire	–	–	–	–	X	–	–
Variabilité du zooplancton	–	–	X	–	X	–	–
Effort de pêche commerciale	–	–	–	–	–	–	X
Indice climatique de T.-N.-L.	–	–	–	–	X	–	X

Méthodes et protocoles de relevé

Les méthodes et protocoles de relevé utilisés dans la région de T.-N.-L. ont été décrits plusieurs autres documents (voir Lewis *et al.* 2016; MPO 2021; Warren *et al.* sous presse). Les méthodes de relevé sont les pratiques utilisées pour recueillir les données, tandis que les protocoles sont

**Détermination des indicateurs, protocoles
et stratégies de surveillance pour cinq
refuges marins dans la région de T.-N.-L.**

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

un ensemble de directives pour mener un relevé. Les méthodes de relevé pertinentes pour les refuges marins de la région sont décrites dans le Tableau 3 ci-après.

Tableau 3. Méthodes de relevé utilisées pour la surveillance des refuges marins dans la région de T.-N.-L.. Tableau modifié d'après MPO (2023a).

Méthode de relevé	Échantillonnage (surveillance fondamentale /complémentaire /recherche ciblée)	Fréquence
Relevés plurispécifiques au chalut du MPO	Complémentaire	Annuelle (printemps et/ou automne)
Relevés aériens (tortues, cétacés, scyphozoaires)	Complémentaire	Annuelle
Imagerie satellite	Complémentaire	Annuelle (continue)
Données des observateurs	Complémentaire	Annuelle
Programme de monitoring de la zone Atlantique (PMZA)	Complémentaire	Annuelle (printemps et automne)
Observations (opportunistes)	Complémentaire	Annuelle
Système de surveillance des navires (SSN) ou journaux de bord	Complémentaire	Annuelle
Surveillance à quai	Complémentaire	Annuelle
Amarrage océanographique	Complémentaire/fondamentale	Annuelle (continue)
Profil CTP	Complémentaire / fondamentale	Tous les 2 à 3 ans (fondamentale)
ADNe (eau/sédiments)	Fondamentale	Tous les 2 à 3 ans
Caméra lestée et caméra qu'on laisse dériver/caméra remorquée (systèmes de caméras autres que ceux des VTG)	Fondamentale	Tous les 2 à 3 ans
Vidéo sous-marine télécommandée appâtée	Fondamentale	Tous les 2 à 3 ans
Profilleur de vision sous-marine (UVP)	Fondamentale	Tous les 2 à 3 ans
Filets à zooplancton	Ciblée	Pas de plan pour le moment
Étiquettes satellites (étiquettes collectrices de données détachables et émettrices)	Ciblée	Pas de plan pour le moment
Télémetrie acoustique (récepteurs et marquage)	Ciblée	Pas de plan pour le moment
Acoustique passive et active (amarrages et dispositifs mobiles)	Ciblée	Pas de plan pour le moment
Sonar multifaisceau /à balayage latéral	Ciblée	Pas de plan pour le moment
Carottier à sédiments (benne benthique/carottier à boîte)	Ciblée	Pas de plan pour le moment
Véhicule téléguidé (VTG) sous-marin	Ciblée	Tous les 5 à 10 ans environ

Surveillance fondamentale

L'un des principaux objectifs du volet de surveillance fondamentale de l'approche régionale de surveillance scientifique est de mettre en œuvre des protocoles d'échantillonnage les moins invasifs possible, notamment l'utilisation de caméras lestées, de caméras vidéo sous-marines télécommandées appâtées, de l'ADNe, de sondes CTP et d'amarrages, souvent en tant que missions spécialisées plutôt qu'en tirant parti d'autres plateformes d'échantillonnage (les relevés plurispécifiques ou du PMZA). Ces techniques permettent un échantillonnage moins destructeur, en particulier dans les zones désignées pour protéger des espèces et des habitats fragiles et longévifs, comme les coraux et les éponges d'eaux froides (McGeady *et al.* 2023). Depuis 2021, lorsque la surveillance dirigée a débuté pour les cinq refuges marins extracôtiers dans la région, l'accent est mis sur l'utilisation de ces protocoles d'échantillonnage très peu invasifs. Afin de rentabiliser l'utilisation du temps-navire et des ressources humaines, ces opérations sont habituellement effectuées à la même station de surveillance ou au même

emplacement avant de continuer le trajet. Cette façon de regrouper les opérations améliorera l'interprétation des données et réduira le temps de déplacement. La fréquence des visites à chacun des refuges marins dépend du nombre d'employés et des ressources opérationnelles disponibles chaque année. Avec les ressources actuelles, la surveillance fondamentale aurait lieu dans chaque refuge marin par rotation tous les deux à trois ans, ce qui est possible en priorisant au moins deux sites par année (habituellement limités aux mois sans glace du printemps, de l'été et de l'automne).

L'un des relevés par vidéo du fond marin utilise un système de caméras lestées comprenant des caméras orientées vers le bas et vers l'avant, des lumières, des piles et des points laser, montés sur un cadre stable conçu pour les déploiements en eaux profondes. Le système, pesant environ 200 kg, est fixé à un câble de treuil et abaissé sur le fond marin, où des séquences contrôlées de contact avec le fond et de remontée sont effectuées pendant l'enregistrement vidéo. Les activités et les positions du navire sont consignées au moyen d'une application ArcGIS Survey123 personnalisée, les données vidéo recueillies étant enregistrées et sauvegardées sur MS Azure. Après la collecte, les photos sont extraites pendant le contact avec le fond marin, annotées pour les paramètres comme le type de substrat et l'abondance de l'épifaune, et traitées à l'aide de l'outil d'annotation BIIGLE et du logiciel statistique R. L'annotation manuelle est la norme actuelle, mais on explore des techniques d'intelligence artificielle pour améliorer l'efficacité et résoudre des enjeux comme la variabilité des types de substrats.

Des systèmes de caméras vidéo sous-marines télécommandées appâtées sont utilisés dans la région de T.-N.-L. pour surveiller les populations de poissons démersaux. Deux méthodes ont été utilisées : un seul atterrisseur équipé de caméras adaptées aux grands fonds, de lumières, de lasers et de bras appâtés, déployé à des profondeurs de plus de 3 000 m, et des tessures de casiers à crabes modifiés équipées de caméras et de lumières économiques, principalement pour les zones moins profondes à moins de 200 m. Déployés pendant plusieurs heures à la fois, ces systèmes enregistrent des séquences pour l'identification des espèces et des paramètres de données comme MaxN (nombre maximal d'individus observés dans une trame) et l'heure de la première arrivée. Bien que les méthodes actuelles reposent sur l'examen vidéo manuel, des efforts sont en cours pour intégrer l'IA à l'annotation. L'approche de la tessure est prometteuse pour une réplication accrue à moindre coût, en particulier dans les habitats moins profonds, tandis que les atterrisseurs uniques demeurent essentiels pour les zones plus profondes de surveillance des coraux et des éponges, en attendant les progrès réalisés dans les boîtiers adaptés aux profondeurs.

L'ADNe est une méthode polyvalente et évolutive pour surveiller la biodiversité qui isole l'ADN flottant librement dans l'eau ou les sédiments et l'attribue à divers taxons au moyen de bases de données génétiques. Dans la région de T.-N.-L., les protocoles actuels sont le prélèvement d'échantillons d'eau à différentes profondeurs à l'aide de rosettes CTP, le filtrage au moyen de filtres Sterivex ou auto-préservants et l'extraction d'ADN selon des méthodes optimisées, comme la trousse Qiagen d'extraction de sang et de tissus. Pour l'analyse, on utilise des marqueurs génétiques comme un marqueur de biodiversité générale 18S et un marqueur propre aux poissons, 12S MiFish, ce qui permet d'évaluer la biodiversité et la diversité du réseau trophique, en mettant l'accent sur les échantillons benthiques tout en traitant les données sur les espèces pélagiques comme une priorité secondaire. Des efforts sont en cours pour standardiser les méthodes de surveillance de l'ADNe à l'échelle régionale et nationale. Avec les progrès des méthodes et des techniques d'analyse, il sera important de tenir compte de la comparabilité des données au fil du temps lorsqu'on modifiera ces protocoles

standardisés. De plus, des données auxiliaires tirées d'instruments océanographiques et d'outils d'imagerie du plancton (p. ex. les profileurs de vision sous-marine) complètent les connaissances sur l'ADNe, et fournissent un contexte précieux pour comprendre les avantages en matière de conservation de la biodiversité.

Recherche ciblée

La recherche ciblée peut utiliser des outils comme les étiquettes acoustiques et par satellite (c.-à-d. la télémétrie) pour suivre les déplacements des espèces et l'utilisation de l'habitat, avec des applications telles que l'étude des larmarques atlantiques dans les refuges marins. Les récepteurs acoustiques enregistrent des données sonores pour évaluer les effets du bruit et identifier les mammifères marins qui vocalisent. Le sonar multifaisceaux et le sonar à balayage latéral aident à caractériser les caractéristiques du fond marin et orientent la recherche sur les espèces liées à des habitats précis. Les VTG, peu invasifs, peuvent être utilisés pour étudier les habitats de coraux et d'éponges, tandis que les carottiers à sédiments analysent la biodiversité benthique et les changements écosystémiques. L'échantillonnage du zooplancton au filet de type Bongo fournit des données sur la santé des écosystèmes. Bien que ces protocoles de recherche ciblée ne soient pas actuellement déployés dans tous les refuges marins pour la surveillance, ils sont couramment appliqués dans la région et seraient disponibles pour traiter des questions de recherche ciblée au besoin. Il faudrait élaborer davantage les indicateurs et les questions proposés avant de les utiliser dans le cadre du programme de surveillance. Pour obtenir de plus amples renseignements sur ces protocoles et leur application possible à la surveillance écologique des refuges marins, voir MPO (2024) et Warren *et al.* (sous presse).

