



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2026/042

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Détermination des sites de référence et d'une approche de surveillance scientifique pour la zone de protection marine du chenal Laurentien

M. Warren, B.M. Neves, D. Cote, J.W. Lawson, C. Morris, M. Simpson, C. Konecny, F. Cyr, E. Novaczek, C. Pretty, A. Power, D. Bélanger, V.E. Hayes, C. Miri, et J. Desforges

Pêches et Océans Canada
C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

Avant-propos

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

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien des avis scientifiques
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>
DFO.CSAS-SCAS.MPO@dfo-mpo.gc.ca



© 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](#)

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-99884-8 N° cat. Fs70-5/2026-042F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

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. 2026. 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. Doc. de rech. 2026/042. iv + 109 p.

Also available in English:

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., and Desforges, J. 2026. Identification of Reference Sites and a Scientific Monitoring Approach for the Laurentian Channel Marine Protected Area. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2026/042. iv + 97 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
ZPM DU CHENAL LAURENTIEN	2
Établissement et réglementation de la ZPM	2
Caractérisation du site	3
Agents de stress	4
BIODIVERSITÉ ET ESPÈCES PRIORITAIRES D'INTÉRÊT POUR LA CONSERVATION ...	5
Biodiversité.....	5
Pennatules	5
Aiguillat noir.....	8
Raie à queue de velours	8
Maraîche	9
Loup à tête large	9
Tortue luth	10
APPROCHE DE SURVEILLANCE SCIENTIFIQUE	12
ÉLÉMENTS DE L'APPROCHE DE SURVEILLANCE.....	14
Sites de référence	14
Méthodes et stratégies de relevé	22
Indicateurs.....	41
Plan d'étude	49
RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE PUISSANCE	51
CONSIDÉRATIONS ET RECOMMANDATIONS.....	52
TAILLE ET EMPLACEMENT DE LA ZPM	52
SITES DE RÉFÉRENCE.....	52
PRODUCTION DE RAPPORTS	53
SURVEILLANCE À LONG TERME.....	53
PUISSANCE STATISTIQUE ET PLAN EXPÉRIMENTAL	54
SAISONNALITÉ	54
GESTION ADAPTATIVE.....	55
MOT DE LA FIN.....	55
REMERCIEMENTS	55
RÉFÉRENCES CITÉES	55
TABLEAUX	67
FIGURES	80
ANNEXE A.....	106

RÉSUMÉ

Le Canada s'est engagé à renforcer la protection de ses océans et de la faire passer à 30 % d'ici 2030. Dans le cadre de ce plan global, la zone de protection marine (ZPM) du chenal Laurentien a été créée en vertu de la [Loi sur les océans](#) en 2019. La ZPM du chenal Laurentien est une zone relativement vaste d'une superficie d'environ 11 580 km² et abrite un large éventail d'espèces et d'habitats. La gestion efficace d'une zone aussi vaste et la mise en place de mesures de gestion adaptative nécessitent qu'une surveillance soit effectuée; la mise en place d'un programme de surveillance scientifique est donc un élément important du plan de gestion global. Le programme de surveillance scientifique se concentrera sur la collecte de données permettant d'évaluer et d'interpréter l'état et les tendances des espèces et taxons prioritaires des objectifs de conservation (OC) (pennatules, aiguillat noir [*Centroscyllium fabricii*], raie à queue de velours [*Malacoraja senta*], maraîche (*Lamna nasus*), loup à tête large [*Anarhichas denticulatus*] et tortue luth [*Dermochelys coriacea*]) ainsi que de la biodiversité globale de la ZPM du chenal Laurentien. En nous appuyant sur des orientations nationales et régionales précédentes, nous élaborons une approche de surveillance scientifique qui complète de façon stratégique les programmes régionaux existants (surveillance complémentaire) par une surveillance supplémentaire pratique et réalisable (surveillance de base et recherche ciblée) tout en maintenant un programme de surveillance scientifiquement solide. Les quatre éléments de cette approche sont les suivants :

1. des sites de référence ou de surveillance,
2. des méthodes et stratégies de relevé,
3. des indicateurs,
4. un plan d'étude.

Cette approche est également destinée à servir de modèle pour d'autres aires marines de conservation de la région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.), en offrant la possibilité de mener des évaluations régionales intégrées des aires de conservation pour des indicateurs communs. De nombreuses inconnues demeurent, et ce programme devra être réévalué et perfectionné (en particulier après des essais sur le terrain) afin de déterminer si les objectifs de la ZPM seront atteints à long terme.

INTRODUCTION

Les aires protégées contribuent à la santé des milieux marins, car certaines activités humaines qui peuvent avoir une incidence négative sur leurs objectifs de conservation respectifs y sont interdites ou restreintes. Pêches et Océans Canada (MPO) utilise actuellement deux outils pour créer des aires protégées dans les océans :

1. les zones de protection marine (ZPM) établies en vertu de la [Loi sur les océans](#);
2. les fermetures de pêches, connues sous le nom de refuges marins, qui constituent un type d'autres mesures de conservation efficaces par zone (AMCEZ).

La conservation marine est une priorité du gouvernement du Canada, qui s'est engagé à faire passer la proportion de ses aires marines de conservation de 14 % à 30 % d'ici 2030 (gouvernement du Canada 2019a) et à soutenir la surveillance des aires de conservation existantes dans le cadre du Programme des objectifs de conservation marine. Ce dernier est considéré comme un pilier essentiel d'une gestion efficace de ces aires de conservation, car les données qu'il produit sont utiles pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation et déterminer comment la gestion peut être adaptée pour améliorer les résultats.

La ZPM du chenal Laurentien a été établie en 2019 pour protéger une zone à l'océanographie complexe qui abrite des habitats relativement intacts (Templeman 2007). Bien que certaines activités scientifiques aient été menées dans la zone, aucun plan officiel de surveillance de la ZPM n'a encore été élaboré. Un processus antérieur du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) (MPO 2015) a mené à la formulation de recommandations pour déterminer les indicateurs, les protocoles et les stratégies de surveillance de la ZPM du chenal Laurentien en mettant l'accent sur les six espèces (ou taxons) prioritaires ciblées par les objectifs de conservation (pennatules, aiguillat noir [*Centroscyllium fabricii*], raie à queue de velours [*Malacoraja senta*], loup à tête large [*Anarhichas denticulatus*], maraîche [*Lamna nasus*] et tortue luth [*Dermochelys coriacea*]). Afin d'appuyer les objectifs du gouvernement du Canada en ce qui a trait à l'établissement d'un programme de surveillance scientifique pour la ZPM du chenal Laurentien, ce processus du SCAS a été mené pour atteindre les objectifs suivants :

- Définir des indicateurs directs ou indirects ainsi que des sites de référence, si possible, qui pourraient servir à mesurer l'état et les tendances pour les espèces prioritaires citées dans le cadre des six objectifs de conservation et la biodiversité générale pour la ZPM du chenal Laurentien.
- Établir une approche de surveillance scientifique pour la ZPM du chenal Laurentien en fonction des indicateurs, des méthodes de relevés et des stratégies proposés dans Lewis *et al.* (2016). Chacune des espèces prioritaires indiquées dans les objectifs de conservation sera prise en compte au moment de définir les indicateurs, les types de relevés et la conception des études.
- Étudier la capacité d'évaluer les paramètres des espèces prioritaires aux fins des objectifs de conservation de la ZPM à partir des données existantes des relevés au chalut par navire de recherche et des images du plancher océanique recueillies.

Notre approche pour atteindre ces objectifs consistait à nous appuyer sur les recommandations formulées dans Lewis *et al.* (2016) et à les mettre à jour dans le but de créer une approche de surveillance scientifiquement solide, pratique et réalisable pour soutenir les décisions de gestion. Les deux premiers objectifs sont traités dans le présent document. Pour le troisième, voir Morris *et al.* (2024). Il pourrait s'avérer nécessaire d'ajuster nos recommandations après des essais sur le terrain pour atteindre les objectifs du programme.

Les avis fournis ici ne concernent que la surveillance scientifique, même si plusieurs autres éléments composeront le plan de surveillance global pour cette ZPM. Par exemple, la mise en application du règlement, c.-à-d. les activités de surveillance de la conformité, est assurée par la Direction de la conservation et de la protection de MPO.

ZPM DU CHENAL LAURENTIEN

Établissement et réglementation de la ZPM

Le chenal Laurentien englobe une zone désignée comme une zone d'importance écologique et biologique (ZIEB) (Templeman 2007; Wells *et al.* 2019). Une ZIEB est une zone spéciale qui fournit des services importants à une ou plusieurs espèces ou populations d'un écosystème ou à l'écosystème dans son ensemble, mais qui ne fait pas l'objet de mesures de gestion ou de protection. Une partie de la ZIEB du chenal Laurentien a été annoncée en tant que site d'intérêt (SI) en vue d'une désignation potentielle comme ZPM en vertu de la [Loi sur les océans](#) en 2010 (MPO 2015; Lewis *et al.* 2016). Après un aperçu biophysique, un examen socio-économique, des évaluations des risques et des consultations avec les intervenants, les limites de la ZPM ont été modifiées pour exclure les lieux de pêche importants de manière à réduire les répercussions sur les pêcheurs. La zone ainsi déterminée (11 580 km²) a été officiellement annoncée en tant que ZPM en avril 2019 (gouvernement du Canada 2019b) (Figure 1). Le but premier de la ZPM est de conserver la biodiversité en protégeant les espèces dont la conservation est prioritaire et leurs habitats, en maintenant les fonctions et la structure de l'écosystème et en effectuant des recherches scientifiques. Il s'agit d'une zone d'importance écologique qui abrite des habitats intacts uniques et qui offre des conditions de circulation et océanographiques complexes (Templeman 2007). Les espèces prioritaires d'intérêt pour la conservation sélectionnées pour la ZPM du chenal Laurentien vont d'espèces sessiles comme les coraux, en particulier les concentrations importantes de pennatules, à des espèces très mobiles comme la maraîche et la tortue luth. Plusieurs de ces espèces ont été retenues en fonction de l'information transmise pendant le processus de désignation de la ZIEB (voir Templeman 2007). Le règlement sur la ZPM interdit toute activité qui perturbe, endommage, détruit ou enlève tout organisme marin vivant ou toute partie de son habitat (gouvernement du Canada 2019b). Cette zone est donc considérée comme une ZPM sans prélèvement, où les pêches et les activités extractives, à l'exception des pêches autochtones à des fins alimentaires et rituelles, ne sont pas autorisées. Certaines activités jugées compatibles avec les objectifs de conservation peuvent se poursuivre, comme la navigation (ancrage interdit dans les zones 1a et 1b; voir la Figure 1), l'installation, la réparation et l'entretien de câbles sous-marins (seulement dans les zones 2a et 2b), la recherche scientifique, les activités de surveillance et d'éducation (dans certains cas, sous réserve de l'approbation d'un plan d'activités) et toute autre activité liée à la sûreté et à la sécurité (gouvernement du Canada 2019b).

Un aperçu biophysique a été réalisé en 2010 pour le site d'intérêt afin de compiler toute l'information accessible sur les diverses composantes biologiques et physiques de la zone d'étude (DFO 2011). Des renseignements de référence sur les conditions écologiques, les espèces et l'habitat, y compris les lacunes dans les connaissances, ont été recueillis. Six objectifs de conservation ont été sélectionnés pour le chenal Laurentien à partir des constatations de cet aperçu biophysique (gouvernement du Canada 2019b) :

1. Protéger les coraux, notamment les concentrations importantes de pennatules, des effets nuisibles découlant des activités humaines pratiquées dans la ZPM du chenal Laurentien (p. ex. la pêche, l'exploration pétrolière et gazière, l'installation de câbles sous-marins et l'ancrage).

-
2. Protéger l'aiguillat noir de la mortalité attribuable aux activités humaines (p. ex. les prises accessoires dans la pêche commerciale) dans la ZPM du chenal Laurentien.
 3. Protéger la raie à queue de velours de la mortalité attribuable aux activités humaines (p. ex. les prises accessoires dans la pêche commerciale) dans la ZPM du chenal Laurentien.
 4. Protéger la maraîche de la mortalité attribuable aux activités humaines (p. ex. les prises accessoires dans la pêche commerciale) dans la ZPM du chenal Laurentien.
 5. Favoriser la survie et le rétablissement du loup à tête large en atténuant les risques de dommages causés par les activités humaines (p. ex. les prises accessoires dans le contexte de la pêche commerciale) dans la ZPM du chenal Laurentien.
 6. Favoriser la survie et le rétablissement de la tortue luth en atténuant les risques de dommages causés par les activités humaines (p. ex. les empêtements dans des engins de pêche commerciaux, les activités sismiques) dans la ZPM du chenal Laurentien.

Caractérisation du site

La ZPM du chenal Laurentien est située au large de la côte sud-ouest de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.), dans la division 3P de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO). Elle occupe environ 11 580 km², y compris la colonne d'eau, le fond marin et le sous-sol jusqu'à une profondeur de cinq mètres (Lewis *et al.* 2016). La ZPM porte le nom de la longue vallée glaciaire submergée qui traverse le golfe du Saint-Laurent sur plus de 1 000 km, depuis le talus continental (l'embouchure) jusqu'à l'estuaire maritime du Saint-Laurent, où elle se termine brusquement près de Tadoussac (c.-à-d. à la tête du chenal Laurentien), la division naturelle entre l'estuaire maritime et l'estuaire fluvial du Saint-Laurent. La ZPM du chenal Laurentien est située à l'embouchure du chenal Laurentien, près du talus continental (Figure 2).

Les profondeurs dans la ZPM varient de 100 à 200 m dans le coin nord-ouest, le long des bancs Burgeo et Saint-Pierre, jusqu'au bassin du chenal Laurentien. La profondeur varie de près de 500 m à l'extrémité nord-ouest à environ 400 m à l'extrémité sud-est (MPO 2015). La ZPM du chenal Laurentien possède un vaste habitat benthique relativement intact par rapport aux zones voisines telles que le banc Burgeo, où l'effort de pêche historique est plus élevé (Koen-Alonso *et al.* 2018). La zone présente plusieurs types d'habitats différents, mais la vase et l'argile caractérisent généralement les zones plus profondes, tandis que le sable et le gravier se trouvent principalement sur les bancs. Cependant, la limite de la ZPM longe la limite des bancs, de sorte que, dans la majeure partie de la ZPM, on trouve principalement de la vase et de l'argile (MPO 2015; Lacharité *et al.* 2020). Une combinaison de données antérieures recueillies au moyen de sonars multifaisceaux, de données sur les sédiments, l'endofaune et l'épifaune, et de données d'imagerie du fond marin a permis de définir huit paysages benthiques dans la ZPM (Lacharité *et al.* 2020). Les paysages benthiques peuvent être comparés aux paysages des environnements terrestres qui présentent les caractéristiques biophysiques des fonds marins (Lacharité *et al.* 2020). Ces paysages benthiques varient principalement sur les plans de la profondeur, de la pente, de la présence ou de l'absence d'affouillements d'icebergs et de marques d'échappement et de fosses, ainsi que des sédiments de surface prédominants. Le plus grand paysage benthique de la ZPM du chenal Laurentien occupe 34 % de la ZPM et se caractérise par des eaux relativement profondes (>400 m), une pente à faible relief, d'abondants affouillements d'icebergs, mais peu de marques d'échappement et de fosses, et par des sédiments de surface principalement composés de boue sableuse présentant des traces de gravier (Lacharité *et al.* 2020).

Une grande partie du chenal Laurentien est située à l'intérieur du golfe du Saint-Laurent, considéré comme l'un des plus grands estuaires du monde (El-Sabh et Silverberg 1990). La

circulation océanique résiduelle dans le golfe, et donc dans le chenal Laurentien, peut donc être qualifiée d'*estuarienne*, c.-à-d. que les eaux profondes circulent vers l'intérieur des terres, tandis que les eaux de surface et de la colonne d'eau moyenne circulent vers le large. Dans la ZPM, les eaux de surface sont généralement influencées par le ruissellement du fleuve Saint-Laurent et d'autres affluents du golfe, tandis que les eaux profondes qui se déversent dans le chenal Laurentien sont composées d'un mélange d'eaux subtropicales et subarctiques. Les deux masses d'eau qui pénètrent dans le chenal Laurentien en provenance de l'Atlantique sont les eaux du centre de l'Atlantique Nord, qui sont chaudes, salées et pauvres en oxygène, et les eaux du courant du Labrador, froides et riches en oxygène, qui proviennent du système du courant du Labrador (Figure 2). Ces deux masses d'eau se mélangent sur le plateau continental pour former les eaux froides du talus continental avant de pénétrer dans le chenal Laurentien à proximité de la ZPM (Gatien 1976; Bugden 1991; Gilbert *et al.* 2005). Les eaux du centre de l'Atlantique Nord se composent principalement des eaux du Gulf Stream, qui passe à proximité, tandis que les eaux du courant du Labrador proviennent du système du courant du Labrador (courant du Labrador et courant côtier du Labrador) qui s'écoule vers le sud le long de l'accroche du plateau et du talus du Labrador. Alors que la branche principale (en mer) du courant du Labrador contourne les Grands Bancs par l'est (après avoir franchi la passe Flamande ou contourné le bonnet Flamand), le courant côtier du Labrador, moins profond, atteint l'embouchure du chenal Laurentien après avoir franchi le chenal d'Avalon près de l'île de Terre-Neuve (Figure 2).

Lorsque les eaux profondes qui pénètrent dans le chenal Laurentien sont amenées vers l'intérieur des terres, elles s'appauvrissent lentement en oxygène par des processus de dégradation microbienne et de reminéralisation. Près de la tête du chenal Laurentien, dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent, une hypoxie grave se manifeste dans les eaux de fond et s'est aggravée au cours des dernières années (MPO 2022a). On suppose depuis longtemps que la proportion relative d'eaux du centre de l'Atlantique Nord pauvres en oxygène par rapport aux eaux du courant du Labrador riches en oxygène entrant dans l'embouchure du chenal Laurentien est un facteur clé contrôlant la concentration d'oxygène dans les profondeurs du chenal Laurentien, et donc l'hypoxie dans l'estuaire du Saint-Laurent. Par exemple, entre le début des années 1930 et 2003, environ la moitié ou les deux tiers de la baisse d'oxygène observée à la tête du chenal Laurentien ont été attribués à une augmentation de la contribution relative des eaux du centre de l'Atlantique Nord aux eaux profondes du chenal Laurentien, tandis que le reste a été attribué à l'eutrophisation (Gilbert *et al.* 2005). Comme la proportion relative d'eaux du courant du Labrador entrant dans le chenal Laurentien est principalement déterminée par la force du courant du plateau néo-écossais transportant les eaux froides du talus à travers l'embouchure du chenal Laurentien, il semble que le courant du Labrador et la circulation océanique dans l'Atlantique Nord-Ouest soient les principaux facteurs déterminant la concentration en oxygène dans le chenal Laurentien (Jutras *et al.* 2020). Depuis 2008, cependant, la réduction de l'apport d'eaux du courant du Labrador riches en oxygène dans les eaux profondes du chenal Laurentien en faveur d'eaux du centre de l'Atlantique Nord pauvres en oxygène a conduit à des niveaux d'oxygène historiquement bas dans le système du Saint-Laurent (Jutras *et al.* 2020). Située à l'embouchure du chenal Laurentien, la ZPM peut être considérée comme un baromètre des conditions qui entrent dans le golfe du Saint-Laurent, et sa surveillance est essentielle pour fournir un signal hâtif des conditions futures du golfe du Saint-Laurent.