Surveillance complémentaire

Les protocoles de surveillance complémentaire sont des relevés ou d'autres méthodes de collecte de données qui sont effectués à des fins autres que la surveillance des AMC. Les relevés plurispécifiques au chalut fournissent un échantillonnage indépendant de la pêche pour analyser les tendances des espèces visées ou non par des pêches commerciales, la couverture saisonnière des données influant sur leur applicabilité à des refuges marins en particulier. Le PMZA utilise des outils pour recueillir des données océanographiques le long de transects de base qui recoupent certains refuges marins, offrant ainsi un contexte précieux pour la surveillance. Les dispositifs d'amarrage à plusieurs instruments recueillent des données environnementales de référence, mais ils sont limités par les défis logistiques et la disponibilité des instruments. De même, les profils CTP soutiennent la surveillance fondamentale tout en offrant des efforts complémentaires.

L'imagerie satellitaire est une option rentable pour observer les refuges marins éloignés, en faisant le suivi de la température de la surface de la mer et des concentrations de chlorophylle-*a* afin d'évaluer les changements environnementaux. Les observations opportunistes de mammifères marins fournissent des données pour les modèles de qualité de l'habitat, mais elles sont limitées car les méthodes de collecte ne sont pas standardisées. Les journaux de bord des bateaux de pêche commerciale et les programmes de surveillance à quai offrent un aperçu des prises de poisson en dehors des refuges marins, et le système de surveillance des navires apporte des renseignements spatiaux sur l'effort de pêche. Les données des observateurs des pêches peuvent comprendre les prises accessoires de coraux et d'éponges, pertinentes pour les refuges marins ayant des ACB spécifiques, bien que le niveau de présence des observateurs et l'exactitude de l'identification des espèces demeurent problématiques. Ensemble, ces protocoles complètent les efforts de recherche ciblée et de surveillance fondamentale pour dresser un tableau complet des écosystèmes des refuges marins.

Stratégies

Critères de sélection des sites

Les critères de sélection des sites varient selon le type d'avantage direct en matière de conservation de la biodiversité du refuge marin (Figure 3). On applique les mêmes critères pour les refuges marins présentant le même type d'avantage direct.

Les refuges marins du chenal Hawke et de la Funk Island Deep accordent la priorité à la conservation de la morue franche et sont situés sur le plateau, avec des plages de profondeurs limitées. Le plan d'échantillonnage de ces refuges marins, élaboré par le Marine Institute, est axé sur la couverture de la plage des profondeurs et la proximité entre les stations (<10 milles marins), ce qui permet un échantillonnage quotidien efficace. Le chenal Hawke compte 64 stations et la Funk Island Deep, 24 (Figure 4).

Le Hopedale Saddle, la zone de protection des coraux de la division 3O et le talus nord-est de Terre-Neuve sont de grands refuges marins (>10 000 km²) en bordure du plateau continental, visant à conserver les coraux et les éponges. Le plan d'échantillonnage était axé sur la sélection de sites de surveillance se trouvant dans des habitats convenables pour les groupes fonctionnels des coraux (selon les modèles de qualité de l'habitat) et dans des zones benthiques importantes pour les éponges (ZBI; Kenchington *et al.* 2016). On a eu recours à des plans spatialement équilibrés (Hopedale Saddle, talus nord-est de Terre-Neuve) ou à des points randomisés (division 3O) pour déterminer les sites « intérieurs », améliorant ainsi l'efficacité de l'échantillonnage et réduisant l'autocorrélation spatiale. D'autres sites « extérieurs » ont été repérés comme présentant une qualité semblable de l'habitat et, dans la mesure du possible, une pression comparable de la pêche. Au total, on compte 16 sites d'échantillonnage au Hopedale Saddle (10 intérieurs et 6 extérieurs), 20 dans la division 3O (15 intérieurs et 5 extérieurs) et 25 sur le talus nord-est de Terre-Neuve (20 intérieurs et 5 extérieurs).

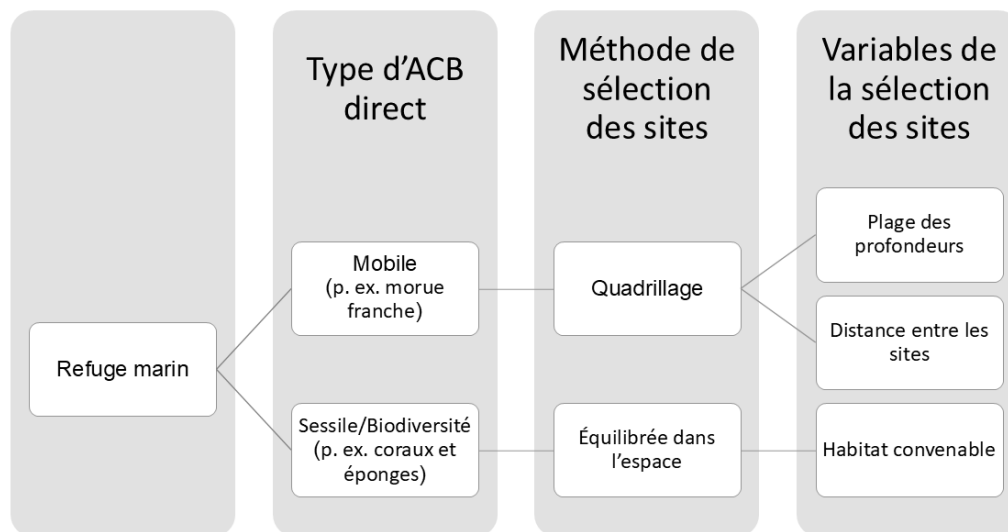


Figure 3. Organigramme illustrant la méthode de sélection des sites et les variables utilisées selon le type d'avantage direct en matière de conservation de la biodiversité.

Sites en eaux profondes

Étant donné que les modèles de qualité de l'habitat et zones benthiques importantes des éponges sont limités par la profondeur (généralement < 1 500 m), les parties en eaux profondes des fermetures du Hopedale, de la zone de protection des coraux de la Division 3O et du talus nord-est de Terre-Neuve ont été exclues du cadre d'échantillonnage. Cependant, les zones en eaux profondes constituent une grande proportion de ces refuges marins. En général, on connaît mal ces zones et un échantillonnage de référence est nécessaire pour les caractériser. C'est pourquoi, en plus des sites d'échantillonnage décrits précédemment, il est recommandé de mettre en place des sites d'échantillonnage aléatoires pour les zones en eaux profondes (à >1 500 m). Cette méthode peut suivre un plan à panel fractionné qui échantillonne des sites permanents (à <1 500 m) et aléatoires (à >1 500 m). Les sites permanents sont utiles pour déterminer les tendances, mais les sites aléatoires peuvent être utilisés pour améliorer les estimations des indicateurs (Department of Conservation 2022) et, dans le cas des refuges marins de la région de T.-N.-L., permettront de recueillir des données de référence sur les zones qui n'ont pas déjà fait l'objet d'un relevé.

Des méthodes d'échantillonnage (p. ex. équipement) correctement adaptées à la profondeur, de même que du temps supplémentaire pour le déplacement et le déploiement/la récupération, seront nécessaires pour les sites en eaux profondes.

Sites extérieurs/de référence

Dans la région de T.-N.-L., les aires protégées visent essentiellement à protéger l'habitat et la biodiversité (plutôt qu'à améliorer les écosystèmes au-delà de leurs limites par des effets de débordement). Il est donc raisonnable de s'attacher en priorité à comprendre les tendances pour les objectifs de conservation ou les ACB dans les limites de l'aire protégée plutôt qu'à comparer les sites intérieurs-extérieurs aux sites de référence dans le temps (c.-à-d. le plan d'étude de type avant-après témoin-impact). Toutefois, la recherche ciblée utilisant des sites de référence peut déterminer si les changements à long terme observés dans les aires protégées contrastent avec ceux observés à l'extérieur de l'aire protégée et s'il est raisonnable de s'attendre à ce que la gestion adaptative de l'aire protégée améliore les objectifs de conservation ou les ACB. Certaines données de la surveillance complémentaire sont recueillies tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des aires protégées et offrent une occasion de comparaison, mais ce type d'analyse doit être effectué avec prudence. Compte tenu de la pression exercée par la pêche dans une zone avant sa fermeture, si elle était relativement faible, il ne serait pas raisonnable de s'attendre à ce que les fermetures aient des répercussions importantes, surtout sur la grande échelle de certains de ces refuges marins. Il faut également tenir compte de la puissance des données utilisées (relevé plurispécifique au chalut) pour détecter ces changements (Morris *et al.* 2024).

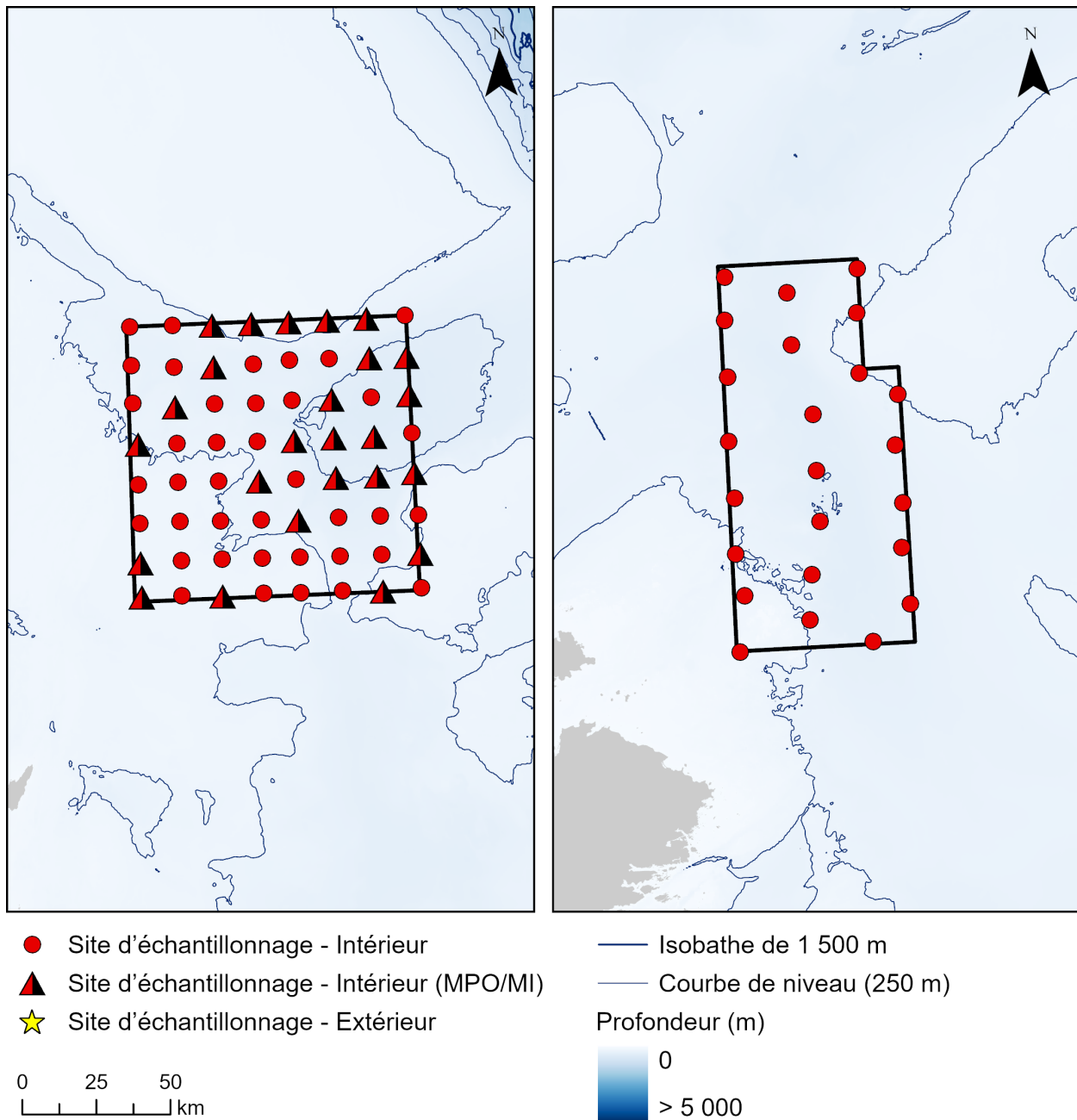


Figure 4. Sites d'échantillonnage pour les refuges marins du chenal Hawke (panneau de gauche) et de la Funk Island Deep (panneau de droite).

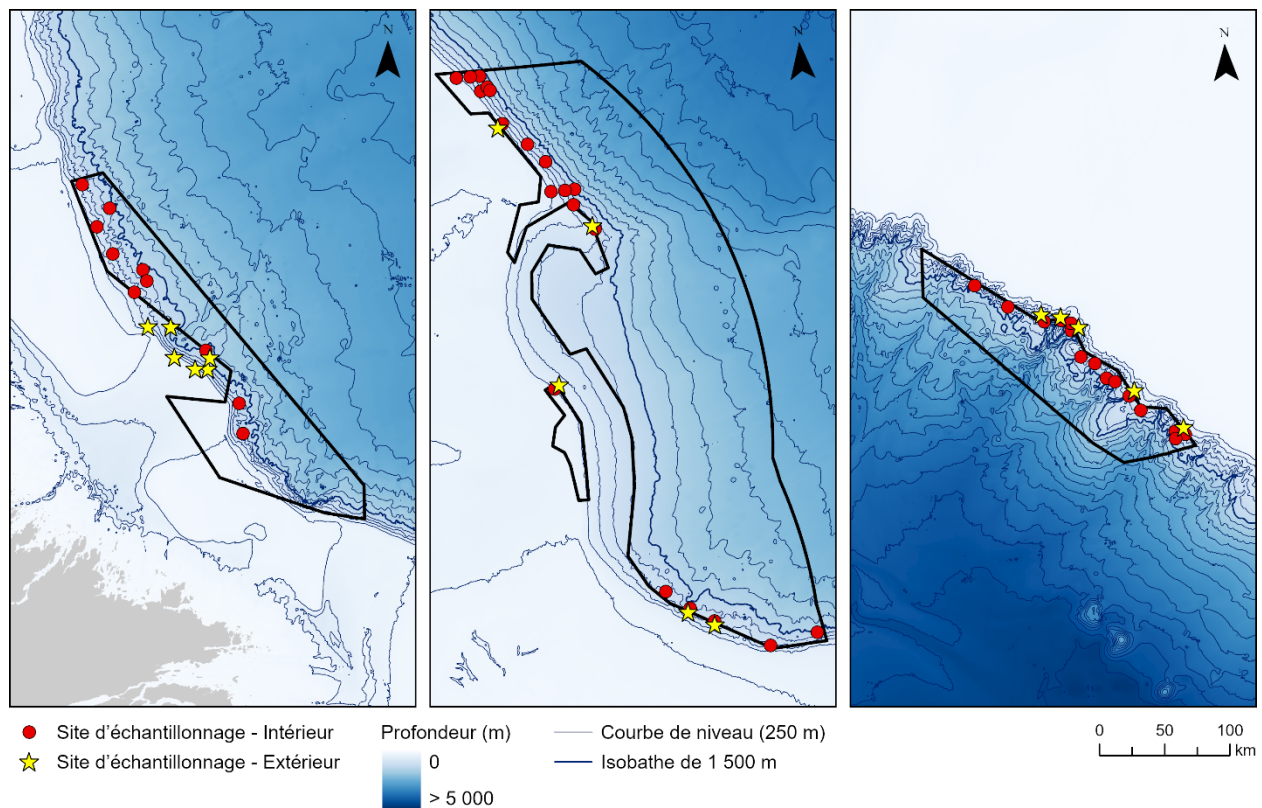


Figure 5. Sites d'échantillonnage pour les refuges marins du Hopedale Saddle (panneau de gauche), du talus nord-est de Terre-Neuve (panneau du milieu) et de la zone de protection des coraux de la division 30 (panneau de droite).

Nous proposons ici une approche hybride dans laquelle des sites de référence extérieurs sont déterminés et visités afin d'établir les conditions de référence pour quelques indicateurs prioritaires, mais ne sont pas régulièrement revisités ni présentés dans le programme de surveillance fondamentale. Si la surveillance à l'intérieur des aires protégées révèle une détérioration de l'intégrité des avantages en matière de conservation de la biodiversité, ces sites peuvent être revisités et utilisés avec les données de référence pour guider la gestion adaptative (c.-à-d. que les déclinés à l'intérieur de l'aire protégée sont une fonction des tendances régionales plus générales [recherche ciblée]).

Il est difficile de sélectionner de véritables sites de référence dans des milieux marins complexes, surtout lorsque les aires protégées sont souvent choisies pour leurs caractéristiques uniques. Dans la région de T.-N.-L., deux approches générales ont été utilisées : des analyses multivariées (ZPM du chenal Laurentien) et des modèles de qualité de l'habitat (refuges marins de coraux et d'éponges). Les deux approches sont assorties de contraintes supplémentaires (p. ex. proximité, profondeur, historique de la pêche) pour assurer la comparabilité.

Analyse de puissance

Une analyse de puissance a été effectuée pour déterminer comment notre capacité à détecter les changements importants dans l'abondance des taxons de l'avantage en matière de conservation de la biodiversité change au fil du temps, compte tenu de l'ampleur différente des divers effets et des différences dans la taille des échantillons. Les données existantes

recueillies lors des relevés plurispécifiques au chalut et des relevés par imagerie des fonds marins ont été utilisées pour orienter l'analyse, et une série de scénarios ont été explorés afin de déterminer le niveau d'effort d'échantillonnage qui permettra de trouver un équilibre entre la puissance statistique et la faisabilité de la surveillance.

Des modèles ont été élaborés pour la morue franche dans les zones de fermeture du chenal Hawke et de la Funk Island Deep à l'aide des données du relevé plurispécifique au chalut de 2010 à 2019, en standardisant l'abondance en tant que PPUE. Après 2019, la série chronologique a été interrompue en raison de la pandémie de COVID-19 (en 2020) et des changements de navires. Un modèle linéaire généralisé à effets mixtes a été appliqué au chenal Hawke afin de tenir compte de la variabilité, avec l'année de relevé comme effet fixe et la strate comme effet aléatoire. Pour la Funk Island Deep, un modèle linéaire généralisé a été utilisé afin de modéliser les CPUE avec l'année de relevé comme effet fixe. Il n'a pas été possible d'y intégrer la strate comme effet aléatoire en raison de problèmes de convergence. Des modèles linéaires généralisés à effets mixtes ont été appliqués pour tenir compte de la variabilité, en utilisant les effets fixes pour l'année de relevé et, pour le chenal Hawke, les effets aléatoires des strates. Des ensembles de données simulées ont évalué l'incidence de la taille de l'échantillon, de l'ampleur de l'effet et des années de relevé sur la détection des changements dans l'abondance, en mettant l'accent sur les baisses importantes de l'abondance. De même, on a analysé les données sur les coraux et les éponges dans le refuge marin du Hopedale Saddle à l'aide d'un système de caméras lestées, les espèces étant regroupées en catégories fonctionnelles. Les modèles linéaires généralisés à effets mixtes ont été ajustés pour les données de dénombrement des coraux et des éponges, en utilisant la classification des substrats pour comprendre les exigences d'échantillonnage et détecter les changements au fil du temps. Une distribution d'erreur binomiale négative a été utilisée dans les modèles pour les éponges et les petites gorgones, tandis qu'une distribution de Poisson a été utilisée pour les pennatules. Les simulations de l'analyse de puissance ont aidé à peaufiner les futurs plans de relevé pour une surveillance efficace.