Agents de stress

L'évaluation des agents de stress écosystémiques et des effets cumulatifs est un facteur important de l'élaboration des objectifs de conservation pour les ZPM. La pertinence des agents de stress écosystémiques dépend des objectifs réglementaires de la ZPM en question. En ce

qui concerne la ZPM du chenal Laurentien, la principale menace définie dans le règlement à son sujet est la pêche commerciale; six objectifs de conservation réglementaires ont ainsi été énoncés pour guider l'évaluation de la ZPM. Toutefois, par le passé, la ZPM du chenal Laurentien a été peu exposée à la pêche (Muntoni *et al.* 2019). Les paramètres de vulnérabilité n'ont pas été officiellement déterminés pour quantifier l'impact de divers agents de stress (p. ex. pêche, voies de navigation, câbles sous-marins) sur les habitats de la ZPM du chenal Laurentien, mais d'autres activités humaines menées à l'intérieur de la ZPM, comme la navigation et le bruit connexe, peuvent créer différents agents de stress supplémentaires dans le milieu marin, comme les rejets dans l'eau (p. ex. eaux usées, déversements d'hydrocarbures, déchets marins, espèces envahissantes), les impacts physiques (p. ex. bruit, collisions avec la faune, dommages causés par les ancres) ou les émissions atmosphériques (Jägerbrand *et al.* 2019; Hannah *et al.* 2020). Les voies de navigation dans la ZPM du chenal Laurentien peuvent poser des risques pour plusieurs des espèces prioritaires. Par exemple, le mouillage peut endommager ou détruire des espèces de coraux, comme les pennatules, et les tortues luths peuvent être vulnérables aux collisions avec des navires dans la région. On ignore encore l'étendue des effets localisés des changements climatiques sur la ZPM du chenal Laurentien, mais ils devraient être considérés comme un agent de stress potentiel pour l'écosystème en général et pour les espèces prioritaires ciblées par les objectifs de conservation.

BIODIVERSITÉ ET ESPÈCES PRIORITAIRES D'INTÉRÊT POUR LA CONSERVATION

Biodiversité

La ZPM du chenal Laurentien représente une vaste zone marine peu touchée par les activités de pêche par rapport aux zones adjacentes (Muntoni *et al.* 2019). La zone sert d'habitat à une multitude de taxons d'importance commerciale, culturelle et écologique qui peuvent fournir d'importants services écosystémiques (p. ex. séquestration du carbone). C'est la plus grande ZPM où aucun prélèvement n'est effectué dans l'est du Canada. Elle fait partie du réseau de conservation marine du Canada qui cherche globalement à protéger la biodiversité contre les agents de stress d'origine humaine tels que l'extraction de ressources et la pollution. Les données du relevé plurispécifique au chalut effectué par navire de recherche du MPO (ci-après appelé « relevé au chalut par navire de recherche ») du relevé annuel printanier indiquent que la ZPM du chenal Laurentien présente une richesse et une diversité taxonomiques élevées (Shannon-Wiener), selon l'abondance et la biomasse normalisées par trait de chalut, par rapport à de nombreuses autres zones de la région (divisions 3L, 3N, 3O et 3P de l'OPANO) (Figure 3 à Figure 5). De plus, la biodiversité de la ZPM du chenal Laurentien pourrait créer un écosystème plus résilient qui aidera à soutenir les espèces prioritaires suivantes désignées par les objectifs de conservation et les avantages socioéconomiques qui découlent de la protection de cette zone. La conservation de la biodiversité étant l'objectif premier de cette ZPM, il est important que les indicateurs permettant de mesurer divers aspects de la biodiversité soient également inclus dans l'approche de surveillance scientifique.

Pennatules

Les pennatules sont des octocoraux coloniaux de la super-famille des Pennatuloidea des cnidaires (Williams 2011). Une colonie de pennatules est un organisme composé de plusieurs polypes individuels (c.-à-d. des unités d'alimentation et de reproduction). Elles se distinguent principalement par la présence d'un pédoncule musculaire qui leur permet de s'ancrer dans des sédiments mous, bien que quelques espèces aient un pédoncule modifié qui leur permet de s'ancrer sur des fonds durs (Williams et Alderslade 2011). Il existe plus de 200 espèces de pennatules dans le monde (Williams 2011) et au moins 14 espèces se trouvent dans

l'Atlantique Nord-Ouest, dont neuf dans la ZPM du chenal Laurentien (Hayes *et al.*, en cours de préparation¹). Les pennatules sont adaptées à la vie sur les sédiments mous, certaines espèces (p. ex. *Pennatula aculeata*) formant souvent des champs de plusieurs kilomètres de long et pouvant constituer le taxon dominant de la mégafaune benthique (p. ex. Baker *et al.* 2012).

Les quelques études réalisées à ce jour sur la longévité et les taux de croissance des pennatules indiquent qu'elles ont une longévité décennale et des taux de croissance linéaire (verticale) moyens compris entre 1,9 et 4,5 mm année⁻¹ (Neves *et al.* 2015, 2018b; Murillo *et al.* 2018). Les pennatules sont des suspensivores et se nourrissent principalement de matière organique particulaire (Sherwood *et al.* 2008; Salvo *et al.* 2018). Leurs prédateurs sont les nudibranches et les étoiles de mer (Birkeland 1974; Weightman et Arsenault 2002; Gale *et al.* 2013), mais des études supplémentaires sont nécessaires pour étudier la nature précise de cette dynamique. Pour mieux comprendre la santé des populations de pennatules dans la ZPM, il peut être important d'examiner le rôle potentiel de l'abondance et de la distribution des prédateurs dans la zone.

Quelques études sur la biologie de la reproduction des espèces de pennatules présentes dans la ZPM (p. ex. *Anthoptilum* spp., *Balticina finmarchica*) indiquent qu'il s'agit de géniteurs gonochoriques (sexes séparés) qui libèrent des gamètes tous les ans (Baillon *et al.* 2014b, 2015). On pensait initialement que *Pennatula aculeata* se reproduisait continuellement (Eckelbarger *et al.* 1998), mais une étude récente a montré que les femelles ne semblent libérer des gamètes que tous les deux ans (Couillard *et al.* 2021), ce qui contredit les informations sur l'espèce apparentée *P. phosphorea* d'Écosse, chez laquelle la gamétogenèse est continue pour les deux sexes (Edwards et Moore 2008). Cette information est pertinente, car elle indique que l'espèce pourrait être plus vulnérable qu'on ne le pensait initialement. Elle souligne également l'importance des études régionales et spécifiques aux espèces pour comprendre les dynamiques locales, qui peuvent être différentes ailleurs. Les stratégies de reproduction peuvent expliquer pourquoi les pennatules forment des champs. Comme les pennatules comme *P. aculeata* (et d'autres taxons) ont des sexes séparés, leur présence en grand nombre pourrait augmenter considérablement leurs chances de succès reproductif (Langton *et al.* 1990).

Dans la sous-division 3Ps de l'OPANO, des biomasses de >28 kg/trait ont été signalées pour la pennatule relativement lourde *Anthoptilum grandiflorum*, ainsi que pour l'espèce plus petite et plus légère *Pennatula aculeata*. Par exemple, des abondances d'*A. grandiflorum* avec un poids total de capture de 9,6 kg avaient 353 colonies/trait, tandis que 10,7 kg/trait de *P. aculeata* correspondaient à 3 987 colonies/trait (V. Hayes, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, comm. pers.). La capturabilité, c.-à-d. la capacité des chaluts de recherche à capturer des spécimens dans le cul-de-chalut, peut varier selon les espèces, ce qui indique que les données sur l'abondance des pennatules provenant des chaluts de recherche, en particulier pour les petites espèces (p. ex. *P. aculeata*, *K. stelliferum*, *P. carpenterii*), sont probablement une sous-représentation des impacts réels sur les communautés de pennatules. En fait, Kenchington *et al.* (2011) ont estimé que la capturabilité du chalut Campelen pour les pennatules n'est que de ~5,2 %, mais d'autres études sont nécessaires pour mieux évaluer cette estimation dans différentes zones (voir la section 0).

Les pennatules ont également fait l'objet d'une évaluation visuelle au moyen de relevés par caméra, qui ont permis d'observer des taxons qui ne sont généralement pas signalés dans les

¹ Hayes, V.W., Neves, B.M., Pretty, C. In prep. Cold Water Coral Field Guide: Eastern Canada, Northwest Atlantic. For submission to Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences.

relevés au chalut par navire de recherche. Par exemple, la pennatule *K. stelliferum* peut être le taxon dominant dans certaines régions de la ZPM du chenal Laurentien, comme cela a été observé lors d'une expédition en 2017 à l'aide de la plateforme océanique téléguidée (ROPOS) (p. ex. de Mendonça et Metaxas 2021). Une autre espèce, *Protoptilum carpenterii*, a été couramment observée au cours de la même expédition, bien qu'elle soit rarement signalée dans les relevés au chalut par navire de recherche (V. Hayes, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, comm. pers.). Dans le cas de la pennatule *K. stelliferum*, sa faible présence dans les échantillons de chalut pourrait être attribuable au fait qu'une grande partie de son corps est enfoui dans le sédiment et qu'une plus petite partie est exposée. Dans le cas de *P. carpenterii*, le comportement de retrait pourrait contribuer à l'évitement du chalut. Par exemple, lors d'une expédition du ROPOS en 2007 dans la région du sud-ouest des Grands Bancs, cette espèce a montré sa capacité à se retirer rapidement dans les sédiments au contact du bras du véhicule téléguidé, un comportement également décrit ailleurs (Ambroso *et al.* 2021). D'après les données plurispécifiques recueillies par chalut et les données vidéo, les taxons de pennatule les plus courants dans le chenal Laurentien sont *Pennatula aculeata*, *Anthoptilum* spp. et *Kophobelemnion* spp.

La ZPM du chenal Laurentien est principalement dominée par des sédiments meubles (Lacharité *et al.* 2020), ce qui est une condition essentielle à la présence de fortes densités de pennatules. En outre, Gullage et ses collaborateurs (2017) ont déterminé que la température du fond est une variable contribuant de manière significative aux modèles d'aptitude des habitats pour les pennatules dans l'Atlantique Nord-Ouest. Selon d'autres études, la température du fond est une variable influençant la répartition des pennatules (Yesson *et al.* 2012; Downie *et al.* 2021). Les analyses saisonnières montrent une plus grande diversité d'espèces d'invertébrés associées à *A. grandiflorum* au printemps et en été, lorsque les températures sont plus chaudes (Baillon *et al.* 2014a). Outre la température du fond, la vitesse des vagues et des courants ainsi que la concentration de matière organique particulaire ont été désignées comme des variables importantes pour ces organismes (p. ex. Downie *et al.* 2021). L'étude de Downie *et al.* (2021), qui s'est concentrée sur des sites du Royaume-Uni, indique que, bien que certaines variables soient importantes pour l'ensemble des pennatules, les différentes espèces de pennatules ont des besoins environnementaux différents. Par exemple, les particules étaient une variable plus importante pour les pennatules *Funiculina quadrangularis* (également présentes dans le chenal Laurentien) et *Pennatula phosphorea*, tandis que la vitesse du courant était plus importante pour *Virgularia mirabilis*.

Les pennatules sont des organismes benthiques sédentaires, dont la mobilité est limitée ou inexistante, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux contacts mécaniques. La forte biomasse de pennatules trouvée dans les prises accessoires des chaluts prouve que ces organismes sont susceptibles d'être retirés par le contact mécanique des chaluts de fond, même si la capturabilité est faible. On sait peu de choses sur le potentiel de récupération des pennatules en cas de dommages mécaniques qui n'entraînent pas le retrait des pennatules. Une étude portant sur une population en eau peu profonde de la pennatule *Balticina willemoesi*, qui vit en eau froide, a montré que les colonies étaient capables de s'enfouir de nouveau dans les sédiments après avoir été déplacées par un chalutage simulé (Malecha et Stone 2009). Cependant, la mortalité a été observée, et les spécimens qui ont survécu étaient plus vulnérables à la prédation par les nudibranches (Malecha et Stone 2009). La capacité de survie à long terme de ces pennatules après la fin de l'expérience n'a pas été évaluée.

Le corps des pennatules comporte deux composants principaux de carbonate de calcium. Dans la plupart des taxons, leurs tissus sont remplis de sclérites, qui sont des structures de calcite de tailles et de formes variées. En plus de favoriser le maintien du squelette, les sclérites peuvent également constituer un moyen de dissuasion contre la prédation chez certains octocoraux. La

plupart des pennatules ont également une structure squelettique interne appelée axe, qui est également composée de carbonate de calcium, sous forme de calcite (Neves *et al.* 2018a). L'axe traverse tout le corps de la pennatule, de l'extrémité proximale à l'extrémité distale, et sert de soutien à la colonie. Il existe peu d'études sur la composition en carbonate de calcium des pennatules. Comme pour les autres coraux à structure de carbonate de calcium, l'acidification des océans est un agent de stress qui pourrait avoir une incidence directe sur la santé des populations de pennatules. Il serait important de disposer d'informations sur la composition actuelle du carbonate de calcium des pennatules et d'autres paramètres pour faciliter la surveillance et l'interprétation des changements qui découlent de l'acidification.

Aiguillat noir

L'aiguillat noir est un requin habitant les profondeurs (de 200 m à environ 1 100 m). Cette espèce est répartie dans la majeure partie de l'Atlantique Nord, dans l'Atlantique Nord-Ouest depuis la Virginie (États-Unis d'Amérique), au nord le long de la côte du Canada jusqu'à l'île de Baffin, dans les eaux situées à l'ouest et à l'est du Groenland, dans tout l'Atlantique Est, et au sud le long des côtes de l'Europe et de l'Afrique (Compagno 1984). Les parties peu profondes du chenal Laurentien (<400 m) sont potentiellement des zones de croissance uniques pour l'aiguillat noir, ce que démontrent les occurrences saisonnières de proportions considérables de femelles matures et de jeunes de l'année (Kulka *et al.* 2022; Boag 2014). Le cycle de vie de cette espèce est caractérisé par une faible fécondité (taille de la portée : de 4 à 40 petits), une croissance lente, une longueur maximale d'environ 85 cm et une maturité sexuelle tardive. L'aiguillat noir vit et se nourrit sur les fonds marins ou à proximité, consommant principalement des crustacés, des calmars, des céphalopodes, des méduses et des poissons osseux. Kulka (2006) a noté que la répartition de l'aiguillat noir est fortement influencée par la température de l'eau, la profondeur, la longueur du corps et le sexe. De plus, Kulka (2006) a noté que les femelles de grande taille (gravides) migrent vers les parties peu profondes du chenal Laurentien pour mettre bas. En grandissant, les petits se déplacent vers des eaux plus profondes et, finalement, quittent le chenal Laurentien vers des eaux de talus continental plus profondes et poursuivent leur croissance. Il n'y a pas de pêche dirigée de l'aiguillat noir; cependant, les individus de cette espèce sont couramment capturés accidentellement dans le chalutage à panneaux de l'Atlantique Nord (M. Simpson, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, comm. pers.), ce qui le rend vulnérable à l'exploitation par l'homme. L'aiguillat noir n'a pas de statut en vertu de la [Loi sur les espèces en péril \(LEP\)](#) du Canada. Le MPO surveille l'évolution de la biomasse de l'aiguillat noir à l'aide de relevés au chalut par navire de recherche sur une grande partie de l'aire de répartition canadienne de cette espèce dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Dans la sous-division 3Ps de l'OPANO (dans laquelle se trouve la ZPM du chenal Laurentien), la biomasse de l'aiguillat noir est généralement stable depuis 2004, après un modeste déclin par rapport aux niveaux observés en 1996-1997 (Figure 6). La plus forte biomasse capturée dans le cadre des relevés au chalut par navire de recherche entre 1996 et 2021 se trouve dans la partie nord-est de la ZPM (Figure 7). Dans les divisions 2J et 3K et 3L, 3N et 3O de l'OPANO, la biomasse de l'aiguillat noir est relativement stable, malgré quelques variations.

Raie à queue de velours

La raie à queue de velours est un poisson de fond cartilagineux réparti dans tout l'océan Atlantique Nord-Ouest à partir des eaux au large du New Jersey, sur le plateau néo-écossais, dans le golfe du Saint-Laurent, au sud de Terre-Neuve, ainsi que les bancs et les eaux du plateau de Terre-Neuve et du Labrador. Les raies à queue de velours sont généralement réparties à des profondeurs de 50 à 500 m et à des températures de fond comprises entre 4 et 7 °C. La longueur de la raie à queue de velours ne dépasse pas 70 cm, ce qui en fait l'une des

plus petites espèces de raies de l'Atlantique Nord-Ouest; elle consomme principalement des petits crustacés; elle ne devient piscivore que lorsque sa taille devient plus importante (Kulka *et al.* 2006). Les raies à queue de velours adultes et immatures sont réparties dans la ZPM du chenal Laurentien. Il n'existe pas de pêches dirigées de la raie à queue de velours; cependant, les individus de cette espèce sont couramment capturés accidentellement dans les pêches aux filets maillants et le chalutage à panneaux qui ciblent la raie épineuse (COSEPAC 2012), ce qui la rend vulnérable à l'exploitation par l'homme. La raie à queue de velours n'a pas de statut en vertu de la [LEP](#) du Canada. Cependant, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a évalué l'unité désignable du chenal Laurentien et du plateau néo-écossais de la raie à queue de velours comme étant préoccupante (COSEPAC 2012). Le MPO surveille l'évolution de la biomasse de la raie à queue de velours à l'aide de relevés au chalut par navire de recherche, qui couvrent une grande partie de l'aire de répartition canadienne de cette espèce dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Dans la sous-division 3Ps de l'OPANO (qui comprend la ZPM du chenal Laurentien), la biomasse de raie à queue de velours a généralement augmenté de 1996 à 2005 et est restée stable depuis, à l'exception des dernières années de l'indice de relevé printanier (Figure 8, Figure 9). Dans les divisions 2J et 3K et 3L, 3N et 3O de l'OPANO, la biomasse de la raie à queue de velours est relativement stable, malgré quelques variations.

Maraîche

La maraîche est largement répandue dans l'Atlantique Nord, de la mer du Labrador au nord à la mer des Sargasses dans l'Atlantique Sud-Ouest, et de l'Islande et de l'ouest de la mer de Barents au Maroc dans l'Atlantique Est (Campana *et al.* 2013). Dans l'ensemble, la répartition saisonnière de ce requin très répandu est fortement influencée par la profondeur et la température de l'eau. La maraîche se déplace vers le nord-est le long du plateau néo-écossais au printemps, puis peut être aperçue au large de la côte sud de Terre-Neuve et dans le golfe du Saint-Laurent en été et en automne (Campana *et al.* 2013). Contrairement aux espèces de poisson précédentes, la maraîche est rarement capturée dans le cadre du relevé au chalut par navire de recherche du MPO. En ce qui concerne la ZPM du chenal Laurentien, Campana et ses collaborateurs (2013) ont établi que l'un des deux seuls lieux connus d'accouplement de la maraîche se trouve à l'entrée du golfe du Saint-Laurent, mais que ce lieu se trouve à l'extérieur de la ZPM (Figure 10). La maraîche, comme les autres requins et les raies, ont une faible fécondité et un âge tardif de maturation sexuelle. Le régime alimentaire de la maraîche est composé d'une grande variété d'espèces (poissons de fond, céphalopodes) et dépend de la disponibilité des proies et de la taille du requin (Joyce *et al.* 2002). Il n'existe actuellement aucune pêche dirigée de la maraîche au Canada; cependant, les prises accessoires dans les pêches à la palangre, au filet maillant et au chalut à panneaux constituent une menace pour la population de l'Atlantique Nord-Ouest (Simpson et Miri 2014). La maraîche n'a pas de statut en vertu de la [LEP](#) du Canada, mais le COSEPAC a évalué l'unité désignable de l'Atlantique de la maraîche comme étant en voie de disparition (COSEPAC 2014). D'après l'évaluation 2020 de la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (CICTA), le stock de maraîches de l'Atlantique Nord-Ouest, qui se trouve en partie dans la ZPM du chenal Laurentien, se reconstitue lentement depuis 2001, mais reste bien en deçà des niveaux d'abondance observés dans les années 1960.