De 2010 à 2019, 10 chaluts en moyenne ont été effectués par année dans la fermeture du chenal Hawke, et six dans la fermeture de la Funk Island Deep. L'abondance de la morue franche (PPUE) dans le chenal Hawke a augmenté de 810 % sur cette période, avec un taux de croissance proportionnelle annuel de 1,27 (selon les prévisions du modèle ajusté), et l'augmentation a été de 219 % dans la Funk Island Deep, avec un taux de croissance annuel de 1,14 (Figure 6). L'analyse de puissance indique qu'aux niveaux d'échantillonnage actuels, il faudrait cinq ans de surveillance pour détecter des changements importants dans l'abondance dans les deux fermetures, mais un plus grand effort d'échantillonnage pourrait accélérer le temps de détection (Figure 7, Figure 8). À l'inverse, un échantillonnage réduit rallongerait le temps de détection des changements. La puissance est légèrement plus élevée pour les tests unilatéraux que pour les tests bilatéraux.

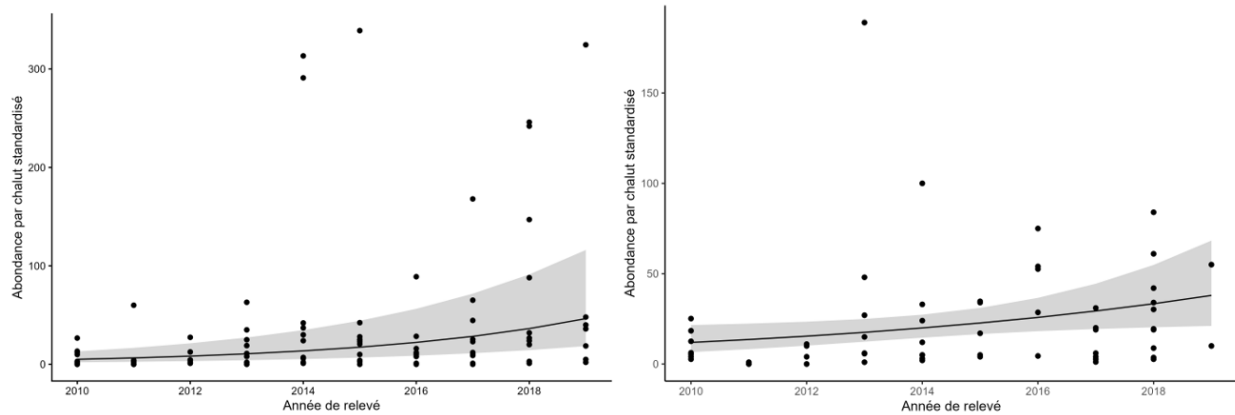


Figure 6. Prise par unité d'effort de morue franche dans la fermeture du chenal Hawke (panneau de gauche) et dans la fermeture de la Funk Island Deep (panneau de droite), par année. La ligne noire et la zone ombrée indiquent la prévision de la PPUE par le modèle et l'intervalle de confiance à 95 % correspondant, respectivement.

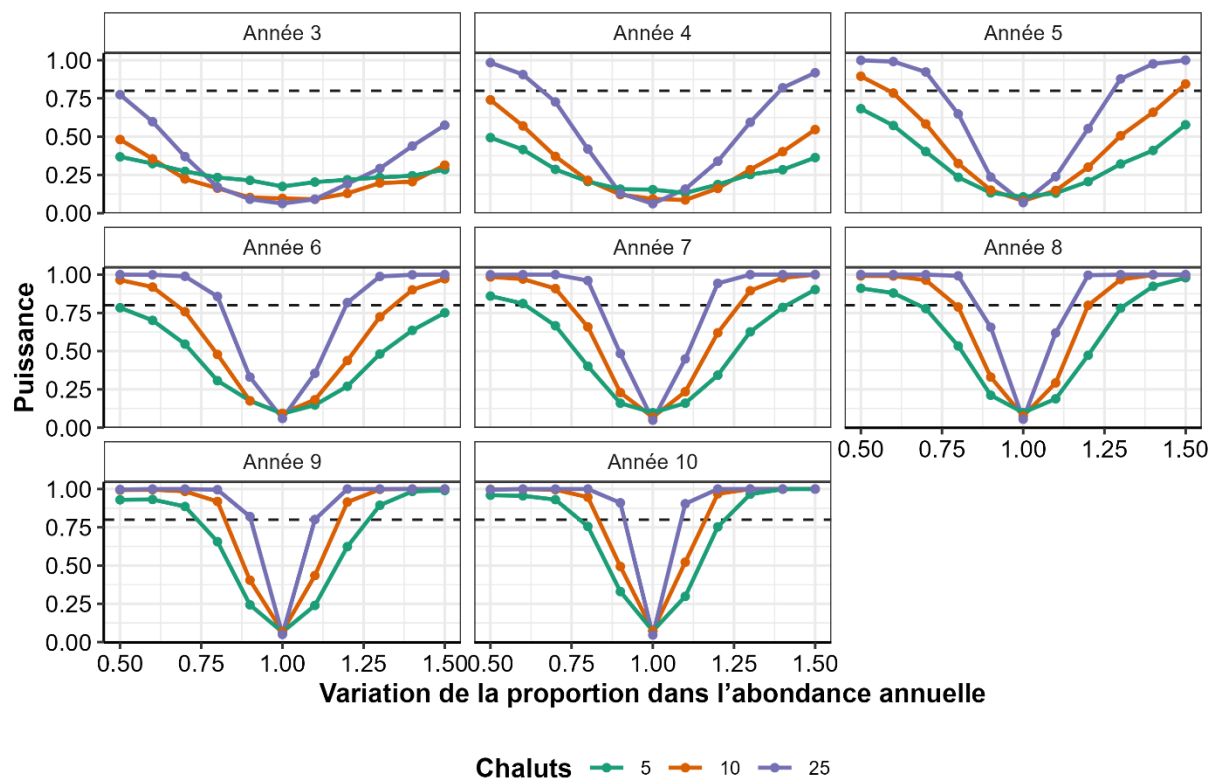


Figure 7. Puissance statistique pour détecter des changements importants (test bilatéral, $\alpha = 0,05$) dans l'abondance de la morue franche dans la fermeture du chenal Hawke avec divers niveaux d'effort de chalutage (chaluts par année dans la fermeture). Les panneaux représentent le nombre d'années de données simulées incluses dans la série chronologique pour l'analyse. La ligne horizontale tiretée indique la puissance cible de 80 %.

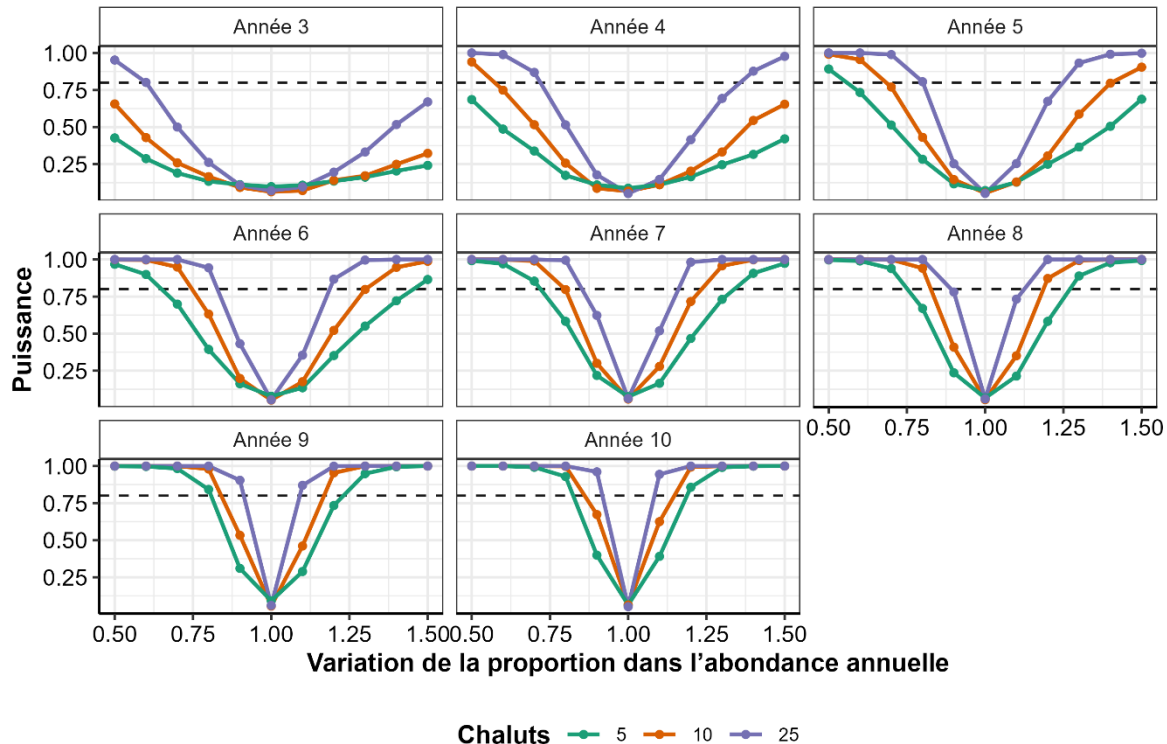


Figure 8. Puissance statistique pour détecter des changements importants (test bilatéral, $\alpha = 0,05$) dans l'abondance de la morue franche dans la fermeture de la Funk Island Deep avec divers niveaux d'effort de chalutage (chaluts par année dans la fermeture). Les panneaux représentent le nombre d'années de données simulées incluses dans la série chronologique pour l'analyse. La ligne horizontale tiretée indique la puissance cible de 80 %.

Dans le refuge marin du Hopedale Saddle, les relevés par caméra lestée à 10 stations ont permis de prendre en moyenne 60 images par transect, principalement des groupes fonctionnels comme les pennatules, les petites gorgones et les éponges. Les éponges étaient plus abondantes, leur nombre allant de 0 à 28 par image, les pennatules et les petites gorgones étant moins nombreux. Selon l'analyse de puissance, les efforts d'échantillonnage actuels permettraient de détecter des changements importants dans ces groupes d'ici la quatrième année de surveillance avec de faibles amplitudes de l'effet (Figure 9, Figure 10, Figure 11). Les images comportant des classifications de substrat dur ont fourni la puissance la plus élevée, ce qui indique l'importance du substrat dans les stratégies de surveillance. L'augmentation du nombre d'années d'échantillonnage améliore la sensibilité, bien que des transects ou des images supplémentaires par transect révèlent un rendement décroissant en gains de puissance.