Loup à tête large

Le loup à tête large est largement répandu dans les eaux de l'Atlantique et de l'Arctique, tout comme le loup tacheté (*A. minor*) et le loup atlantique (*A. lupus*). Le loup à tête large est généralement réparti entre le détroit de Davis et l'ouest du Groenland, le long du bord du plateau continental du Labrador et des Grands Bancs et dans le chenal Laurentien. Les plus

fortes concentrations de loup à tête large dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador se trouvent le long du talus du nord des Grands Bancs jusqu'à la bordure extérieure du plateau continental du Labrador. Dans l'ensemble, la répartition du loup à tête large semble être principalement influencée par la température de l'eau (de préférence de 1,6 °C à 4 °C; MPO 2010). Le loup de mer consomme principalement des méduses et des cténophores (groseilles de mer), des poissons pélagiques, des crevettes et parfois des échinodermes (Simpson *et al.* 2013). Il n'existe pas de pêche dirigée du loup à tête large; cependant, il s'agit d'une espèce qui fait couramment l'objet de prises accessoires dans de nombreuses autres pêches de l'Atlantique Nord (Simpson et Kulka 2002), ce qui rend l'espèce vulnérable à l'exploitation par l'homme. L'unité désignable de l'océan Arctique/océan Atlantique du loup à tête large est considérée comme menacée en vertu de la [LEP](#) du Canada. Le MPO surveille l'évolution de la biomasse du loup à tête large à l'aide de relevés au chalut par navire de recherche, qui sont effectués dans la sous-division 3Ps de l'OPANO et qui couvrent une grande partie de l'aire de répartition canadienne de cette espèce dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Dans la sous-division 3Ps de l'OPANO, la biomasse du loup à tête large demeure stable à des densités très faibles le long des bords profonds des bancs (Figure 11, Figure 12). Dans les zones plus septentrionales, la biomasse du loup à tête large est également relativement stable depuis 1995, sauf dans les divisions 2J, 3K et 3L de l'OPANO, où l'indice de relevé automnal révèle des augmentations significatives depuis 2004 (MPO 2024).

Tortue luth

La tortue luth est la plus grande des tortues de mer; elle peut atteindre un poids de 900 kg et une longueur de 2 m. Les tortues luths du Canada atlantique appartiennent à la sous-population de l'Atlantique Nord-Ouest. En 2017, cette population a été réinscrite sur la liste des espèces en voie de disparition de la [LEP](#) du Canada (équipe de rétablissement de la tortue luth de l'Atlantique 2006), ce qui se caractérise par une diminution de l'abondance (NMFS-USFWS 2013). L'objectif actuel de rétablissement de la population de tortues luths de l'Atlantique Nord-Ouest est une tendance de l'abondance stable ou en augmentation.

La tortue luth migre sur de longues distances entre les sites de nidification tropicaux et les habitats d'alimentation en eaux tempérées (Bailey *et al.* 2012). Dans l'Atlantique Nord-Ouest, les tortues luths fréquentent les eaux canadiennes de manière saisonnière en été et au début de l'automne (James *et al.* 2007) pour se nourrir de zooplancton gélatineux (comme les méduses et les siphonophores), qui constitue sa principale proie.

Les tortues luths ont des zones d'habitat importantes (ou de vastes zones de résidence saisonnière), et le temps passé dans ces zones est positivement corrélé avec la qualité de l'habitat d'alimentation. Les caractéristiques d'un bon habitat d'alimentation comprennent une production primaire saisonnière élevée, les remontées d'eau, les aires de rétention et les systèmes océanographiques frontaux (Mosnier *et al.* 2019; MPO 2020a), toutes des variables qui influent sur la disponibilité des ressources alimentaires. Il est difficile de délimiter l'habitat de la tortue luth, qu'il s'agisse d'un habitat migratoire ou d'un habitat d'alimentation, en raison de la grande variabilité d'un individu à l'autre en ce qui concerne les itinéraires de migration et les concentrations des sources de nourriture (p. ex. Eckert 2006). Cette variabilité dans l'utilisation de l'habitat rend également difficile la détermination de la taille de la population. Une récente étude de modélisation de l'habitat réalisée par le MPO à partir d'observations opportunistes et de données de relevés aériens systématiques (Mosnier *et al.* 2019) a révélé un déplacement progressif, du sud vers le nord, de la concentration de tortues luths au Canada atlantique, les tortues étant observées d'abord au sud et à l'ouest du plateau néo-écossais en juin, puis au large du sud de Terre-Neuve en août et en septembre (Figure 13). La probabilité d'occurrence a atteint une valeur minimale en octobre, après quoi la probabilité d'observer une tortue luth est

devenue nulle. Selon ce modèle, une température à la surface de la mer de 15 °C est le seuil d'occurrence potentielle des tortues luths, et dans les régions répondant à ce critère, les tortues luths sont susceptibles de se regrouper pour chercher de la nourriture dans les zones où la densité de méduses est la plus élevée (p.ex. Houghton *et al.* 2006).

Dans l'ensemble de son aire de répartition, la tortue luth est confrontée à divers agents de stress naturels et anthropogéniques (voir MPO 2020b), les interactions fortuites avec la pêche (qui peuvent entraîner des empêtements) étant considérées comme l'une des principales causes de mortalité de cette espèce au Canada atlantique. Les collisions avec les navires, au cours desquelles les navires peuvent heurter les tortues luths qui se trouvent à la surface de la mer ou près de la surface, sont également une cause de blessures et des décès.

Outre ces agents de stress directs, les tortues luths du Canada atlantique sont soumises à des processus susceptibles d'avoir une incidence sur la disponibilité de leurs proies. Les changements climatiques ont une incidence sur la répartition et la saisonnalité des organismes planctoniques, y compris les méduses dont se nourrissent les tortues luths (p. ex. Purcell 2005; Smith *et al.* 2016). Si l'habitat d'alimentation de la tortue luth s'étend ou se déplace vers le nord en raison des changements climatiques, nous pourrions nous attendre à une augmentation des temps de résidence aux latitudes plus élevées (voir McMahon et Hays 2006) et dans des endroits tels que le chenal Laurentien; ce changement pourrait exposer ces tortues à des niveaux de risque plus élevés en raison d'agents de stress tels que les prises accessoires dans les zones situées à l'extérieur de la ZPM.

La pollution marine sous forme de marées noires, de contaminants, de débris marins ou de ruissellement agricole peut nuire aux proies des tortues luths (MPO 2020b; Blais et Wells 2022). Il est probable que les méduses et les hydrocarbures se concentrent dans les zones de convergence, où les tortues luths se nourrissent de préférence, ce qui pourrait avoir des conséquences physiologiques.

Une pêche aux méduses, telle qu'elle a été expérimentée précédemment dans le nord de Terre-Neuve, et en particulier dans des zones très fréquentées par la tortue luth, pourrait réduire la quantité de nourriture disponible et menacer la qualité de l'habitat d'alimentation. Enfin, bien que moins bien compris, le bruit sous-marin provenant de sources telles que l'exploration sismique ou le trafic de grands navires pourrait déplacer les tortues luths de leur habitat préféré.

Le chenal Laurentien est important pour la tortue luth, car il s'agit d'une aire d'alimentation et d'une zone de transit connues pour cette espèce. Étant donné que le sud de Terre-Neuve représente la limite nord principale et actuelle de l'aire d'alimentation de cette tortue dans l'Atlantique Nord-Ouest, l'abondance et les temps de résidence dans cette zone pourraient être des indicateurs importants pour cette espèce, car les changements climatiques ont une incidence sur la répartition et l'abondance de leurs proies gélatineuses. Cette zone représente une dernière aire d'alimentation importante que les tortues luths occupent avant de repartir vers les latitudes méridionales pour se reproduire (James *et al.* 2007).

En plus d'être un lieu important où les tortues luths font des réserves d'énergie pour leur migration vers le sud et leur reproduction, le chenal Laurentien et les zones avoisinantes représentent également une zone d'exposition à des agents de stress tels que le bruit sous-marin, les collisions avec les navires et les déversements d'hydrocarbures, notamment par les fonds de cale, pour ces tortues dans les eaux canadiennes.

APPROCHE DE SURVEILLANCE SCIENTIFIQUE

La région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO a créé un groupe de travail pour élaborer un programme de surveillance des ZPM et des refuges marins de la région, y compris une approche de surveillance scientifique pour la ZPM du chenal Laurentien. Le groupe de travail sur la surveillance de Terre-Neuve-et-Labrador (ci-après appelé groupe de travail sur la surveillance) est composé de représentants des Sciences, de Planification et conservation marines et de la Gestion des ressources de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, ainsi que du Marine Institute, dans le cadre d'un projet de collaboration en cours pour la surveillance des aires marines protégées dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Ce groupe de travail définit des relevés et des indicateurs appropriés pour chacune des aires de conservation depuis septembre 2021.

L'une de ses premières étapes a consisté à élaborer une liste détaillée d'indicateurs et de types de relevés potentiels par objectif de conservation dans chacune des ZPM et chacun des refuges marins de la région de Terre-Neuve-et-Labrador, notamment des considérations sur le calendrier et la fréquence des relevés par site. L'application de la même approche de surveillance globale dans plusieurs des aires de conservation (ZPM et refuges marins) permettra une collecte de données plus uniformes et comparables dans l'ensemble de la région, et elle constitue le moyen le plus efficace de mettre à l'essai des méthodes et des stratégies de relevé, d'investir dans la capacité et de mettre en œuvre le programme à l'échelle régionale.

L'approche convenue par le groupe de travail sur la surveillance et décrite ici s'appliquera à toutes les ZPM et à tous les refuges marins de la région, sauf dans ceux où ont des programmes de surveillance sont bien établis (la ZPM de la baie Gilbert et la ZPM d'Eastport). L'approche sera uniforme entre les zones, mais plusieurs de ses éléments seront propres aux aires de conservation et à leurs objectifs de conservation. L'approche est décrite ci-dessous comme suit :

1. surveillance de base;
2. recherche ciblée;
3. surveillance complémentaire.

La surveillance de base sera axée sur un échantillonnage efficace et au même endroit de plusieurs indicateurs clés, ce qui peut être fait chaque année dans toutes les zones ou presque. Une fréquence d'échantillonnage élevée sera importante, en particulier les premières années de la mise en place du programme de surveillance, et pourra être ajustée au fur et à mesure du développement du programme. La surveillance de base visera à utiliser des techniques peu ou non invasives, à assurer une collecte de données rentable sur la plupart ou la totalité des objectifs de conservation et à être comparable d'une zone de conservation à l'autre, générant un ensemble de données régionales à long terme. La surveillance de base comprendra des opérations telles que l'établissement de profils de conductivité, de température et de profondeur (CTP) (c.-à-d. des données océanographiques), l'échantillonnage de l'eau (p. ex. pour le prélèvement d'échantillons pour l'acide désoxyribonucléique environnemental [ADNe] et les paramètres physico-chimiques), le déploiement de systèmes de caméras (p. ex. des caméras lestées) et les mouillages. Le groupe de travail sur la surveillance discute encore de la liste complète des types de relevés à réaliser. Les sites de surveillance de base peuvent comprendre des stations situées le long de lignes traversant la ZPM, telles que celles décrites dans la section Méthodes de sélection des sites, ou être choisis au hasard en au besoin (p. ex. échantillonnage opportuniste). Les protocoles seront normalisés pour faciliter les comparaisons et les collaborations avec les partenaires de surveillance (p. ex. le Marine Institute).

La recherche ciblée comprendra des programmes à plus court terme axés sur la recherche, visant à recueillir des renseignements plus détaillés sur les objectifs de conservation ou les espèces prioritaires, à mettre à l'essai l'équipement et les méthodes (essais sur le terrain), à améliorer la rigueur ou la compréhension des hypothèses du programme de surveillance, ainsi qu'à collecter des données supplémentaires pour comprendre les tendances observées. Les études cherchant à améliorer ou à compléter le plan de surveillance doivent être planifiées et menées dès que possible.

La dernière partie de l'approche sera axée sur l'utilisation de données complémentaires (surveillance complémentaire) provenant de diverses sources, dont les relevés n'ont pas été spécialement conçus dans le cadre du programme de surveillance (p. ex. le Programme de monitoring de la zone Atlantique [PMZA]), relevés au chalut par navire de recherche, imagerie satellite, observateurs en mer), mais qui poursuivent ou poursuivront la collecte de données dans la ZPM. Ces données peuvent compléter ou faciliter l'interprétation des données collectées pendant la recherche ciblée et la surveillance de base. Il peut y avoir des limites à la façon dont ces ensembles de données peuvent être appliqués ensemble pour guider la surveillance, car plusieurs outils d'échantillonnage et échelles spatiales (l'empreinte de chaque échantillon, la couverture dans l'ensemble de la ZPM et le co-emplacement) peuvent être difficiles à intégrer.

Le tableau 1 présente un calendrier proposé pour les activités de surveillance dans la ZPM du chenal Laurentien par méthode de relevé pour la période de 2022 à 2026 et constitue un bon point de départ pour la discussion. Le tableau comprend les méthodes et les protocoles de relevé décrits dans la section Méthodes et stratégies de relevé et sont classés en fonction de l'approche décrite ci-dessus. En plus de la surveillance de base annuelle proposée, la surveillance complémentaire est, dans la plupart des cas, effectuée chaque année (p. ex. relevés au chalut par navire de recherche du MPO, PMZA, observateurs en mer), tandis que la recherche ciblée sera probablement plus espacée dans le temps (p. ex. deux à cinq ans pour un relevé par véhicule téléguidé [VTG], mais période plus courte et plus immédiate pour tester l'équipement et les méthodes); il pourrait aussi s'agir de relevés intensifs menés seulement quelques années à la fois (p. ex. relevés par marquage et télémétrie par satellite) (tableau 1). Le tableau indique également la plateforme utilisée pour réaliser les relevés. Par exemple, plutôt que de compter sur du temps-navire à bord des navires de la Garde côtière canadienne, on peut recourir à des navires affrétés pour effectuer une grande partie du travail, y compris les déploiements de caméras, l'échantillonnage de l'eau (ADNe) et des sédiments (voir le tableau 1).

Bien qu'elle soit décrite ici comme trois flux de données distincts, la collecte de données pour les trois flux se chevauchera probablement ou aura lieu simultanément dans certains cas. Ce programme sera évalué et ajusté au besoin après les premières années. L'approche de surveillance scientifique décrite dans le présent document se concentre sur quatre éléments principaux :

1. les sites de référence;
2. les méthodes et stratégies de relevé;
3. les indicateurs;
4. le plan d'étude.

Les sections suivantes décriront chacun de ces quatre éléments, en mettant l'accent sur la ZPM du chenal Laurentien.

ÉLÉMENTS DE L'APPROCHE DE SURVEILLANCE

L'approche de surveillance proposée pour la ZPM du chenal Laurentien vise à recueillir des données permettant d'évaluer et d'interpréter l'état et les tendances des espèces prioritaires désignées dans les objectifs de conservation. Même si un élément important du programme doit cibler les données sur les espèces prioritaires, l'information sur les facteurs environnementaux importants tels que la température, la salinité et la productivité sera également incluse dans la mesure du possible, car ces données seront utiles pour interpréter l'état et les tendances quant aux objectifs de conservation. Comme il est indiqué dans Lewis *et al.* (2016), il existe plusieurs lacunes dans les données sur le chenal Laurentien et il sera nécessaire d'en combler certaines au moyen de recherches ciblées ou de la collecte de données de référence avant de choisir un ensemble final de protocoles de surveillance à long terme.

Le cadre de détermination des indicateurs, des protocoles et des stratégies de surveillance élaboré par Lewis *et al.* (2016) a servi de base à la sélection d'indicateurs de surveillance scientifiques et de méthodes de relevé appropriés pour les six objectifs de conservation. Un autre document d'orientation, plus spécifique à la surveillance des coraux et des éponges, fournit une grande partie de la base pour les indicateurs et les relevés relatifs aux objectifs de conservation des pennatules (MPO 2021a). En utilisant ces documents comme point de départ, plusieurs discussions ont eu lieu avec des experts en la matière, lors des réunions du groupe de travail sur la surveillance, afin de déterminer les indicateurs et les méthodes de relevé les plus appropriés ou les plus efficaces qui pourraient être utilisés au cours des prochaines années du programme de surveillance. Chaque objectif de conservation ou espèce prioritaire a été étudié et les indicateurs de surveillance les plus pertinents ont été définis. Des méthodes et des stratégies de relevé ont également été proposées pour chaque indicateur. Les détails sur d'autres éléments des relevés, notamment leur fréquence ou saisonnalité proposées, ainsi que les mises en garde ou détails supplémentaires ont été discutés et consignés dans le cadre de ces discussions.

Il faudra du temps pour mettre en place l'approche de surveillance régionale à long terme. Les premières années seront consacrées à la mise à l'essai des méthodes et des stratégies de relevé proposées, à la collecte de données de référence et à l'étude de la pertinence des indicateurs présélectionnés pour surveiller l'état et les tendances des espèces prioritaires et de la biodiversité. Le groupe de travail sur la surveillance continuera donc d'évaluer et de peaufiner ces éléments, au besoin.

Sites de référence

L'évaluation de l'efficacité est une partie importante de la gestion de la ZPM, car elle peut guider les ajustements à apporter aux approches de gestion. L'efficacité est souvent mesurée par des comparaisons avec les sites de référence qui ne bénéficient pas de la protection de la ZPM. En effet, ces emplacements permettent aux gestionnaires d'isoler les effets de la protection de la ZPM des tendances régionales plus générales ou de la variabilité naturelle. Cependant, la recherche de sites de référence intérieurs-extérieurs pour des écosystèmes complexes à grande échelle, même dans les meilleures circonstances, est difficile et donne des résultats imparfaits (Underwood 1992), car, contrairement aux environnements de laboratoire, les facteurs de confusion prédominent dans les conditions de terrain (Fraschetti *et al.* 2002). Dans le cas de la ZPM du chenal Laurentien, ces préoccupations sont encore plus grandes puisque le processus d'établissement de la ZPM a donné lieu à une aire protégée qui n'était pas facilement comparable aux habitats adjacents. Plus précisément, la zone d'origine ciblée pour la protection était caractérisée par de vastes étendues d'habitat qui étaient en grande partie non exploitées (Muntoni *et al.* 2019). Avant d'établir de façon définitive les limites de la ZPM, on a recouru à une analyse coûts-avantages pour réduire davantage les répercussions

sur les pêcheurs en éliminant les quelques zones qui étaient fréquemment exploitées (gouvernement du Canada 2019b). La ZPM représente maintenant une zone qui se caractérise de façon unique par des niveaux historiquement faibles d'exposition aux agents de stress liés à la pêche, comme le chalutage de fond. Cela signifie certes que la ZPM du chenal Laurentien représente un écosystème relativement intact par rapport aux zones environnantes, en particulier pour la faune sensible aux répercussions de la pêche (p. ex. les pennatules), mais aussi qu'il est intrinsèquement difficile de trouver des sites de référence intérieurs et extérieurs appropriés, comme l'exigent les objectifs énoncés pour ce processus du SCAS (MPO 2015; Stanley *et al.* 2015). Par conséquent, il sera probablement très difficile d'évaluer l'efficacité des ZPM dans un cadre officiel de vérification des hypothèses pour cette zone.