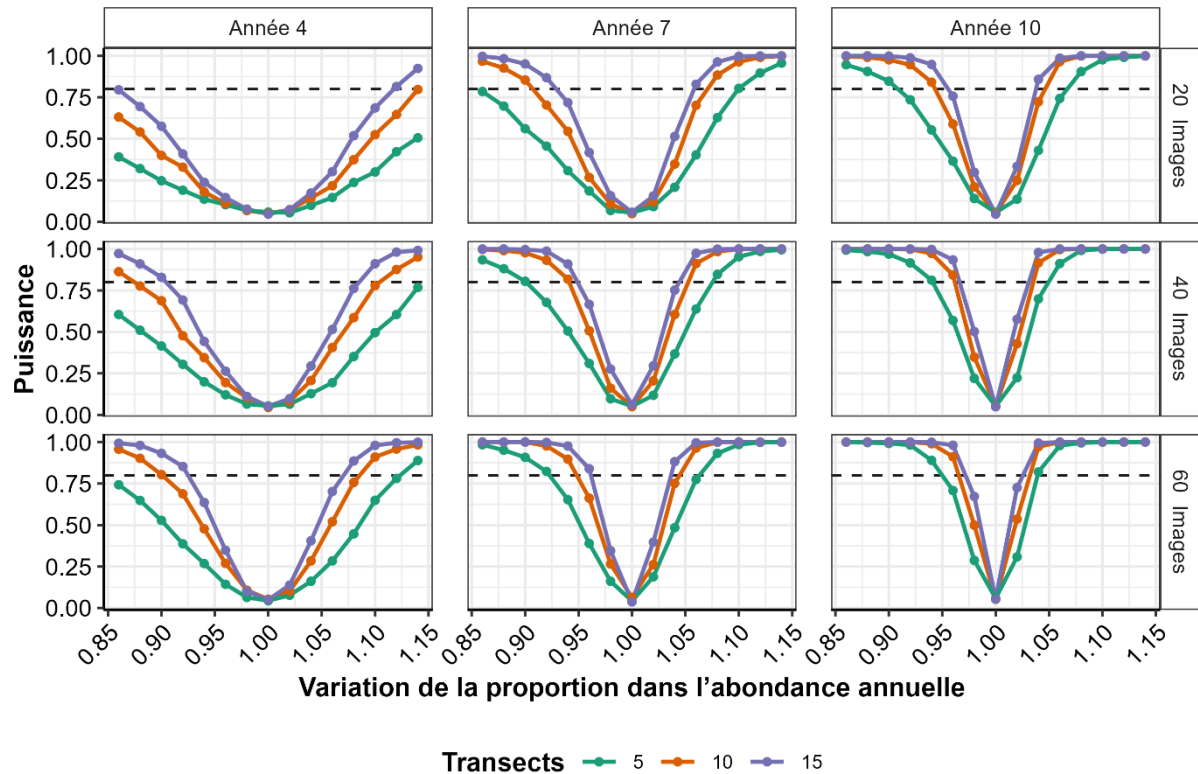


Figure 9. Puissance statistique pour détecter des changements importants (test bilatéral, $\alpha = 0,05$) dans l'abondance des pennatules dans la fermeture du Hopedale Saddle avec divers niveaux d'effort d'échantillonnage (transects par année dans la fermeture et nombre d'images par transect), par année de programme d'échantillonnage. La ligne horizontale tiretée indique la puissance cible de 80 %.

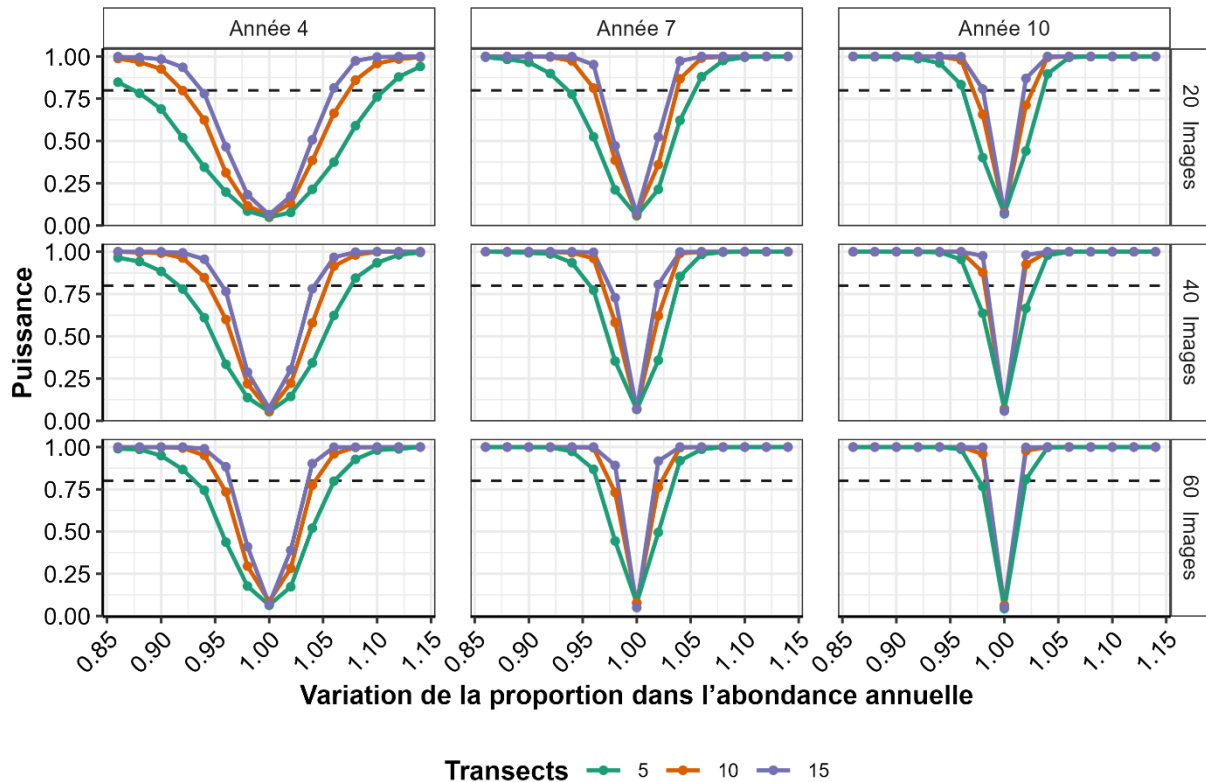


Figure 10. Puissance statistique pour détecter des changements importants (test bilatéral, $\alpha = 0,05$) dans l'abondance des petites gorgones dans la fermeture du Hopedale Saddle avec divers niveaux d'effort d'échantillonnage (transects par année dans la fermeture et nombre d'images par transect), par année de programme d'échantillonnage. La ligne horizontale tiretée indique la puissance cible de 80 %.

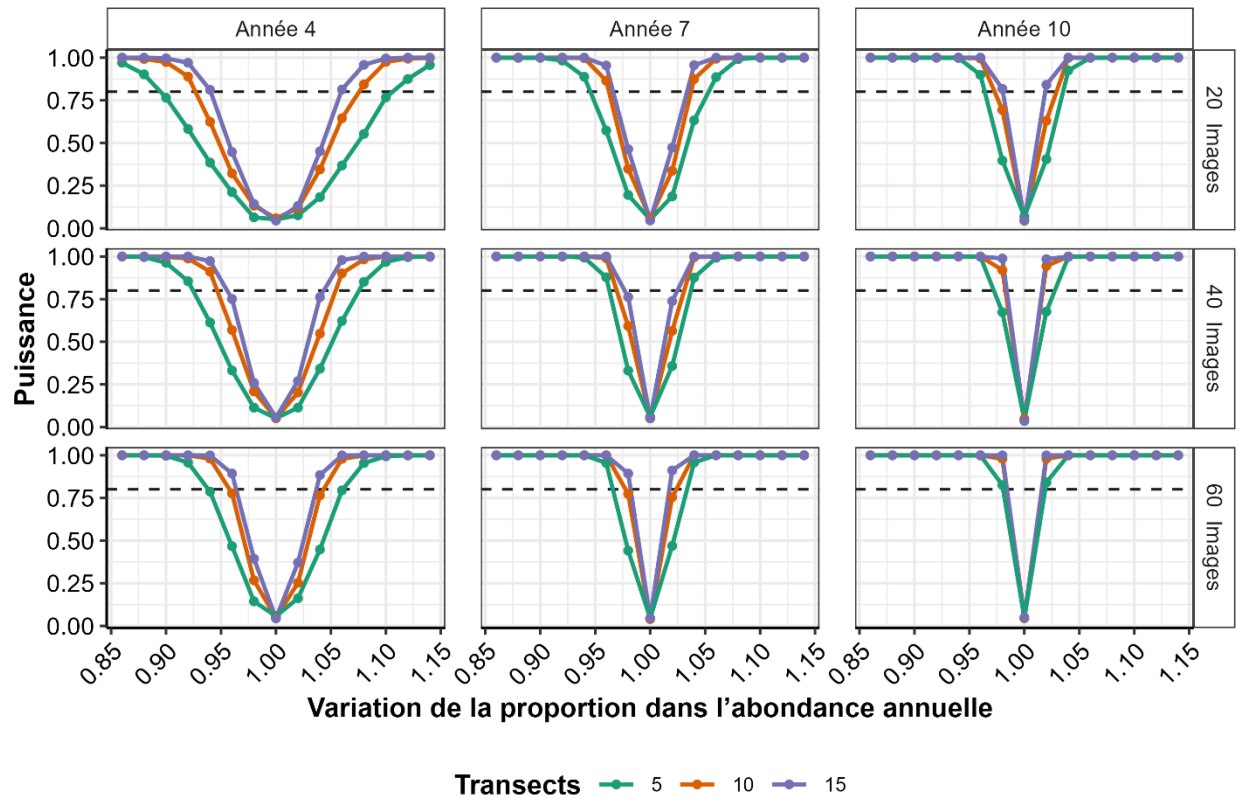


Figure 11. Puissance statistique pour détecter des changements importants (test bilatéral, $\alpha = 0,05$) dans l'abondance des éponges dans la fermeture du Hopedale Saddle avec divers niveaux d'effort d'échantillonnage (transects par année dans la fermeture et nombre d'images par transect), par année de programme d'échantillonnage. La ligne horizontale tiretée indique la puissance cible de 80 %.