Il est aussi difficile de trouver des sites de référence pour la ZPM du chenal Laurentien parce que deux des espèces prioritaires d'intérêt pour la conservation dans la ZPM, à savoir la tortue luth et la maraîche, sont de grands migrateurs et ne résident pas uniquement dans la ZPM. Il pourrait donc s'avérer impossible d'établir des sites de référence pour ces deux espèces et difficile de détecter des changements notables dans ce qui est une partie relativement petite de la répartition de ces espèces (Lewis *et al.* 2016). Le plan d'activités et la surveillance d'une ZPM doivent tenir compte des profils de déplacement des espèces importantes. Le domaine vital (ou le milieu de vie) des adultes peut varier considérablement, ce qui se traduit par des lacunes dans la protection (Stanley *et al.* 2015). Par conséquent, il peut être difficile de détecter des changements dans les mesures de ces espèces fortement migratrices et une longue période peut être nécessaire pour voir un signal détectable de la promotion de la survie et du rétablissement de ces espèces (James *et al.* 2005). Dans ces deux cas, tous les déclin de la population dans le temps ne peuvent être entièrement attribués à l'incapacité de la ZPM à atteindre ses objectifs, car soit l'espèce passe une partie importante de sa vie en dehors de la protection de la ZPM, soit son occupation de la ZPM du chenal Laurentien peut varier d'une année à l'autre. Par exemple, on sait, d'après les données satellites (MPO 2020a), que la tortue luth traverse la ZPM du chenal Laurentien, mais elle est rarement documentée à l'intérieur. Les méthodes de sélection utilisées pour les autres sites de surveillance afin de recueillir des informations sur les autres indicateurs de surveillance sont examinées ci-dessous.

Méthodes de sélection des sites

Le cadre de référence de ce processus du SCAS prévoyait la détermination de sites de référence dans la mesure du possible. Compte tenu des circonstances décrites ci-dessus, notre approche a été davantage axée sur la détermination de sites de surveillance potentiels pour suivre les tendances à l'intérieur de la ZPM plutôt que sur des sites de référence intérieurs-extérieurs. Si des questions concernant les comparaisons entre l'intérieur et l'extérieur se posent, une petite sélection de sites jumelés a été choisie pour la recherche ciblée à venir. Cette approche rend davantage de ressources accessibles pour améliorer la précision des estimations de l'état et des tendances des espèces prioritaires. Néanmoins, la collecte de données sur des sites à l'extérieur de la ZPM, dans la mesure du possible, peut être utile pour fournir des renseignements de référence pour les études et le contexte futurs de la recherche ciblée, si des changements à grande échelle touchent l'écosystème. Par exemple, les données des relevés au chalut par navire de recherche effectués à l'extérieur de la ZPM continueront d'être recueillies dans le cadre d'une longue série chronologique de données plurispécifiques (p. ex. surveillance complémentaire) et seront utiles pour fournir un contexte sur les tendances régionales de certaines espèces prioritaires. Nous déterminons donc des sites de surveillance pour la surveillance de base dans la ZPM (méthode 1), des zones aux conditions environnementales comparables à l'extérieur de la ZPM délimitées à l'aide d'une cartographie non supervisée de l'habitat (méthode 2) et une analyse des communautés fondée sur les strates (méthode 3).

Méthode 1 - Zones de surveillance de base à l'intérieur de la ZPM

La méthode 1 établit des stations fixes pour la surveillance de base dans la ZPM. Le programme de surveillance de base se veut rentable, exécuté au même endroit et représentatif des habitats présents dans la ZPM. La sélection des zones de surveillance a pris en compte les principaux critères suivants dans un premier temps :

- Inclure différentes zones de la ZPM représentant les types de fond et les paysages benthiques disponibles (Figure 14; Lacharité *et al.* 2020). Bien que les transitions entre les paysages benthiques soient graduelles et que leurs véritables limites ne soient pas fixées par un polygone, elles ont été produites à l'aide de divers types de données (p. ex. faisceaux multiples, imagerie du fond marin, échantillons de sédiments) et l'inclusion de différents paysages benthiques nous permettra sans doute de couvrir un large éventail d'habitats.
- Inclure des profondeurs représentatives : à l'intérieur de la ZPM, les profondeurs varient entre 116 et 491 m, la majeure partie de la variation étant orientée du nord-est au sud-ouest (de moins profonde à plus profonde). Les zones de moins de 150 m sont concentrées le long d'un mince manchon sur le côté est de la ZPM, en dehors de la zone benthique importante (ZBI) des pennatules, et la grande majorité (69 %) de la ZPM a une profondeur supérieure à 400 m (Figure 14). Par conséquent, les sites de surveillance doivent comporter des stations sur les côtés ouest et est de la ZPM afin de tenir compte de la variabilité en profondeur.
- Inclure des sites dans les polygones de la ZBI des pennatules : les ZBI des pennatules sont, par définition, des zones abritant de fortes concentrations de pennatules. Étant donné que la protection des pennatules est l'un des objectifs principaux de cette ZPM, il est nécessaire de disposer d'un nombre suffisant de stations dans les ZBI pour pouvoir interpréter l'état des pennatules de la ZPM.

En plus des critères ci-dessus, l'efficacité et la faisabilité du relevé ont été pris en compte pour optimiser la durée (p. ex. le temps consacré à la collecte de données) et le coût des relevés. Compte tenu de la grande taille de la ZPM du chenal Laurentien (environ 300 km du nord au sud), le temps de déplacement entre les stations pourrait être considérable et mieux investi dans la collecte de données. Pour mettre les choses en contexte, si un navire se déplace à une vitesse de huit nœuds (selon le navire), il pourrait lui falloir environ 20 heures pour traverser toute la ZPM.

Sur la base des considérations ci-dessus, nous proposons quatre principaux ensembles de stations le long de quatre lignes traversant la ZPM d'ouest en est. Ces stations de surveillance couvrent différentes profondeurs et représentent six des huit paysages benthiques. Les quatre lignes proposées à travers la ZPM sont équidistantes de 60 km (Figure 15), avec une distance estimée à environ 35 km (19 milles marins) entre la première et la dernière station sur une ligne. Ce plan permet d'échantillonner les paysages benthiques qui couvrent la majorité de la ZPM, mais ne prévoit aucune station de surveillance de base des paysages benthiques dans la partie nord de la ZPM (C1 et B1).

- La ligne 1 est celle qui est située la plus au nord, à l'extérieur de la ZBI des pennatules, et traverse le paysage benthique A1 (principalement de la vase) et une partie du paysage benthique TZ1 (sédiments mixtes). La profondeur est très constante sur la majeure partie de cette ligne (de 440 à 460 m), mais elle atteint 350 m du côté est de la ZPM.
- La ligne 2 se trouve à l'intérieur de la grande ZBI des pennatules et traverse quatre paysages benthiques différents, dont les deux présents sur la ligne 1, mais aussi les

paysages benthiques TZ2 (sédiments fins) et A2 (sédiments mixtes), non couverts sur la ligne 1. Cette ligne traverse des profondeurs de 250 à 450 m (d'est en ouest).

- La ligne 3 est également à l'intérieur de la grande ZBI des pennatules et traverse quatre paysages benthiques différents : A2 et TZ1, mais aussi C2 (vase sableuse) et un peu de B2 (vase, sable pierreux), non couvert sur les lignes précédentes. Cette ligne traverse des profondeurs de 250 à 450 m (d'est en ouest).
- La ligne 4 est partiellement à l'intérieur de la grande ZBI des pennatules et traverse les mêmes paysages benthiques que la ligne 3, à l'exception de B2. Cette ligne comporterait également des stations à proximité d'un mouillage du PMZA déployé sur ce site (voir également la section Données océanographiques). Elle traverse des profondeurs de 280 à 430 m.

Le nombre définitif de stations par ligne, le nombre de transects d'imagerie du fond marin par station, leur longueur et la méthode (p. ex. photos/vidéos) n'ont pas encore été déterminés. Cependant, l'analyse de puissance menée par Morris *et al.* (2024) à l'aide de données recueillies par caméra vidéo lestée sur des transects d'environ un kilomètre de longueur indique qu'au moins 30 transects (pour l'ensemble de la ZPM) pourraient être nécessaires pour détecter des changements dans l'abondance des pennatules (voir une discussion plus approfondie dans la section Relevés des pennatules et autres relevés benthiques et de l'habitat). Par conséquent, pour cet exercice, nous illustrons le budget temps nécessaire à la collecte d'images pour les pennatules en utilisant des lignes de relevé comportant huit stations équidistantes par ligne.

Le temps de trajet entre les lignes 1 et 4 est estimé à 12 heures (à une vitesse de 8 nœuds), et le temps de trajet entre deux lignes voisines est estimé à 4 heures. Si un total de deux heures est consacré à chaque station d'une ligne, et en supposant un total de huit transects par ligne et de 32 transects par relevé, cela nécessiterait un minimum de 16 heures opérationnelles par ligne, plus le temps de transit entre les stations. Cela pourrait signifier qu'un minimum d'environ 100 heures (environ 4,5 jours, en supposant des opérations sur 24 heures) de temps-navire serait nécessaire (plus les déplacements vers et depuis la ZPM) pour réaliser ce relevé. Aux fins de cet exemple, ce temps ne comprend pas le temps nécessaire à la réalisation d'autres activités du programme de surveillance de base, ni le temps d'intervention en cas de mauvais temps, qui devraient également être pris en compte. Bien que ces chiffres préliminaires représentent probablement une approche raisonnable, si les quatre lignes ne peuvent pas être étudiées la même année, la possibilité d'alterner les lignes et les années pourrait être envisagée. Étant donné que l'efficacité statistique demeure inconnue pour d'autres méthodes de surveillance de base, nous proposons qu'elles soient menées au même endroit que l'échantillonnage des pennatules. Cependant, une fois que les données préliminaires permettront des analyses de puissance, on pourra affiner les allocations d'échantillons pour d'autres méthodes.

Bien que nous nous soyons abstenus de désigner des sites de référence intérieurs-extérieurs dans le cadre de la surveillance de base de cette ZPM, nous reconnaissons que de petites poches d'activité de pêche historique peuvent être déterminées à l'intérieur de la ZPM par rapport aux zones extérieures. Nous pourrions nous attendre à la reconstitution de taxons sessiles désignés dans les objectifs de conservation, comme les pennatules, dans certaines de ces zones. Par conséquent, en plus des lignes de surveillance de base, nous suggérons la création de stations de référence intérieures-extérieures dont l'échantillonnage se ferait dans le cadre de la recherche ciblée. Cela nécessiterait une discussion et une planification approfondies (hors de la portée du présent document), et ces stations ne seraient pas considérées comme des stations de surveillance de base, pour les raisons décrites dans la section précédente. Les zones où l'on observe un certain effort de pêche sont principalement

concentrées le long des bords est et ouest des limites de la ZPM (Figure 15). Ces stations de référence comprendraient des stations jumelées intérieures-extérieures, qui auraient toutes deux connu des niveaux comparables de pêche commerciale avant la création de la ZPM du chenal Laurentien (Figure 15).

Nous suggérons également que toutes les zones sélectionnées pour la surveillance des pennatules dans la ZPM soient entourées d'une zone tampon ou d'exclusion afin d'éviter les répercussions des relevés scientifiques entrant en contact avec le fond qui pourraient influencer les paramètres des pennatules. Par exemple, les relevés au chalut par navire de recherche du MPO se poursuivront à l'intérieur des limites de la ZPM (MPO 2022b), et le chalutage de fond effectué directement dans les zones surveillées spécifiquement pour les pennatules aura une influence sur les mesures relatives aux pennatules. Le chalutage de fond à proximité de ces zones pourrait également influencer la santé des populations de pennatules surveillées (p. ex. en raison de la création de panaches de sédiments), mais aucune étude ne l'a encore confirmé. Bien que les emplacements des traits des relevés au chalut par navire de recherche du MPO soient stratifiés de manière aléatoire, il est fortement recommandé de choisir d'autres traits situés à l'extérieur de la zone tampon de surveillance. Sinon, on pourrait envisager l'évaluation d'autres emplacements pendant le processus d'approbation du plan d'activités, qui est effectué chaque année. Enfin, les noms de lignes utilisés ici ne le sont qu'à des fins de discussion et ne doivent pas être interprétés comme des noms définitifs, qui seront définis ultérieurement.

Méthode 2 - Cartographie non supervisée de l'habitat

La cartographie de l'habitat au moyen de variables abiotiques a d'abord été réalisée pour déterminer les zones des divisions 3P et 3O de l'OPANO (zone d'étude pour la cartographie de l'habitat; Figure 16 **Error! Reference source not found.**) présentant des conditions environnementales similaires et qui pourraient être utilisées pour déterminer des sites de référence potentiels. Bien que les sites de référence intérieurs-extérieurs ne puissent pas être utilisés dans le programme de surveillance de base de la ZPM du chenal Laurentien, il peut être utile de définir les zones aux conditions environnementales comparables pour la recherche ciblée afin d'aider à comprendre les tendances régionales en matière d'indicateurs.

Les habitats situés dans la zone d'étude de la cartographie de l'habitat ont été caractérisés selon une approche de réduction de la dimensionnalité (p. ex. analyse en composantes principales) suivie d'une analyse par grappes non supervisée à l'aide des méthodes décrites dans Van Audenhaege *et al.* (2021). Onze variables abiotiques (Tableau 2) ont été utilisées pour caractériser de manière générale les habitats dans la zone d'étude; ces variables décrivent la bathymétrie, le terrain du fond marin, l'effort de pêche commerciale (indicateur indirect de la perturbation ou de l'intégrité de l'habitat), la température à la surface et au fond, la salinité et la vitesse du courant. Avant toutes les analyses, les variables d'entrée ont été rééchantillonnées (c.-à-d. que les couches ont été agrégées à l'aide de la valeur moyenne des cellules d'entrée d'origine) à la même résolution spatiale en fonction de la résolution la plus grossière des couches d'origine (8,7 km).

Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales est une technique de réduction de la dimensionnalité qui transforme un ensemble de variables potentiellement corrélées en un ensemble plus restreint de variables indépendantes tout en conservant la variance entre les observations. Une analyse en composantes principales a été réalisée sur les variables abiotiques sélectionnées, réduisant la multicollinéarité entre elles par le calcul des composantes principales (CP). L'analyse en composantes principales a été exécutée dans R (v. 4.0.2) à l'aide de la fonction *prcomp*, les variables étant centrées et mises à l'échelle pour avoir une moyenne de zéro et une variance unitaire. Cette mise à l'échelle avant l'analyse donne le même poids aux variables mesurées à

différentes échelles (p. ex. la bathymétrie par rapport à l'effort de pêche). Dans l'analyse en composantes principales, la plupart de la variance des données d'entrée peut être expliquée par les quelques premières CP, après quoi la variance supplémentaire expliquée diminue avec chaque CP supplémentaire. Pour déterminer le nombre de CP à retenir pour la suite de l'analyse, nous avons utilisé le critère de Kaiser-Guttman (Legendre 2018) qui suggère de retenir les PC ayant une valeur propre de plus de 1 (voir le Tableau 3 pour les résultats de l'analyse en composantes principales). Une rotation Varimax a été effectuée sur les CP retenues. La rotation Varimax maximise la somme de la variance des pondérations mises au carré par une rotation orthogonale des axes. Il en résulte des facteurs pondérés absolus proches de zéro ou de un, ce qui accroît l'interprétabilité des pondérations factorielles associées à chaque CP. Les composantes ayant subi la rotation (CR; Tableau 4) ont été utilisées comme variables d'entrée pour l'analyse en classification automatique à K moyennes.

À l'issue de l'analyse en composantes principales, quatre composantes principales ont été retenues, expliquant au total 66,3 % de la variance. Les pondérations factorielles ont été utilisées pour déterminer les variables les plus fortement associées à chaque CR. Les pondérations factorielles sont des corrélations (positives ou négatives) des variables avec chaque CR, les valeurs absolues les plus élevées indiquant une corrélation plus forte. Alors que certaines variables présentaient des corrélations élevées avec plusieurs CR, la bathymétrie, le caractère septentrional, la pente, la salinité et la température à la surface étaient le plus fortement corrélées avec la CR1, la vitesse du courant vers l'est et la température au fond avec la CR2, le caractère oriental et l'effort de pêche avec la CR3, et l'écart relatif par rapport à la valeur moyenne et la vitesse du courant vers le nord avec la CR4 (Tableau 5).

Classification automatique à K moyennes

L'algorithme des K moyennes est un algorithme itératif qui classe les observations d'entrée en nombre optimal de groupes tout en maximisant la variation entre les groupes et en diminuant au minimum la variation à l'intérieur des groupes. Pour effectuer une classification automatique à K moyennes, il faut d'abord déterminer le nombre optimal de groupes pour la classification. Deux méthodes courantes sont utilisées pour déterminer le nombre de groupes (k) : la méthode du coude et l'indice de Caliński-Harabasz (CH). Pour les deux méthodes, le regroupement par K moyennes a été utilisé pour classer les données pour une gamme de valeurs de k (2-15). Pour la méthode du coude, la somme des carrés intragroupe (SCI) est représentée en fonction du nombre de groupes, et pour déterminer le nombre optimal de groupes, il faut localiser un « coude » ou un point d'inflexion dans la courbe (Legendre 2018). Au-delà de ce nombre de groupes, on observe de légères diminutions dans la SCI. L'indice CH est un rapport entre la somme de la dispersion intergroupe et la somme de la dispersion intragroupe pour les groupes pour toutes les valeurs de k (Caliński et Harabasz 1974). Pour sélectionner le nombre optimal de groupes, il faut localiser la valeur de k qui présente l'indice CH le plus élevé. Les CR ont fait l'objet d'une classification par K-moyennes, le nombre de groupes (k) étant fixé au nombre optimal de groupes établi au moyen des indicateurs susmentionnés. La méthode du coude et l'indice CH ont tous deux indiqué que le nombre optimal de groupes pour l'analyse en classification automatique à K moyennes était de cinq (Figure 17). La répartition des valeurs de chaque variable dans les cinq groupes est présentée sous la forme d'une série de diagrammes de quartiles (Figure 18). Ces diagrammes illustrent les similitudes et les différences dans les conditions abiotiques entre les groupes.

Les groupes obtenus ont été représentés par variable abiotique afin de permettre de visualiser les différences de conditions environnementales entre les groupes et de visualiser l'emplacement des différents groupes dans la zone d'étude (Figure 16). Le tracé spatial de ces groupes indique qu'une grande partie de la zone à l'intérieur des limites de la ZPM du chenal Laurentien appartient au groupe 2. Ce dernier est caractérisé par une profondeur moyenne de

280 m, une pente de 0,4 degré, une salinité de 34,4 USP (unité de salinité pratique), une température à la surface de 2,2 °C et une température au fond de 5,4 °C (relativement élevée par rapport aux autres groupes; Tableau 5). La moyenne de l'écart relatif par rapport à la valeur moyenne est proche de zéro, indiquant peu de pics ou de fosses dans la topographie dans la zone et que le groupe est généralement orienté vers le sud-ouest (valeur du caractère septentrional de -0,39 et valeur du caractère oriental de -0,53). En plus du chenal Laurentien, le banc Burgeo, le chenal Hermitage et la limite sud-ouest des Grands Bancs sont assignés au groupe 2 et connaissent probablement des conditions environnementales similaires. Ces résultats présentent des schémas similaires à ceux d'une modélisation à plus grande échelle de l'analyse d'assemblages d'invertébrés démersaux et benthiques réalisée par O'Brien *et al.* (2022). L'étape suivante de cette analyse pourrait consister à rechercher des groupes à l'intérieur des limites de la ZPM afin de détecter toute variation à l'intérieur d'un site.

Méthode 3 – Analyse des communautés par strates

L'identification de sites de référence à l'aide d'une analyse des communautés par strates des données des relevés au chalut par navire de recherche du MPO peut être utile pour obtenir des informations de base comparatives et pour comprendre les changements plus importants au niveau de l'écosystème. En fait, l'analyse des communautés par strate a été utilisée pour faciliter la sélection des sites de référence ailleurs (Shackell *et al.* 2021). Par exemple, ces auteurs ont sélectionné des sites de référence en fonction de structures de dominance des communautés, d'une biomasse des espèces et de profils de profondeur comparables. Pour examiner la structure des communautés dans la ZPM du chenal Laurentien et autour de celle-ci, notre approche est axée sur les groupes fonctionnels de poissons, qui reposent sur les caractéristiques générales de la taille et les habitudes alimentaires connues de l'espèce (M. Koen-Alonso, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, comm. pers.). La liste complète des espèces de chaque groupe fonctionnel figure à l'annexe A :

- Benthivores de petite taille – poissons de taille maximale moyenne inférieure à 45 cm qui se nourrissent principalement d'organismes benthiques.
- Benthivores de taille moyenne – poissons de taille maximale moyenne de 45 à 80 cm qui se nourrissent principalement d'organismes benthiques.
- Benthivores de grande taille – poissons de taille maximale moyenne supérieure à 80 cm qui se nourrissent principalement d'organismes benthiques.
- Piscivores – poissons qui se nourrissent principalement d'autres poissons.
- Plancto-piscivores-poissons planctonophages et piscivores qui se nourrissent à la fois de plancton et de poisson ou principalement de plancton pendant les premiers stades de leur cycle biologique et de poisson pendant les stades ultérieurs.
- Planctonophages – poissons qui se nourrissent principalement de plancton.

Le relevé plurispécifique du MPO utilise un plan de relevé à stratification aléatoire et a lieu chaque printemps (avril à juin) dans les divisions 3L, 3N et 3O et la sous-division 3Ps de l'OPANO (figure 1). Les strates sont utilisées ici pour regrouper des profils de profondeur similaires. Aux fins de la présente analyse, seuls les traits de relevé dans la sous-division 3Ps et la division 3O ont été utilisés afin de limiter l'étendue de la zone d'étude, et seulement cinq années de données ont été incluses (de 2015 à 2019) de manière à réduire le nombre de points de données ($n = 1070$ maximum). Les traits de relevé qui ne contenaient aucune espèce du groupe fonctionnel ont été retirés de l'analyse. Un regroupement supplémentaire pour toutes les espèces a été inclus afin de fournir une seule analyse holistique et de représenter toutes les espèces. La biomasse (kg/trait), normalisée en fonction de la longueur du trait, a été

transformée en racine carrée pour chaque série afin d'équilibrer les espèces dominantes. Les communautés entre les séries de chaluts ont été comparées à l'aide d'un indice de similitude de Bray-Curtis. Pour réduire le volume de données, un centroïde unique a été généré; il s'agit d'une mesure de la tendance centrale dans un groupe multivariable qui a été produite pour chaque strate plutôt que d'inclure tous les points de données. En outre, les strates qui dépassaient la limite de la ZPM ont été divisées en deux parties, et un centroïde a été calculé pour chaque partie. Chaque groupe a ensuite été évalué à l'aide d'une analyse par grappes (figure 19A à figure 25A) dans PRIMER v7. À partir de l'analyse par grappes, on a utilisé des regroupements de strates ayant une valeur de dissimilarité de 50 ou plus pour déterminer des « groupes » uniques présentant une structure de communauté de groupe fonctionnel similaire (figure 19B to figure 25B).

Avec toutes les espèces incluses dans l'analyse, la ZPM du chenal Laurentien fait partie du groupe d'espèces 3 (figure 5). Les zones ayant une structure de communauté similaire sont le chenal Hermitage, le nord de la ZPM et les zones le long de la bordure du plateau au sud-est à des profondeurs similaires. Ces zones correspondent étroitement à celles des résultats de l'analyse de l'habitat non supervisée (figure 16).

Il n'y avait que deux groupes pour le groupe fonctionnel des benthivores de grande taille (figure 20B). Ces deux groupes semblent être déterminés par la profondeur de l'eau, le groupe d'espèces 1 étant constitué de zones de bancs peu profonds, et le groupe 2 (toutes les espèces) étant constitué d'habitats en bordure de plateau ou dans un chenal.

L'analyse des benthivores de taille moyenne a donné lieu au plus grand nombre de groupes (7) de tous les groupes d'espèces (figure 21B). Malgré cela, le groupe qui contient la ZPM du chenal Laurentien est similaire à d'autres groupes fonctionnels de poissons où le chenal Hermitage et les zones de bathymétrie similaire le long du versant sud-ouest des Grands Bancs sont similaires dans la structure de la communauté. Les groupes 1 à 3 de benthivores de taille moyenne sont également plus similaires que les groupes 4 à 7.

Le groupe fonctionnel des piscivores était quelque peu différent, la moitié nord de la ZPM présentant une structure de communauté différente de celle de la moitié sud (figure 22B). Il convient de noter que le groupe du sud (groupe des piscivores 2) présente une structure de communauté similaire à celle des mêmes zones dans le chenal Hermitage et le long du talus sud-ouest des Grands Bancs, comme la plupart des autres groupes fonctionnels de poissons.

Les groupes de planctonophages montrent un peu plus de différenciation sur le plateau, mais une fois de plus, la ZPM est similaire au talus sud-ouest du banc, les données recueillies dans le chenal Hermitage n'étant pas suffisantes pour ce groupe fonctionnel (figure 23B).

Les groupes fonctionnels des plancto-piscivores (figure 24B) et des benthivores de petite taille (figure 25B) présentent également des schémas similaires, la ZPM ayant une structure de communauté similaire au nord (chenal Hermitage) et au sud-est, le long de la bordure du plateau. Cependant, les benthivores de petite taille présentent quelques différences le long de la partie peu profonde du talus sud-ouest du Grand Banc par rapport aux piscivores plancto-piscivores.

Le suivi des tendances de la structure des communautés au fil du temps à l'aide de cette analyse par strate est un bon moyen d'intégrer les données de relevé au chalut par navire de recherche dans l'approche de surveillance, et il fournira un contexte utile pour comprendre si les changements potentiels des communautés dans la ZPM sont provoqués par des processus écosystémiques à plus grande échelle. Il est également possible d'utiliser cette méthodologie avec des valeurs de dissimilarité plus faibles ou à l'échelle de chaque strate pour déterminer des groupes plus précis ou des variations à l'intérieur d'un site. Une discussion plus

approfondie sur l'application de cette méthode sera nécessaire avant que l'on puisse l'utiliser dans le cadre de l'approche de surveillance scientifique.

Méthodes et stratégies de relevé

La présente section décrit les méthodes et stratégies de relevé proposées pour le programme de surveillance de la ZPM du chenal Laurentien. Le tableau 1 indique la partie de l'approche globale (surveillance de base et complémentaire ou recherche ciblée) à laquelle chaque relevé se rapporte. Dans certains cas, un seul relevé peut être utilisé pour plusieurs approches d'échantillonnage, conformément au tableau (p. ex. les profils CTP sont effectués dans le cadre du relevé du PMZA [surveillance complémentaire] et seront probablement utilisés dans la surveillance de base). La section est divisée en différentes catégories. Nous verrons d'abord les relevés des pennatules et autres relevés benthiques, puis les nouvelles techniques non invasives comme l'ADNe et la vidéo avec caméra sous-marine appâtée. Nous verrons ensuite d'autres relevés menés par le MPO, tels que les relevés aériens des mammifères marins, les relevés acoustiques, d'autres relevés par marquage, le relevé plurispécifique au chalut du MPO et les croisières océanographiques, ainsi que d'autres méthodes de collecte de données ou des relevés qui ne sont pas menés par la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, mais qui peuvent être utilisées pour les besoins de nos activités de surveillance.

Relevés des pennatules et autres relevés benthiques et de l'habitat

Des outils, des techniques et des méthodologies pour l'élaboration de relevés benthiques dans le cadre de la surveillance des coraux dans les eaux canadiennes ont été décrits de manière détaillée dans Neves *et al.* (2026) et les références qui y sont mentionnées dans le cadre d'un processus national du SCAS sur la surveillance des coraux et des éponges dans les AMCEZ canadiennes. Nous ne nous y attarderons pas davantage ici. Nous incluons plutôt, à partir de cette liste, certains relevés considérés comme adaptés à l'étude des pennatules et des habitats benthiques dans la ZPM du chenal Laurentien et les alentours, ce qui comprend l'imagerie du plancher océanique, les relevés acoustiques et les relevés des sédiments. La sélection des outils pour la réalisation de ces relevés est décrite ici afin de fournir des options une fois que la sélection des indicateurs a été entièrement évaluée et effectuée (c.-à-d. que la faisabilité de l'utilisation de certains indicateurs a été évaluée). Il convient de noter que les outils décrits pour le relevé des pennatules et les relevés benthiques et relevés des habitats peuvent également être utilisés pour les relevés de la biodiversité benthique générale.

Relevés d'imagerie du fond marin

Les images du fond marin peuvent être utilisées pour recueillir des données sur les paramètres et les indicateurs des pennatules tels que l'abondance numérique, la diversité et éventuellement la structure selon la taille (voir section Indicateurs). De nombreux systèmes de caméras modernes permettent une collecte de données peu invasive, comparativement au chalutage de fond, et constituent donc une méthode privilégiée pour la surveillance des habitats sensibles. Plusieurs outils d'imagerie des fonds marins sont disponibles (Neves *et al.*, 2026), mais pour un programme de surveillance à long terme, il sera important de prendre en compte les facteurs qui permettront un échantillonnage uniforme au moyen de ressources réalistes (par exemple, le budget, les ressources humaines, la disponibilité de l'équipement). Il a été démontré que les données d'imagerie du fond marin fournissent des données plus précises sur l'abondance des taxons benthiques que les données fournies par le chalutage de fond (Ayma *et al.* 2016; Chimienti *et al.* 2018; de Mendonça et Metaxas 2021).

Types de systèmes d'imagerie du fond marin en eaux profondes

Parmi les systèmes d'imagerie du fond marin les plus courants, mentionnons les caméras lestées, les caméras remorquées et les véhicules téléguidés (VTG). Les systèmes fixes tels que les caméras appâtées ne sont pas abordés ici, car ils ne sont pas idéaux pour les relevés des pennatules (voir la section Nouvelles techniques non invasives de surveillance des communautés écologiques).

Les systèmes à caméras lestées sont généralement des systèmes composés d'une ou de plusieurs caméras et de lumières montées sur un cadre, qui est arrimé (Smith et Rumohr 2013). Il existe de nombreux types différents de caméras lestées, certaines recueillant des images alors qu'elles sont suspendues au-dessus du plancher océanique, d'autres touchant le plancher océanique à plusieurs reprises par l'intermédiaire d'une ligne de relevé. Certains systèmes de caméras lestées permettent de visualiser le fond marin en temps réel, ce qui permet d'éviter les obstacles et de mieux contrôler le relevé, mais ce n'est pas le cas de nombreux systèmes, car cette fonctionnalité augmente leur complexité et les coûts associés.

Les systèmes de caméras remorquées sont conçus pour recueillir des images en continu tout au long d'un relevé (Smith et Rumohr 2013), car ils sont remorqués en contact avec le fond marin ou à une altitude relativement constante au-dessus du fond marin pendant la majeure partie de leur déploiement. Les caméras remorquées sont généralement conçues pour recueillir des images avec une vue en direct du fond marin, ce qui est crucial étant donné leur contact fréquent avec le fond marin. Certains systèmes peuvent combiner les caractéristiques d'un système de caméras lestées et de caméras remorquées, en fonction du type de relevé souhaité.

Les VTG sont les plus complexes de ces systèmes, car ils sont généralement de grande taille et leur déploiement et leur entretien requièrent une expertise plus spécialisée. Leur déploiement est généralement plus coûteux et nécessite des navires plus grands que la plupart des systèmes de caméras lestées ou remorquées. Toutefois, comme nous le décrivons dans les sous-sections suivantes, le choix du système à utiliser pour la collecte d'images du fond marin dans cette ZPM devra prendre en compte plusieurs facteurs, y compris l'équipement et la disponibilité du navire, la disponibilité du système, les objectifs et la conception du relevé, le budget pour l'acquisition, le déploiement et l'entretien, les ressources humaines et le budget pour le travail sur le terrain et l'analyse des données.

Imagerie du fond marin dans le chenal Laurentien

Au cours des dernières années, des images du fond marin ont été recueillies dans la ZPM du chenal Laurentien à l'aide de différents systèmes d'imagerie. En 2014, le MPO a confié à McGregor GeoScience Limited le mandat d'effectuer des relevés d'imagerie du fond marin à 40 endroits de la ZPM du chenal Laurentien. Les transects avaient une longueur de 200 à 500 m et ont permis de recueillir entre 40 et 60 images géoréférencées. Il s'agit d'un système de caméra lestée sur mesure qui permet d'observer le fond marin en temps réel. Des problèmes de qualité d'image ont été constatés, principalement en raison de la turbidité élevée causée par les sédiments dans la colonne d'eau (bien que des problèmes de mise au point aient également été constatés). Ces images ont été utilisées pour l'identification de paysages benthiques dans la ZPM (Lacharité *et al.* 2020). En 2015, les systèmes 4KCam et DEEPImager (Commission géologique du Canada) ont été utilisés lors d'une expédition codirigée par la région de Terre-Neuve-et-Labrador et la région des Maritimes du MPO, le système 4KCam produisant des images de bien meilleure qualité que celles du projet d'imagerie de 2014. Les données des images prises vers le bas recueillies à l'aide de la 4KCam ont été utilisées dans l'analyse de puissance des pennatules réalisée par Morris *et al.* (2024). En 2017, le VTG ROPOS a été utilisé pour recueillir des images à haute résolution à l'aide de caméras orientées

vers le bas et vers l'avant, dans le cadre d'une expédition conjointe entre le MPO et le Réseau stratégique pour des océans canadiens en santé (CHONe 2). En 2018, le système de caméra Campod de l'Institut océanographique de Bedford (IOB) a été utilisé pour recueillir des images haute résolution orientées vers le bas dans la zone, au moyen de photos périodiques et de vidéos en continu. Au total, 11 stations ont été couvertes cette année-là, et la longueur des transects variait entre 1 et 2 km, la plupart du temps en double ou triple à chaque station. Les transects du ROPOS et de Campod (emplacement, longueur) ont été planifiés et réalisés dans le cadre de projets d'étudiants de cycle supérieur de CHONe 2, et leurs relevés ont été conçus pour répondre à des questions de recherche précises et, par conséquent, ne sont peut-être pas optimaux pour la mise en œuvre d'un programme de surveillance à long terme.

La collecte de données d'imagerie du fond marin dans le cadre d'un plan de surveillance de la ZPM du chenal Laurentien doit tenir compte des éléments qui suivent.

Quel type de système choisir?

Le choix d'un système de caméra pour la surveillance de la ZPM du chenal Laurentien (et probablement d'autres aires de conservation dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador) dépendra en fin de compte du système le plus rentable (c.-à-d. la meilleure valeur monétaire et la capacité d'atteindre les objectifs de surveillance). Parmi les facteurs à prendre en compte, citons l'impact minimal sur l'habitat benthique, la profondeur (minimum de 600 m pour le chenal Laurentien uniquement), le type de fond (plat ou escarpé), les exigences en matière de précision de la position et l'échelle (p. ex. lasers).

De nombreux systèmes disponibles touchent le fond marin, mais laissent souvent une empreinte peu importante (p. ex. le périmètre du cadre du système). Le système de caméra lestée utilisé en 2015 (4KCam), par exemple, avait un poids de déclenchement qui touchait le fond marin, mais le système lui-même n'en avait pas. Le système Campod utilisé en 2018 est un système relativement avancé qui fournit des images en temps réel du fond marin pendant le relevé. Campod touche le fond marin à des intervalles précis. Un grand TVG tel que ROPOS ne touche pas le fond marin (sauf si les pilotes sont invités à le poser au fond, pour des raisons d'échantillonnage ou de sécurité, par exemple), car son câble d'attache est équipé de flotteurs. Le fait de toucher le fond marin dans une zone telle que le chenal Laurentien peut également représenter un inconvénient en raison du brassage et de la remise en suspension des sédiments que cela peut entraîner, ce qui nuit à la qualité de l'image (p. ex. l'imagerie de 2014). Toutefois, les images de 2015 et 2018 recueillies à l'aide de systèmes qui touchent partiellement le fond marin se sont révélées acceptables.

Une grande précision de positionnement est importante, en particulier si des stations fixes sont choisies. Le système de McGregor, 4KCam et Campod génèrent tous deux des photos géoréférencées. Il convient donc de s'efforcer d'acquérir et d'utiliser des systèmes qui peuvent compter sur des outils de navigation permettant une grande précision de la position. La précision de la position pour ROPOS a été estimée à ± 1 m, tandis que la précision pour Campod a été estimée à plus ou moins quelques dizaines de mètres (de Mendonça et Metaxas 2021).

Les pointeurs laser sont une autre exigence pour le système de caméra prévu pour la surveillance. Le système 4KCam ne disposait pas de pointeurs laser, et la taille des poids de déclenchement a été utilisée pour estimer le champ de vision de l'image. Cela s'accompagne évidemment d'une perte de précision et augmente le temps nécessaire au post-traitement de l'image. En outre, l'utilisation de caméras orientées vers l'avant devrait tenir compte de la mise à l'échelle, qui pourrait aller au-delà de la présence de pointeurs laser. Par exemple, il peut être nécessaire de connaître la hauteur de la caméra et l'angle d'incidence avec le fond marin pour calculer le champ de vision des caméras orientées vers l'avant ou en oblique (Long *et al.* 2020).

Bien que les TVG soient généralement l'outil privilégié pour réaliser des relevés benthiques dans les habitats sensibles, tous les TVG ne sont pas identiques, et l'accès à des TVG fiables et de haute qualité comme le ROPOS peut s'avérer trop difficile et coûteux pour envisager leur utilisation dans le cadre d'un programme de surveillance à long terme. Nous pensons que les TVG devraient continuer à être utilisés pour la recherche ciblée et même dans le cadre de la collecte de données de base supplémentaires, qui sont toujours nécessaires pour les pennatules dans la ZPM du chenal Laurentien. De plus, les TVG seraient toujours nécessaires pour le prélèvement de spécimens, ce qui ne peut pas être effectué avec les caméras lestées. En outre, de Mendonça et Metaxas (2021) ont montré que le système Campod était plus performant que le ROPOS pour rendre compte de l'abondance des pennatules et de la biodiversité épibenthique générale dans la ZPM du chenal Laurentien. C'est pourquoi les systèmes de caméras lestées semblent être l'outil le plus rentable pour les relevés de surveillance des fonds marins dans cette ZPM. Les particularités du système de caméra lestée à utiliser dépendent également de multiples facteurs, dont certains sont abordés ici.

Orientation vers le bas ou vers l'avant?

L'échelle d'un relevé par caméra est un paramètre crucial à prendre en compte. Par exemple, les images prises vers le bas ne fournissent *pas* les mêmes données que les images prises vers l'avant. Les images des caméras orientées vers le bas se concentrent généralement sur un champ beaucoup plus petit que les images orientées vers l'avant, mais le niveau de détail visible est plus élevé. Bien que certains systèmes de caméras permettent d'obtenir simultanément des images prises vers le bas et vers l'avant, il est peu probable, du point de vue de la surveillance, que les images provenant des deux caméras puissent être analysées en temps voulu à l'échelle actuelle des ZPM et des AMCEZ au Canada. Cependant, la différence d'échelle peut justifier la collecte des deux séries d'images, qui peuvent être analysées en fonction des besoins, en particulier lorsque nous effectuons des relevés préliminaires afin d'évaluer le type de système et les données qui en découlent qui pourraient convenir le mieux à cette ZPM. Les caméras orientées vers le bas pourraient être plus utiles pour détecter les pennatules juvéniles, par exemple, ce qui présente un intérêt dans cette ZPM. D'autre part, les caméras orientées vers l'avant permettent une meilleure estimation de la densité de la population, car elles offrent un champ de vision plus large et, dans certains cas, un meilleur angle pour l'identification.

Vidéos ou photos?