Collaborations

Les collaborations jouent un rôle essentiel dans la surveillance des programmes en mettant en commun les ressources, en favorisant la participation et en fournissant une expertise diversifiée. Le programme de surveillance des refuges marins inclut des partenariats avec des groupes autochtones et universitaires. Bien qu'il n'y ait actuellement aucun refuge marin dans des zones visées par des revendications territoriales autochtones, le MPO collabore avec le gouvernement du Nunatsiavut pour surveiller les aires marines adjacentes à sa zone de revendication territoriale afin de reconnaître les liens écologiques des deux côtés de la limite. Ces travaux sont réalisés en vertu des permis scientifiques du Nunatsiavut, et les données sont partagées en conséquence. Une aire marine de conservation potentielle dans les eaux du Nunatsiavut (voir McCarney *et al.* 2024) pourrait intégrer davantage ces partenariats.

Les collaborations universitaires peuvent également renforcer les programmes de surveillance en facilitant les améliorations méthodologiques, en donnant accès à du matériel spécialisé et en générant des connaissances de référence. La coordination entre les groupes de travail stratégiques et techniques assure la compatibilité méthodologique, et la collecte de données est rentabilisée et uniformisée grâce au partage des ressources. Le projet sur la surveillance et l'évaluation des AMC dans la région de T.-N.-L. du Fisheries and Marine Institute de l'Université Memorial de Terre-Neuve, avec l'appui du Programme de financement pour la gestion des

océans du MPO (2021-2026), est un exemple de collaboration fructueuse. Cette initiative met l'accent sur la surveillance en mer et la formation de futurs chercheurs en océanographie. Le programme bénéficie de son propre gestionnaire de projet, d'une coordination efficace grâce à des réunions consultatives régulières, et est en mesure d'accroître la capacité scientifique en mobilisant des étudiants, des stagiaires et des boursiers postdoctoraux. Les contributions du MPO, notamment l'expertise, la mise en commun des ressources et du personnel, ainsi que la supervision conjointe des étudiants, ont renforcé cette collaboration en stimulant la recherche novatrice, le partage des connaissances et l'harmonisation vers des objectifs communs.

Le projet du Marine Institute a porté sur les indicateurs, les protocoles, la sélection des sites et la gestion des données, guidé par ses objectifs et l'expertise des collaborateurs du MPO et de l'institut. Depuis son lancement en 2022, il a bénéficié de l'approche de surveillance des refuges marins du MPO et a participé à des méthodes de surveillance fondamentale et ciblée comme la cartographie multifaisceaux, les VTG, l'acoustique des pêches et l'échantillonnage du zooplancton. La sélection des sites prioritaires a suivi les approches axées sur la profondeur-transect alimentées par des directives internationales et l'expertise locale, avec des ajustements pour combler les lacunes dans la cartographie multifaisceaux et améliorer l'alignement avec les aires de conservation des coraux et des éponges. La collaboration itérative a renforcé les missions dans les principaux refuges marins de la région.

Gestion des données

L'approche de gestion des données pour le programme plus général des objectifs de conservation marine (OCM) est structurée de manière à suivre le cycle de vie général des données, comme illustré sur la Figure 12. Un cycle de vie normal des données commence habituellement par l'étape de la planification, puis suit les étapes logiques de la collecte, du traitement, de l'analyse et, pour finir, des ensembles de données définitifs. Tout au long du programme des objectifs de conservation marine, les pratiques de mise en mémoire et de partage des données sont adaptées à ces étapes.

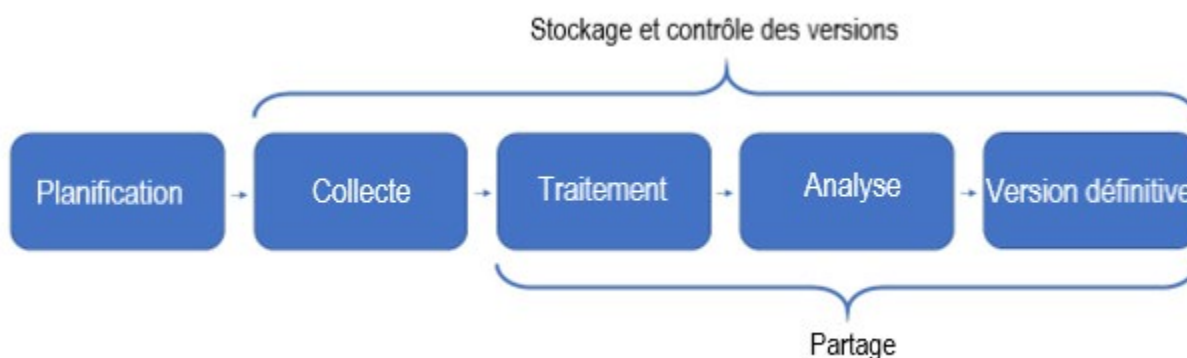


Figure 12. Étapes de la gestion des données qui seront appliquées au programme des objectifs de conservation marine.

Les données brutes recueillies sur le terrain servent de base, passent par les étapes du contrôle de la qualité et de l'étalonnage pendant le traitement, de l'analyse par des méthodes statistiques ou graphiques, pour enfin être converties dans un format standardisé ou facile à conserver pour la mise en mémoire finale. La structure du répertoire et les conventions d'appellation (p. ex. <site><IDstation><méthode><engin><date>_<étape>) garantissent l'organisation et l'accessibilité des données, tout en permettant une certaine flexibilité pour

certain types de données tels que les vidéos. Les données sont stockées dans les services infonuagiques de Microsoft Azure pour y bénéficier d'une sauvegarde sécurisée, complétée par le stockage sur des disques durs afin de réduire les coûts.

Les métadonnées des données de terrain, notamment les coordonnées et les détails connexes, sont recueillies au moyen de l'application ArcGIS Survey123, téléchargées sur le portail en ligne d'ArcGIS et stockées en toute sécurité sur la plateforme eGIS. Des bases de données relationnelles sont en cours d'élaboration pour gérer les grands ensembles de données, comme les résultats d'ADNe, et le couplage des métadonnées de terrain avec les extrants traités, comme les observations taxinomiques. Ce système complet facilite la gestion efficace des données et assure leur intégrité à toutes les étapes du cycle de vie.

La plupart des ensembles de données sont stockés dans des formats non exclusifs pour faciliter leur partage et nécessitent une documentation et des métadonnées appropriées pour être utilisables. Bien que le partage entre les collaborateurs du projet soit laissé à la discrétion des chercheurs principaux, le partage à l'externe doit faire l'objet d'ententes ou de demandes officielles. Les ensembles de données confidentiels doivent être signalés pendant la préparation des données afin d'éviter un stockage ou un partage inapproprié. Conformément à la politique, les données scientifiques du MPO deviennent une ressource publique après deux ans, ce qui permet de publier les données non confidentielles sur le site Web des données ouvertes du Canada, avec la coordination des groupes de données régionaux pertinents. Les métadonnées stockées sur le portail d'ArcGIS sont affichées sous forme de cartes Web et de tableaux de bord interactifs, accessibles au moyen d'un navigateur permettant de visualiser les données spatiales et tabulaires.

Production de rapports

Le programme de surveillance scientifique, même s'il n'en est encore qu'à ses débuts, vient tout juste de commencer à traiter et à analyser les données afin d'établir un cadre de production de rapports pour les AMC de la région. Un tableau de bord régional de la surveillance a été proposé pour présenter les données de toutes les AMC dans un format standardisé et convivial, avec des graphiques interactifs et des cartes pour l'analyse par site (Figure 13). Les lignes directrices nationales sur la surveillance et les rapports sont encore en cours d'élaboration, mais des mesures provisoires comme des tableaux de bord et des rapports publiés suffiront. À l'avenir, une solide structure de production de rapports sera essentielle pour la gestion et le partage efficaces des données et devrait être développée davantage d'ici un à deux ans. De plus, il est crucial de comprendre les tendances des indicateurs pour les objectifs de conservation ou les avantages en matière de conservation de la biodiversité, grâce à deux méthodes d'évaluation décrites par le MPO (2023) : l'anomalie et le seuil fixe. Ces méthodes, bien qu'elles n'aient pas encore été appliquées, visent à améliorer la clarté et la communication concernant l'état et les tendances des ACB pour tous les refuges marins.