Certains systèmes de caméras prennent des vidéos, des photos ou les deux. La possibilité d'avoir accès à des vidéos en plus des photos permet de bénéficier des avantages des deux, car les vidéos permettent d'observer le comportement *in situ* et offrent différents angles de vue d'un même organisme. Par exemple, au cours du processus d'annotation d'images, les annotateurs consultent souvent des vidéos pour rechercher une meilleure mise au point ou une structure morphologique qui n'est pas visible sur une photo. La richesse de la mégafaune estimée à partir des transects de caméra remorquée dans la ZPM du Banc-des-Américains (gérée par la région du Québec du MPO) présentait des différences considérables entre les photos et les vidéos recueillies simultanément. Les photos présentaient généralement un plus grand nombre de taxons (c.-à-d. une plus grande richesse) que les vidéos, bien que les deux équipements aient capté des taxons uniquement observés dans les vidéos ou les photos. La plupart des taxons étaient plus diversifiés et plus fréquents dans les vidéos. Cependant, ce n'est pas le cas pour tous les taxons. Ainsi, les organismes plus petits comme les bivalves et les ophiurides étaient généralement mieux représentés sur les photos (G. Faille, MPO-Région du Québec, comm. pers.). Cela souligne l'importance d'énoncer clairement à l'avance les objectifs des relevés. Si l'objectif est d'examiner les tendances générales de la communauté, la vidéo peut être le meilleur choix, mais si l'objectif est d'étudier la petite faune ou les juvéniles,

les photos pourraient convenir davantage. La collecte de vidéos et de photos représente un avantage, c'est pourquoi il faut envisager d'avoir accès à un système qui recueille ces deux types d'images.

Quand prélever des échantillons et à quelle fréquence?

La saisonnalité des relevés d'imagerie du fond marin est généralement moins préoccupante lorsqu'il s'agit de planifier le prélèvement d'échantillons d'organismes sessiles ou sédentaires dont la durée de vie est relativement longue, comme les pennatules (qui peuvent vivre des décennies). Toutefois, afin de mieux exploiter les données à des fins multiples, un échantillonnage relativement uniforme sur le plan de la saisonnalité pourrait être la meilleure approche. En outre, comme nous le verrons plus loin dans le chapitre consacré aux relevés des sédiments, la saisonnalité joue un rôle dans l'évaluation de la diversité de l'endofaune benthique et pourrait jouer un rôle dans les profils et les tendances touchant une partie de l'épifaune et, par conséquent, la biodiversité en général. De même, les profils de biodiversité du phytoplancton et du zooplancton sont fortement influencés par la saisonnalité. Par conséquent, si l'on suppose que ces relevés seront effectués en même temps pour profiter du temps-navire, la saisonnalité devrait être prise en compte dans la conception et les plans de surveillance.

La fréquence de l'échantillonnage est une question plus complexe, car on ne sait pas combien de temps il faudra pour que des changements dans les profils des pennatules soient observés dans la ZPM du chenal Laurentien. Morris *et al.* (2024) ont pu examiner cette question pour les objectifs de conservation visant le poisson pris en compte dans leur étude, car des données historiques de relevés au chalut sont disponibles pour ces espèces. Bien qu'il existe des données d'imagerie du fond marin pour les pennatules dans la ZPM du chenal Laurentien, ces données ont une couverture temporelle limitée et n'ont pas été recueillies de manière uniforme d'une année à l'autre (p. ex. différents engins ont été utilisés). Étant donné que les pennatules sont des organismes à durée de vie relativement longue, nous ne nous attendons pas à pouvoir détecter dans les indicateurs qui les concernent des changements annuels découlant des mesures de protection (voir la section Indicateurs). Néanmoins, nous suggérons que les relevés d'imagerie du fond marin destinés à surveiller les pennatules et les autres communautés benthiques dans la ZPM aient lieu chaque année au cours des cinq prochaines années pour nous permettre de recueillir suffisamment de données pour évaluer la puissance (voir ci-dessous); cette fréquence pourra ensuite être réévaluée.

Nombre minimum d'échantillons

Une analyse de puissance des données sur l'abondance des pennatules provenant de l'imagerie du fond marin de la ZPM du chenal Laurentien a été réalisée par Morris *et al.* (2024). L'analyse a porté sur les données des photos du fond marin prises vers le bas pour 13 transects d'environ 1 km de long, ce qui représente un total de 30 à 60 photos par transect. Nous vous invitons à consulter le document de Morris *et al.* (2024) pour en savoir davantage. En résumé, ces auteurs ont déterminé que, sur la base de ces images du fond marin, pour détecter un déclin de 50 % de l'abondance des pennatules dans 80 % des cas, il faudrait au moins 40 transects d'imagerie avec 40 photos par transect. Ce résultat est examiné plus en détail dans la section Pennatules.

Protocoles

Des protocoles pour les relevés d'imagerie du fond marin devront être élaborés en fonction de l'équipement choisi et de la zone visée par le relevé. Des protocoles de terrain, incluant des facteurs tels que la vitesse de relevé, l'altitude (distance par rapport au fond marin) et l'enregistrement de l'information devront être élaborés. En ce qui concerne l'analyse de l'imagerie, un protocole détaillé d'annotation des images est en voie d'être achevé afin de

faciliter et de normaliser l'annotation de l'imagerie du fond marin (B. M. Neves, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, comm. pers.). En outre, un guide d'identification *in situ* de la faune benthique et démersale du chenal Laurentien a été récemment publié (Command *et al.* 2024). Étant donné que les systèmes de caméras sont la méthode privilégiée pour effectuer des relevés des pennatules dans la ZPM, le nombre d'images du fond marin à analyser dans les prochaines années devrait augmenter rapidement. Par exemple, l'étude de 30 transects avec 40 photos chacun produira 1 200 photos par expédition uniquement pour la ZPM du chenal Laurentien (c.-à-d. que l'imagerie du fond marin devrait également être utilisée pour les refuges marins). Par conséquent, nous recommandons la mise en œuvre de techniques susceptibles de réduire le temps de traitement des annotations d'images et de contribuer à la normalisation, telles que les méthodes faisant appel à l'intelligence artificielle (IA) (Piechaud *et al.* 2019; Durden *et al.* 2021). Le Secteur des sciences de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO a récemment signé un protocole d'entente avec le Conseil national de recherches Canada afin de développer, de mettre à l'essai et d'exécuter un modèle d'apprentissage profond capable de détecter et d'identifier les morpho-espèces de l'épifaune à partir d'images sous-marines. Ce modèle peut permettre un traitement normalisé des vidéothèques en une fraction du temps qu'il faudrait pour effectuer le même type de travail manuellement. Cependant, ce modèle n'en est qu'à ses premiers stades de développement, et il faudra une formation et un étalonnage considérables avant que ce modèle puisse être mis en œuvre dans le programme de surveillance dont il est question ici.

Résumé des relevés des pennatules et de l'habitat benthique

Les méthodes de surveillance décrites ci-dessus représentent un éventail de possibilités. Dans la pratique, nous devons d'abord mettre à l'essai et comparer différents équipements et outils (de Mendonça et Metaxas 2021) pour déterminer ceux qui sont les plus rentables, mais aussi ceux qui produisent les données dont nous avons besoin à des fins de surveillance. Par exemple, nous ne savons pas actuellement si les images orientées vers le bas ou vers l'avant donneront les meilleurs résultats, ni quelles échelles spatiales sont les plus pertinentes (c.-à-d. la zone du champ de vision, l'altitude, la distance entre les transects). L'analyse de données recueillies sans plan expérimental précis axé sur la surveillance n'est pas souhaitable. C'est pourquoi il est urgent de planifier des relevés sur le terrain visant à répondre à des questions sur la conception.

Le Secteur des sciences du MPO de la région de Terre-Neuve-et-Labrador a entamé un dialogue avec d'autres régions du MPO afin de déterminer si la région de Terre-Neuve-et-Labrador peut s'inspirer du matériel déjà utilisé avec succès dans d'autres régions. Par exemple, le système de caméra lestée utilisé par la région du Pacifique du MPO pour ses relevés benthiques (le Bathyal Ocean Observation and Televideo System [BOOTS]) a été utilisé avec succès dans des environnements sensibles de monts sous-marins en eaux profondes et devrait être pris en considération. De même, les systèmes Campod et 4KCam sont des outils prometteurs utilisés principalement par la région des Maritimes du MPO qui peuvent produire des images de haute qualité. Une comparaison des outils possibles et une analyse coûts-bénéfices doivent être effectuées avant l'acquisition d'équipements pour le programme de surveillance à long terme. Ces systèmes plus complexes ne sont pas disponibles dans le commerce, et il faut prévoir du temps pour leur fabrication, leur étalonnage et leur mise à l'essai. Le choix et l'acquisition de l'équipement doivent être axés sur l'optimisation des coûts. Il faut en outre envisager l'achat de composants qui peuvent être mis à jour et améliorés, afin que les relevés puissent être entrepris sans compromettre l'uniformité de la collecte des données. Enfin, compte tenu de la grande quantité de données d'imagerie recueillies, il sera essentiel pour assurer la réussite de ce programme de surveillance d'avoir un accès fiable et peu coûteux

au stockage en nuage et de mettre en place une structure efficace de gouvernance des données.

Relevés au sonar multifaisceaux/à balayage latéral

Les données recueillies par sonar multifaisceaux peuvent être utilisées dans le cadre d'un programme de surveillance benthique, mais dans le cas de la ZPM du chenal Laurentien, où le type de fond est dominé par un substrat mou, elles ne seront probablement pas utilisées dans le cadre de la surveillance de base. La collecte de données bathymétriques et de rétrodiffusion multifaisceaux à partir de navires dans le chenal Laurentien a commencé en 2010, dans le cadre de relevés d'évaluation de l'habitat effectués par un entrepreneur externe à la demande du MPO. En 2012 et 2013, des analyses de données de rétrodiffusion multifaisceaux ont été réalisées par le même entrepreneur, ce qui a mené à la production de plusieurs couches cartographiques, y compris la matrice de rétrodiffusion elle-même et les dérivés de la bathymétrie (p. ex. la pente). En 2012 et 2013, deux autres relevés par sondeur multifaisceaux et sondeur de sédiment ont eu lieu dans la ZPM; ces relevés ont permis d'étudier respectivement des superficies de 6 111 km² et de 2 531 km².

Bien que ces données aient été recueillies à l'aide de différentes plateformes et de différents sonars, elles ont pu être combinées et retraitées dans un fichier de données ligne par ligne multifaisceaux avec une résolution spatiale de 50 x 50 m (Lacharité *et al.* 2020). Ces données, combinées à l'imagerie du fond marin, ont servi à la création des paysages benthiques de la ZPM du chenal Laurentien, mais leur résolution n'est pas suffisamment élevée pour permettre de déterminer la présence et la répartition de pennatules individuelles ou même de zones de concentrations importantes de pennatules (p. ex. des champs de pennatules). Par conséquent, l'avantage de recueillir des données multifaisceaux supplémentaires dans la ZPM réside principalement dans la possibilité de recueillir des données à des résolutions plus élevées.

Des technologies plus récentes qui permettent de recueillir des données multifaisceaux et des données de sonar à balayage latéral à des résolutions de l'ordre du centimètre, notamment certaines applications de véhicules sous-marins autonomes (VSA) (Steele *et al.* 2019), pourraient élargir la gamme des paramètres pouvant être obtenus à partir des données multifaisceaux. Les données multifaisceaux et à balayage latéral à haute résolution devraient contribuer à la surveillance des pennatules et des habitats benthiques dans la ZPM du chenal Laurentien, par exemple

1. évaluer la possibilité de détecter les champs de pennatules à l'aide de données acoustiques, en combinaison avec des images vidéo du fond marin recueillies antérieurement;
2. si (1) est possible, surveiller l'évolution de la taille et de la répartition des champs de pennatules,
3. surveiller les changements dans leur habitat,
4. évaluer s'il existe des signes de violation de la fermeture (Huvenne *et al.* 2016).

Relevés des sédiments

Des échantillons de sédiments sont souvent prélevés dans le cadre des évaluations de la diversité benthique. Les organismes vivant à l'intérieur (endofaune) et à la surface des sédiments (épifaune) peuvent servir d'indicateurs de changements biologiques et ont été utilisés comme tels dans plusieurs contextes (voir Clarke *et al.* 2014a). En écologie benthique, les organismes sont souvent classés en fonction de leur taille (déterminée au moyen de leur rétention dans des tamis d'une taille en particulier), et les organismes benthiques sont généralement classés en macrofaune (>0,5 mm) ou en méiofaune (<0,5 à 0,042 mm)

(Eleftheriou et Moore 2005). Récemment, Miatta et Snelgrove (2022) ont montré que la composition des communautés et l'expression des caractéristiques biologiques de la macrofaune étaient différentes dans les champs de pennatules par rapport aux habitats de sédiments nus dans la ZPM du chenal Laurentien, bien qu'il soit trop tôt pour considérer la biodiversité benthique comme un indicateur direct de la dynamique des pennatules dans cette zone. Néanmoins, les évaluations de la macrofaune et de la méiofaune benthiques peuvent contribuer à notre compréhension de la dynamique benthique et des changements potentiels de la biodiversité dans la ZPM et pourraient être utiles dans le contexte des interactions entre les pennatules et les sédiments.

Des échantillons de sédiments ont été prélevés dans le chenal Laurentien au cours de plusieurs relevés réalisés ces dernières années (2014, 2015 et 2018). En 2014 et 2015, des échantillons de sédiments ont été prélevés par un entrepreneur à l'aide d'une benne van Veen double (deux zones standard du fond marin, de 0,1 m² chacune) à 36 stations dans le cadre des relevés initiaux de la ZPM (qui était un site d'intérêt à l'époque). En 2015, des échantillons ont également été prélevés dans le cadre d'une expédition avec la région des Maritimes du MPO (van Veen, 4K, DeepImager). En 2018, une grande benne van Veen (de Ressources naturelles Canada) a été utilisée pour recueillir des sédiments dans neuf stations. Les échantillons traités pour l'analyse de la structure de la communauté benthique (2014, 2015, 2018) ont été soumis pour analyse au centre de référence de l'Atlantique (CRA, Nouveau-Brunswick). Le CRA possède actuellement une collection de spécimens de macrofaune (et leurs photographies) provenant de la ZPM du chenal Laurentien.

Le prélèvement d'échantillons de sédiments dans le cadre d'un plan de surveillance dans la ZPM doit être effectué selon une conception minutieuse (Underwood et Chapman 2013), qui inclut les considérations suivantes :

Méthode d'échantillonnage : quel échantillonneur de sédiments utiliser?

La norme 16665 de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) (norme internationale sur les lignes directrices sur le prélèvement et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles) recommande l'utilisation de bennes benthiques (p. ex. benne van Veen) pour les relevés benthiques jusqu'à 750 m de profondeur. La norme ISO 5667-19:2004 (Lignes directrices pour l'échantillonnage des sédiments en milieu marin) est plus spécifique aux eaux profondes et aux environnements hauturiers et recommande des engins plus lourds, tels que les carottiers à boîte, dans ces environnements. Bien qu'une benne avec une surface d'échantillonnage de 0,1 m² soit suggérée pour les études de la faune benthique (ISO 16665), notre expérience nous montre qu'un seul modèle van Veen de 0,1 m² pourrait ne pas être suffisamment fiable pour le prélèvement d'échantillons en eaux profondes au large des côtes. Une double benne van Veen (deux fois 0,1 m², profondeur de pénétration maximale de 20 cm) a donné de bons résultats dans la ZPM du chenal Laurentien lors d'expéditions antérieures, et sa performance a été éprouvée à 2000 m de profondeur (p. ex. Benthic Solutions Limited); nous pensons donc que cet équipement pourrait être bien adapté à la ZPM du chenal Laurentien et à d'autres ZPM et refuges marins au Canada. Avec une double benne van Veen, les sédiments de l'une des bennes peuvent être utilisés pour évaluer la diversité de l'endofaune, tandis que l'autre benne peut être utilisée pour prélever des sédiments en vue d'une caractérisation physico-chimique. Une double benne van Veen peut peser 200 kg dans l'air, et son déploiement nécessite un navire équipé d'un cadre en A ou d'une grue d'une hauteur libre d'au moins 2 m (Mcgregor GeoScience). Holte et Buhl-Mortensen (2020) ont comparé les performances de deux bennes van Veen de tailles différentes (0,1 m² et 0,25 m²) et ont constaté que les bennes donnaient des résultats comparables en matière de composition de la faune, mais que la performance de la petite benne était souvent insatisfaisante (c.-à-d. que des échantillons étaient rejetés).

L'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) recommande l'utilisation d'un carottier à boîte pour ses relevés benthiques, qui se déroulent généralement en eaux très profondes et peuvent nécessiter un équipement plus lourd (ISA 2002). Un carottier à boîte USNEL peut échantillonner une surface de 0,25 m², avec une profondeur de pénétration atteignant 65 cm. Un carottier à boîte est également utile pour les relevés non biologiques, car il permet de prélever des sédiments non perturbés et de préserver la stratigraphie des sédiments. Un autre avantage de l'utilisation d'un carottier à boîte est qu'il a déjà été utilisé pour plusieurs études à différents endroits au Canada (NAFO 2013; Nephin *et al.* 2014; Roy *et al.* 2015).

Bien que l'uniformité de l'équipement soit importante, l'utilisation de maillages comparables lors du tamisage des sédiments pour la caractérisation biologique l'est encore plus. Par exemple, alors qu'un maillage de 0,5 mm est couramment utilisé pour la macrofaune, les organismes d'eau profonde sont généralement plus petits, et il peut être nécessaire d'utiliser un maillage différent (Eleftheriou et Moore 2005). Miatta et Snelgrove (2022) ont utilisé un maillage de 0,42 mm pour leur analyse macrofaunique de l'endofaune dans le chenal Laurentien, alors que les échantillons précédemment collectés à l'aide de la benne van Veen dans la ZPM ont été tamisés avec un maillage de 0,5 mm (Lacharité *et al.* 2020), qui est l'un des maillages recommandés par les normes ISO. Dans le cas d'une surveillance à long terme, la normalisation est essentielle, et le maillage choisi doit être utilisé de manière uniforme.

Bien que la macrofaune soit moins difficile à traiter, l'utilisation d'échantillons de méiofaune pourrait présenter un intérêt; Rogers et ses collaborateurs (2008) ont constaté que les échantillons de méiofaune avaient une plus grande puissance statistique que les échantillons de macrofaune dans leur zone d'étude (c.-à-d. que les échantillons de méiofaune permettent de diminuer considérablement la quantité d'échantillons nécessaires), ce que nous verrons plus en détail ci-dessous. L'utilisation de l'ADNe des sédiments pour évaluer à la fois la méiofaune et la macrofaune à partir d'un même échantillon devrait également être envisagée.

Protocoles

Les protocoles ISO (p. ex. 16665, 5667:19) décrivent les stratégies, les méthodes d'échantillonnage et les protocoles de traitement des échantillons, ainsi que les pratiques exemplaires pour la détermination et la quantification des taxons, ainsi que l'assurance et le contrôle de la qualité de l'échantillonnage des sédiments. Nous recommandons que tout protocole spécifique d'échantillonnage et de traitement des sédiments (c.-à-d. les procédures normales d'exploitation [PNE]) élaboré pour la surveillance de la ZPM soit conforme aux normes internationales telles que la norme ISO décrite ici. Les PNE peuvent également s'inspirer de PNE déjà utilisées, comme celle utilisée pour le prélèvement des échantillons de 2014-2015, qui a été mise à la disposition de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO. Eleftheriou (2013) et Noble-James (2018) sont également d'excellentes ressources à consulter lors de l'élaboration de ces protocoles régionaux.

Précision du positionnement

La plupart du temps, les échantillonneurs de sédiments ne sont pas déployés à l'aide d'un système de positionnement, mais ils peuvent être déployés au moyen d'un instrument acoustique pour fournir une position précise du fond marin. Cette méthode est utile pour l'échantillonnage à long terme, car elle permet d'obtenir une localisation plus précise et des informations sur la distance entre les échantillons et les répliqués.

Quand prélever des échantillons et à quelle fréquence?

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la saisonnalité doit également être prise en compte lors de la planification du prélèvement d'échantillons de sédiments dans la ZPM du

chenal Laurentien, car Miatta et Snelgrove (2022) ont montré que la saisonnalité influence les paramètres de diversité de la macrofaune dans la zone.

Comme pour les pennatules, les changements temporels à long terme dans les profils de diversité de l'endofaune n'ont pas été évalués dans la ZPM du chenal Laurentien. Cependant, les communautés benthiques endofauniques sont généralement composées d'organismes à courte durée de vie, et les communautés peuvent changer rapidement (p. ex. en quelques mois). S'il existe des possibilités d'échantillonnage des sédiments à des intervalles identiques ou plus courts que ceux demandés pour l'imagerie du fond marin (p. ex. dans le cadre de la recherche ciblée), il pourrait être avantageux d'établir une bonne base de référence et d'évaluer son utilité pour détecter les changements dans les profils saisonniers de biodiversité dans la ZPM.

Nombre minimum d'échantillons

Le nombre minimum d'échantillons nécessaires pour détecter un changement doit être évalué au moyen d'une analyse de puissance (p. ex. Morris *et al.* 2024). À défaut, les interprétations relatives à l'efficacité de la ZPM risquent d'être compromises. Rogers *et al.* (2008) ont effectué une analyse de puissance pour déterminer le nombre minimum d'échantillons de sédiments répétés requis pour détecter des tendances significatives dans plusieurs composantes écologiques (p. ex. les paramètres de la diversité benthique) dans 80 % des cas (puissance de 0,8). Ils ont constaté qu'un échantillonnage répété intensif serait nécessaire pour détecter les changements, qui varient d'un type de faune à l'autre (c.-à-d. méiofaune, macrofaune, mégafaune) et au sein d'un même type de faune (c.-à-d. paramètres d'abondance par rapport aux paramètres de diversité). Par exemple, leur analyse a indiqué que plus de 3 600 échantillons instantanés de sédiments par relevé seraient nécessaires pour détecter un changement significatif dans l'abondance de la macroendofaune, alors que ce nombre serait de 904 échantillons pour la méiofaune. Si, dans les deux cas, le nombre d'échantillons requis n'est pas réaliste, il convient de noter les grandes différences entre la macrofaune et la méiofaune. En outre, ces auteurs ont constaté qu'en examinant plutôt les indices de diversité (p. ex. l'indice de Pielou), le nombre d'échantillons requis pour les analyses de la macrofaune et de la méiofaune diminuait considérablement pour atteindre respectivement 10-131 et 3-20 en fonction du site.

L'étude de Rogers *et al.* (2008) met en évidence la nécessité d'évaluer sérieusement le nombre minimum d'échantillons requis dans un programme pour

1. évaluer la faisabilité et les coûts-bénéfices d'un tel programme d'échantillonnage et
2. pour guider la conception d'un échantillonnage adéquat, y compris le choix des indicateurs.

Il sera nécessaire de procéder à d'autres échantillonnages de sédiments dans la ZPM du chenal Laurentien, la question de l'analyse de puissance guidant la stratégie d'échantillonnage, afin qu'un programme d'échantillonnage de sédiments approprié puisse être planifié.

L'identification taxonomique et la quantification des échantillons d'endofaune (p. ex. abondance et biomasse) peuvent être coûteuses (des centaines de dollars par échantillon), et des budgets spéciaux devront être prévus à cette fin. L'utilisation potentielle de l'ADNe pour évaluer la diversité de l'endofaune n'a pas été évaluée pour la ZPM du chenal Laurentien, mais elle pourrait être étudiée en tant que méthode potentielle à utiliser à l'avenir.

Nouvelles techniques non invasives de surveillance des communautés écologiques

Des progrès technologiques ont fourni de nouveaux outils prometteurs pour la surveillance de la biodiversité marine. Comme les approches plus conventionnelles, les méthodes suivantes

offrent des caractéristiques attrayantes pour une utilisation dans les aires de conservation, malgré certaines limites.

Méthodes fondées sur l'ADN environnemental

Les méthodes fondées sur l'ADNe se divisent en deux grandes catégories : les méthodes qui ciblent des taxons précis (approches de réaction de polymérisation en chaîne quantitative [qPCR]) et celles qui échantillonnent un large éventail de la communauté (techniques de métacodage à barres). Les deux catégories reposent sur la collecte de fragments d'ADN qui ont été excrétés par des animaux dans l'environnement (p. ex. dans la colonne d'eau ou les sédiments). Les prélèvements d'ADNe peuvent se faire au moyen d'échantillons d'eau ou de sédiments, sont non létaux et relativement non intrusifs pour les habitats sensibles comparativement à de nombreuses autres méthodes comme le chalutage (Stoeckle *et al.* 2020; Valsecchi *et al.* 2021). Il est donc relativement facile de prélever ces échantillons en même temps que d'autres échantillons d'eau pour obtenir des données océanographiques physiques et biologiques (bouteilles Niskin, rosettes, etc.). En outre, la méthode peut être appliquée à différents types d'habitats, ce qui en fait une bonne option pour les comparaisons entre aires protégées. Les échantillons d'ADNe sont généralement filtrés et conservés sur le terrain, puis envoyés à un laboratoire pour analyse, où le matériel génétique ciblé est isolé et reproduit. Pour les méthodes qPCR, seul le matériel d'un taxon cible est conservé pour l'analyse, alors que les marqueurs de métacodage à barres conservent le matériel génétique de groupes taxonomiques plus larges. Le ciblage du matériel génétique est réalisé à l'aide de marqueurs, qui peuvent couvrir des groupes taxonomiques très larges ou être plus spécialisés pour certains taxons. Le matériel génétique obtenu est séquencé et, pour le métacodage à barres, attribué à des taxons connus en faisant correspondre les séquences à celles des bases de données génétiques. Bien que la méthode de qPCR soit limitée aux taxons individuels, elle présente l'avantage de se prêter davantage à l'estimation des indices d'abondance et de nécessiter des équipements de laboratoire plus accessibles (c.-à-d. généralement moins coûteux). Le métacodage à barres présente l'avantage de fournir des données simultanées sur une multitude de taxons et donc une image plus globale de la communauté faunique. Bien que des efforts soient faits pour incorporer des estimations d'abondance dans le métacodage à barres (p. ex. He *et al.* 2022), la plupart des praticiens limitent leurs analyses à la présence ou à l'absence. Comme de nombreuses méthodes, les résultats obtenus par les approches fondées sur l'ADNe dépendront de plusieurs facteurs, notamment de la sélection des marqueurs, mais aussi des techniques bioinformatiques, des protocoles de terrain, etc. Par conséquent, pour être fructueuse dans un cadre de surveillance, l'utilisation de ces approches devra être normalisée. L'approche est également limitée par le fait qu'aucun spécimen n'est recueilli et que, par conséquent, les informations supplémentaires qui pourraient être utiles pour l'interprétation (p. ex. le stade de vie, la croissance, la biomasse) devront être recueillies dans le cadre de la surveillance complémentaire. Enfin, les bases de données moléculaires telles que GenBank manquent encore d'informations sur les séquences de nombreuses espèces, ce qui, dans certains cas, peut limiter les correspondances de séquences à des niveaux taxonomiques élevés (p. ex. la famille, l'ordre). D'autre part, les données de séquence peuvent être réévaluées lorsque les bases de données s'améliorent et génèrent des informations taxonomiques plus précises. En fonction de la question posée, l'estimation des profils de biodiversité à des niveaux taxonomiques élevés (si des niveaux inférieurs ne sont pas disponibles) peut suffire, mais les informations biologiques seront plus limitées (p. ex. les traits fonctionnels). Néanmoins, ces approches sont très prometteuses, car elles peuvent être recueillies dans une gamme d'habitats, sur différentes plateformes de recherche, et peuvent fournir des informations sur un grand nombre de taxons ou sur des communautés entières. Dans le cadre du plan de surveillance, il faudrait envisager de mener des recherches sur l'utilité, le rapport coûts-

bénéfiques et l'élaboration de protocoles pour l'utilisation de l'ADNe afin d'évaluer les communautés biologiques dans la ZPM du chenal Laurentien.

Caméras appâtées

Des systèmes de caméras appâtées peuvent être utilisés pour surveiller les communautés biologiques dans la ZPM du chenal Laurentien. Comme pour l'ADNe, les caméras appâtées ont des effets minimaux sur les habitats et peuvent être déployées dans différents environnements (profondeurs, substrats, etc.). Des caméras fixes équipées de lumières sont immergées pendant un nombre variable d'heures, et on utilise ensuite les enregistrements vidéo pour observer les poissons et les invertébrés qui sont attirés par les appâts (p. ex. calmar). Des utilisations antérieures de cette méthode dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador montrent qu'une importante communauté de poissons (y compris des taxons visés par les objectifs de conservation de la ZPM du chenal Laurentien comme l'aiguillat noir, la raie à queue de velours et le loup à tête large) visite ces systèmes. Puisque cette méthode suppose d'utiliser des appâts, il peut y avoir une certaine surreprésentation des piscivores et des détritivores dans les espèces observées. Néanmoins, ces données sont utiles pour différencier les communautés de poissons (Sutton *et al.*, en préparation²) et ont le potentiel de détecter les changements dans les taxons désignés dans les objectifs de conservation dans la ZPM du chenal Laurentien. Les avancées technologiques permettent d'atténuer certaines limites des caméras à appât qui ont été observées auparavant. Par exemple, l'analyse des données vidéo prend du temps, même pour des échantillons de taille modeste, mais les nouvelles méthodes d'IA sont très prometteuses et pourraient permettre de mener des analyses fiables et normalisées (Morris *et al.* 2021). De même, les systèmes de caméras en eau profonde ont toujours été relativement coûteux, ce qui limite la taille des échantillons (et l'efficacité statistique qui en découle) associée à cette technique. Cependant, des conceptions récentes élaborées par la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO ont considérablement réduit les coûts, ce qui permet de déployer des caméras sur des flottes de casiers à crabes modifiés (Morris *et al.* 2021). Étant donné que les vidéos par caméras appâtées n'ont jamais été utilisées dans la ZPM du chenal Laurentien, la collecte de données de base sera essentielle pour évaluer leur utilité dans le cadre du programme de surveillance de base. Cette approche est prometteuse pour la surveillance écologique, surtout si elle est associée à des analyses automatisées des vidéos.

Profileur de vision sous-marine

Semblable aux caméras appâtées, le profileur de vision sous-marine utilise des systèmes d'imagerie avancés en combinaison avec l'apprentissage automatique pour prendre et classer des images de la faune. Contrairement aux caméras appâtées, le profileur de vision sous-marine cible le zooplancton et est abaissé dans la colonne d'eau en prenant des milliers de photos lorsque le plancton traverse ses capteurs. Les algorithmes d'apprentissage automatique identifient le plancton à l'aide de bases de données établies et fournissent des dénombrements de taxons spécifiques de divers planctons par profondeur dans toute la colonne d'eau. Contrairement aux filets conventionnels, le profileur de vision sous-marine peut recueillir des données sur l'ensemble de la colonne d'eau et déterminer d'importantes zones de productivité (Forest *et al.* 2012). Le profileur de vision sous-marine peut également être déployé sur une rosette océanographique et peut donc échantillonner les communautés de plancton pendant que des données sont recueillies pour d'autres objectifs du programme (ADNe, profils CTP, etc.). L'inconvénient du profileur de vision sous-marine par rapport aux filets conventionnels est que le niveau d'identification taxonomique est moins précis (p. ex. il permet d'identifier les

² Sutton, J., Côté, D., Fisher, J. A. D., et Priede, I. G. 2026. The Distribution of Atlantic Ocean Deep-Sea Demersal Fish Assemblages across Environmental Gradients. Deep-Sea Research. En préparation.

copépodes, mais pas l'espèce). Bien que le plancton ne soit pas explicitement désigné dans un objectif de conservation dans la ZPM du chenal Laurentien, son rôle important dans le réseau trophique fait que les informations sur ces taxons sont importantes dans l'interprétation des changements observés dans les taxons désignés dans les objectifs de conservation.

Relevés aériens

Les relevés aériens constituent une approche normalisée d'étude sur de vastes zones des espèces marines proches de la surface, telles que les tortues luths et les mysticètes en voie de disparition. Entre 2014 et 2021, le MPO a réalisé des transects aériens de faible altitude comprenant des lignes de vol qui traversent la ZPM du chenal Laurentien et les zones adjacentes (des exemples de transects survolés à l'intérieur et à proximité du site d'intérêt du chenal Laurentien en 2014 sont montrés dans la Figure 26; voir Lewis *et al.* 2016). Ces relevés se poursuivront dans un avenir prévisible, le Ministère continuant sa surveillance aérienne plurispécifique du Canada atlantique. L'avion DeHavilland Twin Otter 300 était équipé de quatre grands hublots d'observation bombés où étaient postés des observateurs formés du MPO; un cinquième membre de l'équipe faisant office d'enregistreur de données et de navigateur. Les observations et les données météorologiques étaient enregistrées à l'aide d'un logiciel de relevé spécialisé, puis analysées à l'aide de techniques d'échantillonnage à distance et de modélisation de l'habitat fondées sur un système d'information géographique (SIG). Toute la mégafaune marine proche de la surface a été enregistrée, y compris les mammifères marins, les oiseaux de mer, les grands requins, les tortues de mer, les poissons-lunes et les essaims de méduses.

Ces relevés étaient peu invasifs, car ils ne provoquaient aucune réaction ou très peu de réactions de la part des animaux à proximité du tracé, et couvraient la vaste zone de relevé dans un court laps de temps. Parmi les limites des relevés, mentionnons la faible couverture des transects par rapport à la taille de la zone d'étude et la vitesse de passage des avions, ce qui causait une sous-estimation de la présence des cétacés plongeant en profondeur.

Marquage acoustique et par satellite

La télémétrie acoustique est une méthode qui permet de suivre les déplacements et les comportements d'animaux dans les milieux aquatiques sans recapture. Plus simplement, la télémétrie est la mesure et la transmission automatiques de données. Cette recherche repose sur un système en deux parties : de petits émetteurs fixés à l'animal, qui émettent chacun un signal acoustique unique, et un réseau de récepteurs qui enregistrent l'heure et la date auxquelles l'animal marqué se trouve à l'intérieur de la portée. Des capteurs supplémentaires peuvent être ajoutés aux émetteurs pour enregistrer les données environnementales et biologiques, y compris, mais sans s'y limiter, la profondeur, la température ou les événements de prédation (Halfyard *et al.* 2017; Bangley *et al.* 2020). Bien qu'aucune étude par télémétrie ciblée ne soit prévue actuellement dans la ZPM du chenal Laurentien, nous décrivons ici quelques applications suggérées pour qu'elles puissent être envisagées à l'avenir. D'autres discussions plus approfondies sur les indicateurs précis à mesurer et leur valeur pour le programme de surveillance devront être tenues avant le lancement.

L'installation et l'entretien d'un réseau complet de récepteurs acoustiques se chevauchant pour l'ensemble des 11 908 km² de la ZPM du chenal Laurentien seraient trop coûteux. Pour réduire les coûts et les efforts d'entretien, Renshaw (2019) recommande un réseau de grilles non superposées, avec des récepteurs espacés de 20 km au maximum. Dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, les études télémétriques en cours du MPO sur la morue et les poissons plats sont effectuées au moyen de passerelles de réception ciblant des habitats clés au lieu d'un vaste quadrillage. Selon les objectifs précis d'un éventuel programme de télémétrie dans la ZPM du chenal Laurentien, l'une ou l'autre de ces approches, ou une combinaison de celles-ci,

pourrait être appropriée. La collaboration avec les programmes de télémétrie acoustique voisins (p. ex. région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, région des Maritimes du MPO, région du Golfe du MPO, Ocean Tracking Network) peut également réduire les coûts et permettre de mieux tirer parti des investissements dans le déploiement d'émetteurs acoustiques.

Les étiquettes reliées par satellite permettent de suivre les animaux aquatiques sans qu'il soit nécessaire de les recapturer ou de se fier à la portée de détection des récepteurs amarrés. Pour les animaux aquatiques qui remontent fréquemment à la surface, comme les tortues luths, le marquage par étiquette satellite peut permettre une surveillance en temps quasi réel des mouvements et des comportements de plongée et d'alimentation (Hoover *et al.* 2019). Outre la localisation, les capteurs de ces étiquettes peuvent indiquer la profondeur de nage, la vitesse, la profondeur, la salinité et la température de l'eau. Depuis un certain temps, des chercheurs du MPO posent de telles étiquettes sur des tortues luths dans les eaux des Maritimes (p. ex. James *et al.* 2005, 2007), et certaines de ces tortues marquées ont traversé la ZPM du chenal Laurentien. Il est également possible d'utiliser des étiquettes d'archivage détachables reliées à un satellite pour enregistrer la profondeur et la température pour les espèces qui ne passent pas de temps à la surface, comme les requins, en plus de la position à la date prévue à laquelle l'étiquette se détachera (Hussey *et al.* 2018; James *et al.* 2020).

Les ZPM conviennent très bien aux études acoustiques et de marquage par étiquette satellite de certaines espèces marines. Les déplacements au-delà des limites des ZPM, la résidence dans les aires de conservation ou le moment de la migration à travers ces zones sont autant de questions importantes qui sont bien servies par l'installation de récepteurs acoustiques et le déploiement d'émetteurs ou d'étiquettes satellites chez les principales espèces dont la conservation est préoccupante (Crossin *et al.* 2017). Par exemple, la télémétrie acoustique a été utilisée pour mesurer l'efficacité des ZPM pour la conservation des espèces de tortues et de requins aux Seychelles, ce qui a permis de recommander des ajustements de limites qui ont augmenté la protection des mouvements d'espèces de 34 % (Lea *et al.* 2016). Dans les cas où les espèces dont la conservation est préoccupante ont une grande fidélité au site, la télémétrie peut également être utilisée pour évaluer l'efficacité des ZPM en quantifiant la proportion de l'habitat important du domaine vital qui se trouve à l'intérieur de la zone protégée (Lippi *et al.* 2022).

Les objectifs de conservation de la ZPM du chenal Laurentien comprennent plusieurs espèces candidates à la surveillance par télémétrie (aiguillat noir, raie à queue de velours, maraîche et loup à tête large), ainsi que plusieurs autres espèces qui pourraient également tirer profit de la zone fermée (Renshaw 2019). Renshaw décrit les programmes de télémétrie potentiels pour la surveillance des élasmobranches dans la ZPM du chenal Laurentien. Un échantillonnage biologique supplémentaire (p. ex. poids, longueur, sexe, échantillonnage génétique) peut facilement être incorporé dans les efforts de marquage. Pour des espèces comme l'aiguillat noir et la maraîche, la surveillance de la reproduction, y compris les études échographiques, l'échantillonnage hormonal non létal ou les étiquettes satellites intra-utérines peuvent aider à déterminer l'état de la reproduction des individus marqués et permettre de recueillir des renseignements sur l'utilisation de la ZPM du chenal Laurentien pour l'accouplement ou l'habitat d'alevinage (Penfold et Wyffels 2019).

Récepteurs acoustiques passifs

Les instruments acoustiques passifs (p. ex. les hydrophones = microphones sous-marins) peuvent également être utilisés aux fins de la surveillance des avantages indirects pour la conservation de la biodiversité. Par exemple, Archer et ses collaborateurs (2018) ont constaté que les paysages sonores dans les récifs d'éponges siliceuses diffèrent de ceux des zones de sédiments meubles (sans récifs), et ils ont détecté des sons de poissons dans les zones de

récifs. En outre, Lin et ses collaborateurs (2019) ont suggéré que les paysages sonores pourraient être d'importants indices d'établissement des larves benthiques des grands fonds (c.-à-d. pour détecter leurs habitats). Par conséquent, l'utilisation de paysages sonores a été présentée comme un nouvel outil de conservation possible, particulièrement utile dans les habitats en eaux profondes (Lin *et al.* 2019).