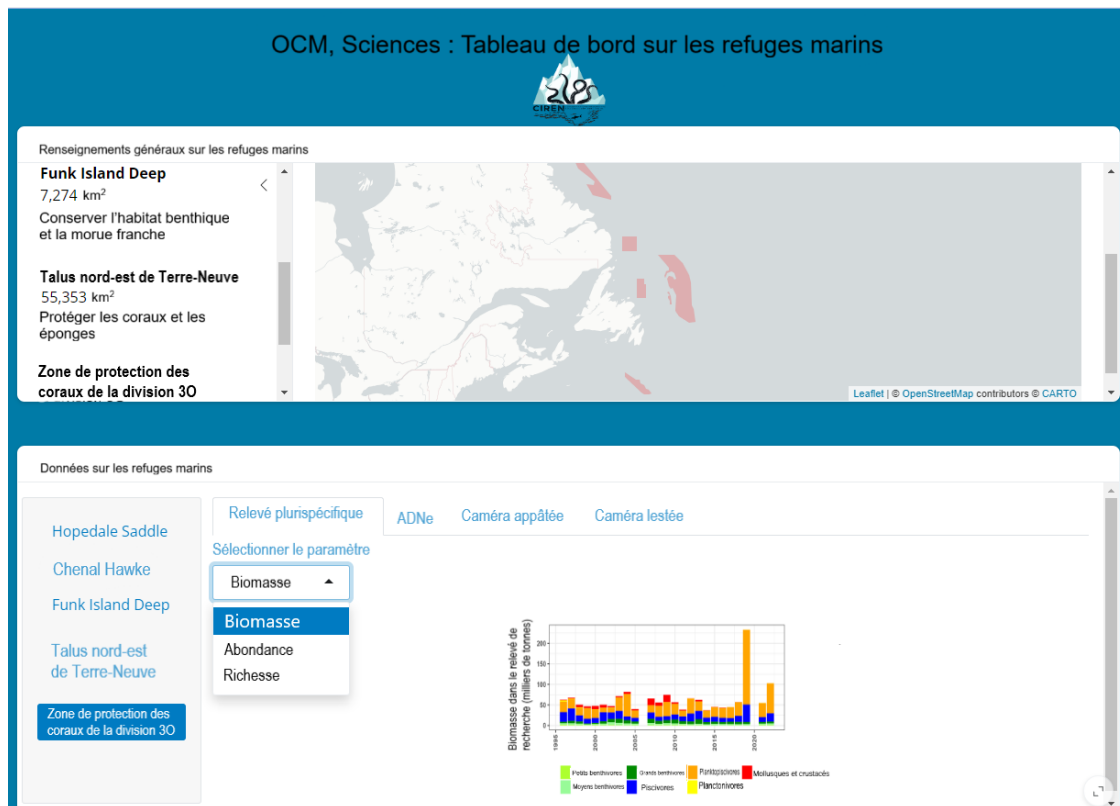


Figure 13. Capture d'écran de l'ébauche du tableau de bord de la surveillance montrant divers refuges marins, types de relevé et indicateurs.

Sources d'incertitude

Analyse de puissance

Les analyses de puissance statistique mettent en évidence la variabilité entre les méthodes et les groupes taxinomiques, les hypothèses sur les variables, le plan d'étude et les taux d'erreur faussant les résultats. Les données des relevés plurispécifiques au chalut ont montré une faible sensibilité à la détection de changements chez des espèces comme la morue franche dans les refuges marins, et d'importants déclin de la morue sur une décennie ont été nécessaires pour que l'on observe les tendances de manière fiable. L'accroissement des activités de relevé a procuré des gains minimes en puissance statistique et a posé des défis écologiques et opérationnels. En dépit de la faible capacité des relevés plurispécifiques au chalut à détecter les changements dans les avantages en matière de conservation de la biodiversité, il est essentiel de maintenir ces relevés dans les aires protégées pour la gestion à long terme des pêches dans la région de T.-N.-L., les données recueillies pouvant également être utiles aux efforts de surveillance plus vastes. Par exemple, le relevé pourrait s'avérer plus efficace pour les mesures de la biodiversité à un niveau plus élevé que les objectifs monospécifiques, comme on l'a constaté dans la ZPM du chenal Laurentien. D'autres analyses seront nécessaires après la finalisation des plans d'étude afin de peaufiner l'élaboration du programme de surveillance.

Les méthodes utilisant des caméras lestées démontrent une plus grande efficacité pour détecter les changements chez les taxons visés par la conservation, comme les éponges et

certaines coraux, en déterminant des déclin annuels de l'abondance de moins de 10 % en quatre ans. Il est recommandé d'augmenter le nombre de transects à 15 stations par refuge marin par année et d'analyser moins d'images par transect (20) pour des raisons de faisabilité logistique tout en maintenant la durée des déploiements (30 minutes). Cependant, la variabilité d'une année à l'autre des transects pose des défis, des covariables étant nécessaires pour corriger les incohérences. L'analyse des groupes fonctionnels améliore la puissance statistique par rapport aux méthodes traitant une seule espèce, mais elle peut masquer les tendances individuelles, comme on le voit avec les grandes gorgones, dont la surveillance demeure limitée à la présence et à la répartition en raison de leur faible abondance. Il faudra peut-être apporter d'autres ajustements aux différents refuges marins en fonction de la composition des espèces et des différences environnementales.

De futures analyses de puissance devraient examiner les données de télédétection (p. ex. la production primaire) et les données tirées de l'ADNe, et valider les caméras vidéo sous-marines télécommandées appâtées pour détecter les variations de l'abondance, tout en examinant les groupes taxinomiques plus vastes dans le relevé plurispécifique au chalut. Une refonte de la convention des cinq-quatre-vingts ($\alpha = 0,05$, puissance = 80 %) s'impose pour la conservation, car sa rigidité peut nuire à la gestion adaptative en sous-évaluant le coût plus élevé des erreurs de type II (ne pas détecter les effets réels) par rapport aux erreurs de type I (conclusion qu'il y a un effet lorsqu'il n'y en a pas; Di Stefano 2003). L'ajustement des seuils pour tenir compte des objectifs de conservation et des incertitudes inhérentes aux tendances de l'abondance des espèces pourrait mener à une interprétation plus prudente des données (Leung et Gonzalez 2024). Bien que des recommandations précises concernant la puissance et les seuils d'importance ne fassent pas partie de la portée de ce travail, leur amélioration sera essentielle pour faire progresser le programme de surveillance et assurer l'efficacité des stratégies de conservation et de gestion adaptative.

CONCLUSION

L'approche de surveillance scientifique décrite dans le présent document fournit plusieurs flux de données efficaces pour la surveillance régionale de cinq refuges marins dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador : des méthodes plus précises et rentables (surveillance fondamentale et recherche ciblée), ainsi que la mise à profit des programmes de surveillance régionaux existants (surveillance complémentaire). De nombreuses inconnues demeurent et ce programme devra être réévalué et perfectionné (en particulier après des essais sur le terrain) afin que les objectifs de conservation ou les avantages en matière de conservation de la biodiversité puissent être évalués à long terme.

LISTE DES PARTICIPANTS À LA RÉUNION

Nom	Organisme d'appartenance
O'Brien, John	Direction des sciences, région de l'Arctique du MPO
Dinn, Curtis	Direction des sciences, région du Golfe du MPO
Fenton, Derek	Planification et conservation marines, région des Maritimes du MPO
Gordon, Kyle	Planification et conservation marines, région des Maritimes du MPO

**Détermination des indicateurs, protocoles
et stratégies de surveillance pour cinq
refuges marins dans la région de T.-N.-L.**

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Nom	Organisme d'appartenance
Murillo-Pérez, Javier	Direction des sciences, région des Maritimes du MPO
Stanley, Ryan	Direction des sciences, région des Maritimes du MPO
Dunham, Jason	Planification et conservation marines, région de la capitale nationale du MPO
Winslow, Victoria	Planification et conservation marines, région de la capitale nationale du MPO
Templeman, Nadine	Direction des sciences, région de la capitale nationale du MPO
Clinton, Mary	Planification et conservation marines, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Janes, Jennifer	Planification et conservation marines, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
O'Driscoll, Chelsea	Gestion des ressources, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Coffey, William	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Command, Rylan	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Côté, David	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Cuff, Andrew	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Cyr, Frédéric	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Dalley, Kate	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Gregory, Robert	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Gullage, Lauren	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Hamilton, Charmain	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Hayes, Vonda	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Jamieson, Robyn	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Konecny, Cassandra	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Maillet, Gary	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Morris, Corey	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Munro, Hannah	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO

Nom	Organisme d'appartenance
Neves, Barbara	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Pretty, Christina	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Roul. Sheena	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Sutton, Jordan	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Warren, Margaret	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Wells, Nadine	Direction des sciences, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO
Gale, Katie	Planification et conservation marines, région du Pacifique du MPO
Jeffery, Sharon	Planification et conservation marines, région du Pacifique du MPO
Deering, Robert	SCAS du MPO
Dove, Rachelle	SCAS du MPO
Vis, Chantal	Agence Parcs Canada
Edwards, Tanya	Société pour la nature et les parcs du Canada (SNAP)
Tucker, Jane	Fish, Food and Allied Workers Union
Frank, Kylar	Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador
Fisher, Jonathan	Marine Institute
Geoffroy, Maxime	Marine Institute
Harrold, Tasha	Marine Institute
Robert, Katleen	Marine Institute
Whelan, Robyn	Marine Institute
Snelgrove, Paul	Université Memorial de Terre-Neuve
Coombs, Rob	Conseil communautaire du NunatuKavut
Fuller, Susanna	Oceans North

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

- Aune, M., V. Ramasco, N. Wells, M. Warren, F. Cyr, E.J. Pedersen, M. Koen-Alonso, E. Eriksen, R. Primicerio, U. Lindstrøm et P.E. Renaud. 2024. [Taxonomic and functional-trait metrics track recovery of demersal fish and shrimp communities following system collapse](#). Front. Mar. Sci. 11: 1–14.
- Clarke, K.R., R.N. Gorley, P. Somerfield et R. Warwick. 2014. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis. Primer-E Ltd. Plymouth (Royaume-Uni)
- Command, R.J., B.M. Neves, C. Nozères, V. Hayes, C. Dinn, S.N. de Mendonça, M. Boulard, P. Lawton, E. Rodriguez et J. Janes. 2024. *In situ* Image Guide to the Fauna of the Laurentian Channel Marine Protected Area. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3635: v + 178 p.

- Côté, D., Heggland, K., Roul, S., Robertson, G., Fifield, D., Wareham, V., Colbourne, E., Maillet, G., Devine, B., Pilgrim, L., Pretty, C., Le Corre, N., Lawson, J.W., Fuentes-Yaco, C. et Mercier, A. 2019. [Aperçu des composantes biophysiques et écologiques de la région pionnière de la mer du Labrador](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/067. v + 70 p.
- Côté, D., J. Sutton, S. Roul, H. Murua, F. Gonzales, R. Alpoim et J. Angnatok. 2023. [The distribution of subarctic and boreal deep-sea demersal fish assemblages across environmental gradients of the northwest Atlantic](#). J. Fish Biol. 103(6): 1419-1429.
- Cyr, F., J. Coyne, S. Snook, C. Bishop, P.S. Galbraith, N. Chen et G. Han. 2024. Physical Oceanographic Conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2022. Rapp. tech. can. hydrogr. sci. océan. 377: iv + 53 p.
- Cyr, F. et P.S. Galbraith. 2021. 2021. [A climate index for the Newfoundland and Labrador shelf](#). Earth Sys. Sci. Data. 13(5): 1807-1828.
- Cyr, F. et P. Larouche. 2015. [Thermal Fronts Atlas of Canadian Coastal Waters](#). Atmos.-Ocean. 53(2): 212-236.
- Dalley, K.L., R.S. Gregory, C.J. Morris et D. Côté. 2017. [Seabed Habitat Determines Fish and Macroinvertebrate Community Associations in a Subarctic Marine Coastal Nursery](#). Trans. Am. Fish. Soc. 146(6): 1115-1125.
- Department of Conservation. 2022. Marine Monitoring and Reporting Framework. Disponible sur le site www.doc.govt.nz/nature/biodiversity/aotearoa-new-zealand-biodiversity-strategy/
- Dunham, A., J.S. Dunham, E. Rubidge, J.C. Iacarella et A. Metaxas. 2020. [Contextualizing ecological performance: Rethinking monitoring in marine protected areas](#). Aquat. Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst. 30(10): 2004-2011.
- de Froe, E., I. Yashayaev, C. Mohn, J. Vad, F. Mienis, G. Duineveld, E. Kenchington, E. Head, S.W. Ross, S. Blackbird, G.A. Wolff, M. Roberts, B. MacDonald, B., G. Tulloch et D. van Oevelen. 2024. [Year-long benthic measurements of environmental conditions indicate high sponge biomass is related to strong bottom currents over the Northern Labrador shelf](#). Preprint. EGU spare.
- Galbraith, P.S., M. Blais, M. Lizotte, F. Cyr, D. Bélanger, B. Casault, S. Clay, C. Layton, M. Starr, J. Chassé, K. Azetsu-Scott, J. Coyne, E. Devred, C.E. Gabriel, C.-L. Johnson, G. Maillet, P. Pepin, S. Plourde, M. Ringuette, J.-L. Shaw. 2024. Oceanographic conditions in the Atlantic zone in 2023. Rapp. tech. can. hydrogr. sci. océan. 379: v + 38 p.
- Gouvernement du Canada. 2022. [Directives permettant de reconnaître d'autres mesures de conservation efficaces par zone en milieu marin, 2022](#). Pêches et Océans Canada. Ottawa, Ontario.
- Hatton, I.A., K.S. McCann, J.M. Fryxell, T.J. Davies, M. Smerlak, A.R.E. Sinclair et M. Loreau. 2015. [The predator-prey power law: Biomass scaling across terrestrial and aquatic biomes](#). Science. 349 (6252).
- He, X., R.R.E. Stanley, E.M. Rubidge, N.W. Jeffery, L.C. Hamilton, K.M. Westfall, S.R. Gilmore, L.-M.D. Roux, K.S.P. Gale, S.G. Heaslip, R. Steeves et C.L. Abbott. 2022. [Fish community surveys in eelgrass beds using both eDNA metabarcoding and seining: implications for biodiversity monitoring in the coastal zone](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 79(8): 1335-1346.

- Higashi, M., T.P. Burns et B.C. Patten. 1989. [Food network unfolding: An extension of trophic dynamics for application to natural ecosystems](#). J. Theoret. Biol. 140(2): 243-261.
- Kato, Y., M. Kondoh, N.F. Ishikawa, H. Togashi, Y. Kohmatsu, M. Yoshimura, C. Yoshimizu, T.F. Haraguchi, Y. Osada, N. Ohte, N. Tokuchi, N. Okuda, T. Miki. et I. Tayasu. 2018. [Using food network unfolding to evaluate food–web complexity in terms of biodiversity: theory and applications](#). Ecol. Lett. 21(7): 1065-1074.
- Koen-Alonso, M., Favaro, C., Ollerhead, N., Benoît, H., Bourdages, H., Sainte-Marie, B., Treble, M., Hedges, K., Kenchington, E., Lirette, C., King, M., Coffen-Smout, S., and J. Murillo. 2018. [Analysis of the overlap between fishing effort and Significant Benthic Areas in Canada's Atlantic and Eastern Arctic marine waters](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/015. xvii + 270 p.
- Leung, B. et A. Gonzalez. 2024. [Global monitoring for biodiversity: Uncertainty, risk, and power analyses to support trend change detection](#). Sci. Adv. 10(7).
- Lewis, S., Ramirez-Luna, V., Templeman, N., Simpson, M.R., Gilkinson, K., Lawson, J.W., C. Miri 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.
- Maillet, G., Bélanger, D., Doyle, G., Robar, A., Rastin, S., Ramsay, D. et Pepin, P. 2022. [Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador en 2018](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/075. ix + 56 p.
- McCarney, P., Cote, D., Laing, R., Wells, N., Roul, S., Novaczek, E., Colbourne, E., Maillet, G., Anderson, M.R., Wareham-Hayes, V., Neves, B., Murphy, A., Gullage, L., Allard, K., Gjerdrum, C., Fifield, D., Wilhelm, S., Denniston, M., Janes, J., Pretty, C., Gullage, M., Goudie, J., Lawson, J., Stenson, G., Paquet, J., Hedd, A., Robertson, G., Brown, T., et Seiden, J. 2024. [Aperçu biophysique et écologique d'une zone d'étude dans la région visée par l'entente avec les Inuits du Labrador](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/011. xx + 426 p.
- McClenaghan, B., N. Fahner, D. Côté, J. Chawarski, A. McCarthy, H. Rajabi, G. Singer et M. Hajibabaei. 2020. [Harnessing the power of eDNA metabarcoding for the detection of deep-sea fishes](#). PLOS One. 1-19.
- McGeady, R., R.M. Runya, J.S.G. Dooley, J.A. Howe, C.J. Fox, A.J. Wheeler, G. Summers, A. Callaway, S. Beck, L.S. Brown, G. Dooly et C. McGonigle. 2023. [A review of new and existing non-extractive techniques for monitoring marine protected areas](#). Front. Mar. Sci. 10: 1-22.
- Miksis-Olds, J.L., B. Martin et P.L. Tyack. 2018. Exploring the Ocean Through Soundscape. Acoust. Today. 14(1): 26-34.
- Morris, C.J., K.Q. Nguyen, B. de Moura et D. Côté. 2024. [Monitoring data for a new large offshore marine protected area reveals infeasible management objectives](#). Conserv. Sci. Pract. 6(2): e13076.
- MPO. 2013. [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. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2012/081.

- MPO. 2016. [Directives sur l'identification d'« autres mesures de conservation effectives par zone » dans les eaux côtières et marines du Canada.](#) Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2016/002.
- MPO. 2021. [Cadre de suivi national sur les autres mesures de conservation efficaces par zone présentant des coraux ou des éponges.](#) Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2021/048.
- MPO. 2023. [Révision des indicateurs de suivi pour l'aire marine protégée du Banc-des-Américains, validation du choix des mesures et état des connaissances.](#) Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2023/001.
- MPO. 2024. [Détermination des sites de référence et d'une approche de surveillance scientifique pour la zone de protection marine du chenal Laurentien.](#) Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2024/053.
- Ollerhead, L.M.N., M.J. Morgan, D.A. Scruton et B. Marrie. 2004. Mapping spawning times and locations for 10 commercially important fish species found on the Grand Banks of Newfoundland. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2522: iv + 45 p.
- Reynoldson, T.B., R.C. Bailey, K.E. Day et R.H. Norris. 1995. [Biological Guidelines for Freshwater Sediment Based on Benthic Assessment of Sediment \(the BEAST\) Using a Multi-variate Approach for Predicting Biological State.](#) Austral Ecol. 20(1): 198-219.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. 2005. Handbook of the Convention on Biological Diversity. Montréal, Canada
- Di Stefano, J. 2003. [How much power is enough? Against the development of an arbitrary convention for statistical power calculations.](#) Functional Ecol. 17(5): 707-709.
- Therriault, J.-C., B. Petrie, P. Pepin, J. Gagnon, D. Gregory, J. Helbig, A. Herman, D. Lefavre, M. Mitchell, B. Pelchat, J. Runge et D. Sameoto. Proposition pour un programme zonal de monitoring de la région nord-ouest de l'Atlantique. Rapp. tech. can. hydrogr. sci. océan. 194. vii + 69 p.
- Warren, M., Neves, B.M., Cote, D., Lawson, J.W., Morris, C., Simpson, M., Konecny, C., Cyr, F., Novaczek, E., Pretty, C., Power, A., Bélanger, D., Hayes, V.E., Miri, C., et Desforges, J. Sous presse. Détermination des sites de référence et d'une approche de surveillance pour la zone de protection marine du chenal Laurentien. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.
- Wells, N.J., C. Pretty, M. Warren, E. Novaczek et M. Koen-Alonso. 2021. Average Relative Density of Fish Species and Functional Groups in the Newfoundland and Labrador Shelves Bioregion from 1981-2017. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3427: viii + 76 p.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada
Case postale 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
A1C 5X1

Courriel : DFONLCentreforScienceAdvice@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-97707-2 N° cat. Fs70-6/2026-005F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2026

Ce rapport est publié sous la [Licence du gouvernement ouvert – Canada](#)



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2026. Détermination d'indicateurs, de protocoles, et de stratégies de surveillance pour cinq refuges marins dans la région de Terre-Neuve et du Labrador. Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2026/005.

Also available in English:

DFO. 2026. *Identification of Monitoring Indicators, Protocols, and Strategies for Five Marine Refuges in the Newfoundland and Labrador Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2026/005.*