Le MPO a déployé des enregistreurs acoustiques autonomes montés sur le fond, en plus de prendre des mesures sonores sous-marines dirigées pour répondre aux questions relatives aux paysages sonores sous-marins dans les zones situées au sud de Terre-Neuve. Les enregistreurs autonomes AURAL (Autonomous Underwater Recorder for Acoustic Listening ou enregistreurs acoustiques sous-marins autonomes), AMAR (Autonomous Multichannel Acoustic Recorder ou enregistreurs acoustiques multicanaux autonomes) et SoundTraps; Figure 27) peuvent être déployés sur le fond marin à des endroits aussi profonds que le centre de la ZPM du chenal Laurentien. Ces appareils enregistrent les sons à l'aide d'un seul hydrophone et les stockent sous forme numérique. Les enregistreurs sont retirés du fond après une période de quelques mois à un an, et les fichiers sonores enregistrés sont téléchargés. Les trois systèmes ont des taux d'échantillonnage différents, de sorte que les sons d'une fréquence de 256 kHz ou moins peuvent être enregistrés par les AMAR et les SoundTraps, tandis que les enregistreurs AURAL ont une capacité de fréquence plus basse de 16 kHz. Le MPO utilise un logiciel automatisé (système de détection et de classification des basses fréquences ou LFDCS pour Low Frequency Detection and Classification System) Baumgartner et Mussoline 2011); des acousticiens expérimentés effectuent ensuite une validation manuelle pour détecter et identifier une large gamme de sons ambiants naturels, de sons de cétacés et de sons anthropiques.

Cominelli *et al.* (2020) ont utilisé des données recueillies par des enregistreurs du MPO dans le détroit de Cabot et à proximité pour évaluer les caractéristiques d'amplitude et de fréquence du bruit de la navigation dans cette zone. De même, Lawson (comm. pers.) a mesuré et modélisé les caractéristiques sonores sous-marines (niveau de pression acoustique reçu à large bande exprimé en dB et amplitude sonore à certaines fréquences) à la limite nord de la ZPM du chenal Laurentien en 2009 lors d'un projet d'exploration sismique dans le chenal Laurentien. Ces données acoustiques et ces processus de modélisation permettent au MPO de détecter et d'identifier les mammifères marins qui émettent des vocalisations dans la ZPM du chenal Laurentien, d'évaluer la portée des sons anthropiques dans la zone d'étude et de tirer des conclusions quant aux impacts potentiels de ces expositions sonores sur la faune de la ZPM du chenal Laurentien.

Relevés au chalut par navire de recherche

Les relevés plurispécifiques au chalut par navire de recherche fournissent un échantillonnage indépendant de la pêche des espèces ciblées et non ciblées par les pêches commerciales. Dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, le MPO effectue un relevé de printemps au chalut par navire de recherche chaque année d'avril à juin depuis 1982. En 1995, le relevé est passé d'un chalut à panneaux Engel Hi-Lift à un chalut à crevettes Campelen (McCallum et Walsh 1997). Les caractéristiques (capturabilité) de ces deux types d'engins sont différentes, et il n'existe des facteurs de conversion que pour un petit groupe d'espèces ciblées par les pêches commerciales. Par conséquent, les données recueillies au moyen du chalut Engel ne peuvent pas être mises à l'échelle des captures comparables effectuées avec le chalut Campelen, ce qui signifie que les analyses communautaires et certaines analyses spécifiques aux espèces fondées sur les données des relevés au chalut par navire de recherche doivent être effectuées en utilisant les deux ensembles de données séparément. De plus, un autre changement intervient dans les relevés actuels au chalut par navire de recherche en raison de l'ajout récent de deux nouveaux navires à la flotte de la Garde côtière canadienne; une pêche comparative est en cours. Néanmoins, le plan est de poursuivre la série chronologique dans l'avenir

prévisible selon le plan à stratification aléatoire actuel. Bien que les prises de maraîche et de tortue luth soient rares lors de ces relevés, des données sont recueillies sur les autres espèces prioritaires désignées dans les objectifs de conservation, qui peuvent être utilisées pour évaluer les tendances en matière de biomasse, d'abondance et de répartition spatiale, ainsi que d'autres indicateurs biologiques spécifiques à l'espèce. Bien que le chalut ne soit pas recommandé dans le cadre de relevés spécifiques visant à surveiller les pennatules ou les espèces de poissons désignées dans les objectifs de conservation (Morris *et al.* 2024), les données issues de ces relevés peuvent néanmoins être utilisées pour améliorer nos connaissances générales sur la zone et sont incluses dans le cadre de la surveillance complémentaire. De plus amples détails sur les relevés au chalut par navire de recherche du MPO se trouvent dans Lewis *et al.* (2016).

Lien avec les pêches

Il existe divers programmes canadiens qui surveillent les prises ou les débarquements des pêches dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (p. ex. la vérification à quai, l'observation des pêches en mer, les journaux de bord et le Système de surveillance des navires) et qui recueillent des données sur certains des objectifs de conservation (protéger l'aiguillat noir, le loup à tête large et la raie à queue de velours contre la mortalité d'origine anthropique) pour ces espèces de poissons démersaux. Deux de ces programmes, la vérification à quai et les journaux de bord, sont moins utiles pour le programme de surveillance du chenal Laurentien. Dans le cadre du programme de vérification à quai, le loup à tête large, la raie à queue de velours et l'aiguillat noir sont presque toujours rejetés en mer parce qu'ils n'ont pas de valeur commerciale, et si elles sont débarquées, ces espèces sont regroupées à un niveau générique (loups de mer [poissons-chats], raies, chiens de mer), et la vérification à quai ne peut donc pas servir de source de données par espèce. La loi exige que tous les pêcheurs remplissent des journaux de bord de pêche en vertu de la [LEP](#) afin d'enregistrer la prise et l'état du loup à tête large. À ce jour, le taux de conformité des pêcheurs à l'obligation de retourner les journaux de bord en vertu de la [LEP](#) n'a pas été évalué; toutefois, les données sur d'autres exigences liées aux journaux de bord indiquent que les taux de retour sont habituellement très faibles et, par conséquent, inadéquats pour saisir les répercussions réelles de la pêche sur les espèces non ciblées (M. Simpson, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, comm. pers.).

Seuls les observateurs en mer canadiens fournissent des données précises sur les prises et les rejets de loups de mer, de raies et d'aiguillats dans les pêches commerciales canadiennes. En outre, les observateurs en mer mesurent également la longueur et le poids et vérifient le sexe des individus des espèces cibles et des prises accessoires et prélèvent des échantillons normalisés non létaux (p. ex. entaille de nageoire pour l'ADN) et létaux (otolithes pour la détermination de l'âge; contenu stomacal) pour des analyses scientifiques ultérieures. En outre, ils recueillent trait par trait des données et des échantillons d'espèces marines capturées à des endroits, à des profondeurs d'eau et à des périodes de l'année qui n'ont jamais fait l'objet d'une pêche dans le cadre des relevés au chalut par navire de recherche du MPO. Malheureusement, ces dernières années, le programme d'observateurs en mer du Canada a très peu couvert la majorité des pêches (p. ex. moins d'un pour cent dans de nombreux cas, ce qui est tout à fait insuffisant pour estimer les répercussions négatives réelles de la pêche commerciale sur les prises accessoires et les espèces en péril).

Même avec les mises en garde mentionnées précédemment, les objectifs de conservation ciblant le loup à tête large, la raie à queue de velours et l'aiguillat noir sont de réduire les prises accessoires dans les pêches commerciales (c.-à-d. la mortalité d'origine anthropique dans la ZPM du chenal Laurentien), de sorte que les observateurs canadiens en mer (prises et rejets par espèce) et le Système de surveillance des navires (navires signalant leur position géographique, leur vitesse, leur trajectoire et leur activité toutes les heures) seront utiles pour

surveiller si la pêche commerciale a lieu dans la ZPM du chenal Laurentien. Étant donné que le règlement sur cette ZPM interdit toute pêche commerciale et récréative dans toutes les eaux à l'intérieur de ses limites, ces outils de surveillance des pêches peuvent aider la Direction de la conservation et de la protection à faire respecter ces interdictions dans la zone spatiale précise de cette vaste ZPM.

Données océanographiques

Le Programme de monitoring de la zone Atlantique (PMZA) recueille des données océanographiques physiques et biogéochimiques dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador le long des sections océanographiques traversant le plateau. Deux de ces sections sont situées au nord-est de la ZPM du chenal Laurentien – le sud-est du banc de Saint-Pierre (SEBSP) et le sud-ouest du banc de Saint-Pierre (SOBSP) – et sont échantillonnées au printemps (avril et mai) et à l'automne (novembre et décembre). Bien que la plupart des stations le long de ces deux sections se trouvent à l'extérieur de la ZPM du chenal Laurentien, les deux stations les plus au sud du sud-ouest du banc de Saint-Pierre sont à l'intérieur des limites de la ZPM. À chaque station, un appareil de mesure de CTD monté sur rosette et équipé de capteurs supplémentaires (pH, O₂, rayonnement photosynthétiquement actif, fluorimètres pour la *chlorophylle-a* et la matière organique dissoute colorée, transmissomètre) est utilisé pour établir le profil de l'ensemble de la colonne d'eau. Les échantillons d'eau prélevés à l'aide de bouteilles Niskin à des profondeurs sélectionnées lors des utilisations de profils CTD sont utilisés pour quantifier la distribution des nutriments (nitrate, ammoniac, silicate, phosphate), de la chlorophylle-a, du carbone organique particulaire et de l'azote organique en particules, ainsi que des carbonates dans la colonne d'eau. En outre, des traits de filet à plancton verticaux sont effectués pour caractériser la communauté de mésozooplancton (abondance, biomasse, diversité). Les différents protocoles d'échantillonnage utilisés par le PMZA sont décrits dans Mitchell *et al.* (2002) et les observations physiques et biogéochimiques les plus récentes sont présentées respectivement dans Cyr *et al.* (2022) et Maillat *et al.* (2022). Les bases de données océanographiques du PMZA sur la région de la ZPM du chenal Laurentien remontent à l'automne 2008. Des procédures similaires peuvent être appliquées pour compléter les bases de données du PMZA en élargissant la couverture spatiale et temporelle de la collecte de données océanographiques dans la ZPM du chenal Laurentien.

En 2022, le MPO recueille également depuis 2015 des renseignements physiques près du fond (courant, température et salinité) à l'aide de deux mouillages déployés dans la ZPM. Le mouillage LC-AOI-01 est situé à (45,70° N, 57,25° O) et le mouillage LC-AOI-02 est situé à (45,51° N, 56,67° O) (Figure 14). Le PMZA assure l'entretien de ces mouillages chaque année et ils peuvent être complétés par plus d'instruments pour mieux caractériser les sites et pour fournir davantage de données au programme de surveillance de la ZPM (ajout de capteurs acoustiques passifs ou actifs, de pièges à sédiments, de capteurs d'oxygène, etc.). Il est prévu d'augmenter cet échantillonnage à l'avenir.

Autres collectes de données et relevés non menés par la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO

Relevé commercial des grands requins pélagiques à la palangre (région des Maritimes du MPO)

En 2007, le MPO, en collaboration avec des pêcheurs canadiens, a mené un relevé indépendant de la pêche de la maraîche dans le Canada atlantique, qui a englobé la ZPM du chenal Laurentien (Campana *et al.* 2015). Ce relevé a été établi comme base de référence pour la surveillance de la santé et de l'abondance de la population de maraîches dans le Canada atlantique. Un deuxième relevé a eu lieu en 2009, et une autre a été mené en 2017 en utilisant le même modèle de relevé (pour permettre des comparaisons d'une année sur l'autre). Les

plans concernant la suite de ce relevé ne sont pas connus, cependant, on ne s'attend pas à court terme à des changements de statut des espèces de grands migrateurs comme la maraîche, et ce relevé peut donc fournir des informations précieuses sur l'espèce.

Observations (opportunistes)

La Section des mammifères marins de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO tient à jour une base de données sur les détections de mégafaune marine recueillies par divers moyens, y compris des relevés par avion et par navire, une surveillance acoustique et la communication d'observations opportunistes. Dans ce dernier cas, des centaines de signalements d'observations de tortues luths ont été transmis au MPO par courrier, par courriel et par les médias sociaux. Bien que ces données soient généralement limitées concernant les métadonnées qu'elles contiennent (comme l'effort d'observation), elles peuvent être utiles pour la répartition fondée sur la présence seulement et la cartographie de l'habitat, comme le modèle MaxEnt, après une étude minutieuse de la source des données pour s'assurer de l'absence d'erreur ou de biais d'observation et de l'existence d'images de confirmation.

Relevé des sébastes

Le Conseil du poisson de fond de l'Atlantique (anciennement le Groundfish Enterprise Allocation Council; GEAC) réalise depuis 2000 des relevés aléatoires stratifiés bisannuels du sébaste au chalut dans les zones hauturières des divisions 3P et 4V de l'OPANO. Ce relevé est mené par l'industrie, mais relève d'une entente de collaboration avec le MPO. Les traits sont réalisés à l'aide d'un chalut Campelen pendant 15 minutes, selon le même protocole que les relevés au chalut par navire de recherche du MPO (Kulka et Atkinson 2016). L'une des différences entre ces relevés est que les chaluts utilisés dans le cadre des relevés du sébaste ne comportent pas de cul de chalut, ce qui a des répercussions sur la capturabilité des pennatules, qui est déjà faible pour ce type de chalut (Kenchington *et al.* 2011). Cela ne signifie pas que l'impact sur l'habitat des pennatules est moindre, mais plutôt que les prises accessoires sont moins nombreuses.

Les traits de chalut sont effectués dans la ZPM du chenal Laurentien, sous réserve de l'approbation du plan d'activité. En 2020, 23 traits ont été approuvés dans le cadre du plan d'activité et ont été réalisés entre le 15 août et le 15 septembre. Au total, 28 traits de chalut dans les huit strates qui chevauchent la ZPM ont été proposés pour le relevé de 2022. Les données sur les prises ainsi que certains échantillons de prises accessoires de coraux recueillis au cours de ces relevés ont été fournis au Secteur des sciences du MPO de la région de Terre-Neuve-et-Labrador par le Conseil du poisson de fond de l'Atlantique. Parallèlement aux traits de chalut, ce relevé vise également à concevoir un indice acoustique du sébaste qui permettrait de valider et d'affiner l'indice du relevé sur les chaluts. Les données acoustiques sont recueillies au moyen d'un transducteur monté sur la coque pendant les traits de chalut et lors des déplacements entre les sites, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des limites de la ZPM.

Relevé du flétan à la palangre

Le relevé du flétan atlantique à la palangre est un effort de collaboration entre l'industrie et le MPO établi en 1998 pour fournir un indice d'abondance pour l'évaluation du flétan atlantique dans les divisions 3NOPS4VWX5Zc de l'OPANO. En 2017, des stations aléatoires stratifiées ont été incorporées dans cette étude, ce qui a permis d'étendre la profondeur et la distribution spatiale de la conception originale des stations fixes (Cox *et al.* 2019; MPO 2021b). Ces dernières années, de quatre à six traits ont été réalisés chaque année dans les limites de la ZPM du chenal Laurentien, y compris des stations fixes et de nouvelles missions stratifiées de manière aléatoire. Tout comme les relevés du sébaste au chalut, les traits de relevé au chalut du flétan se déroulent également à l'intérieur de la ZPM et sont également assujettis à

l'approbation du plan d'activité. Les pennatules n'ont pas été signalées parmi les prises accessoires à la palangre résultant de ce relevé dans la ZPM du chenal Laurentien (MPO, données non publiées).

Relevé hivernal du poisson de fond

Le relevé hivernal du poisson de fond est un nouveau programme réalisé par la région du Golfe du MPO, fondé sur un plan d'échantillonnage aléatoire et utilisant un chalut de relevé Campelen 1800. Ce relevé est prévu pour une durée de trois ans à compter de 2022, avec un échantillonnage annuel entre le 1^{er} février et le 31 mars. Au total, cinq traits de chalut ont été attribués dans la ZPM du chenal Laurentien en 2022. L'objectif est de recueillir des informations sur la répartition et le chevauchement de plusieurs espèces de poissons de fond dans le chenal Laurentien et de contribuer à une meilleure compréhension des impacts potentiels de l'expansion de la pêche au sébaste sur d'autres espèces en raison des prises accessoires.

L'utilité de ces relevés du poisson de fond dans le cadre du programme de surveillance reste à déterminer, mais ils sont décrits ici comme un outil à conserver pour un examen ultérieur, car ils chevauchent la ZPM du chenal Laurentien et peuvent fournir un contexte supplémentaire pour les changements dans l'ensemble de l'écosystème.

Imagerie satellite

Les observations par satellite peuvent être utilisées pour surveiller la température à la surface de la mer passée et présente et la concentration de chlorophylle-*a* en surface dans la ZPM du chenal Laurentien. Les données sur la chlorophylle-*a* en surface remontent à 1997. Le groupe de télédétection opérationnelle de l'Institut océanographique de Bedford (IOB) a mis au point des interfaces conviviales, notamment l'application *PhytoFit* (Clay *et al.* 2021), qui permettent d'extraire des données brutes, des produits de données tels que des cartes de la température à la surface de la mer, de la chlorophylle-*a* et des anomalies, ainsi que d'autres informations utiles sur la phénologie des proliférations printanières et automnales de phytoplancton (p. ex. le moment, la durée et l'intensité de la prolifération).

En raison de la haute résolution temporelle des données satellites (p. ex. leur fréquence peut atteindre une fréquence quotidienne), ces informations peuvent être utilisées pour surveiller les changements saisonniers et interannuels dans l'environnement physique (p. ex. la température) et biogéochimique (p. ex. le phytoplancton) de la région. Des liens peuvent également être établis entre la présence ou le développement de certaines espèces (p. ex. les données sur la température à la surface de la mer sont utilisées dans l'élaboration de modèles d'adéquation de l'habitat pour les tortues luths) ou pour surveiller les menaces pesant sur l'écosystème (p. ex. les vagues de chaleur marine ou les proliférations d'algues nuisibles).

Collaborations externes

Les collaborations externes avec des institutions telles que l'Université Memorial de Terre-Neuve, par l'intermédiaire de son Fisheries and Marine Institute, seront une autre source précieuse de données pour la surveillance. Au début de 2022, le MPO et le Fisheries and Marine Institute ont signé un accord de contribution dans le cadre du Programme de contribution à la gestion des océans. Le projet fera progresser les méthodes collaboratives de surveillance des aires marines de conservation dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador au cours des quatre prochaines années (2022 à 2026). La nature collaborative de l'accord permettra d'établir de nouveaux partenariats de recherche entre le MPO et le milieu universitaire et d'accroître la capacité de surveiller non seulement la ZPM du chenal Laurentien, mais aussi les autres refuges marins dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Il sera important, à l'avenir, de normaliser certains protocoles de collecte de données entre les

groupes afin de maintenir un niveau raisonnable d'assurance de la qualité des données (MPO 2015).

Indicateurs

Il est souvent difficile de mesurer l'effet des décisions de gestion des ZPM et on utilise des indicateurs pour déceler plus facilement le changement et les répercussions sur l'écosystème (Pomeroy *et al.* 2005). Il est crucial de choisir des indicateurs appropriés, qui peuvent être qualitatifs ou quantitatifs, en fonction des objectifs de la ZPM (Pelletier *et al.* 2005). Dans le cadre de l'identification des indicateurs, des protocoles et des stratégies de surveillance pour la ZPM du chenal Laurentien (Lewis *et al.* 2016), plusieurs indicateurs potentiels ont été identifiés pour chaque objectif de conservation ainsi que des indicateurs indirects et d'autres indicateurs de caractérisation de l'écosystème et de l'habitat. Pour que notre approche reste pratique et réalisable dans les années à venir, nous avons sélectionné un sous-ensemble de ces indicateurs en suivant plusieurs étapes décrites dans MPO (2013). Ces étapes sont les suivantes :

1. Définir les objectifs de conservation opérationnels.
2. Déterminer des indicateurs appropriés.
3. Définir les critères de sélection.
4. Évaluer les indicateurs.
5. Évaluer s'il y a redondance.
6. Convenir d'un ensemble définitif d'indicateurs.
7. Estimer les niveaux de référence limites et les niveaux cibles.

Plusieurs réunions bilatérales ont eu lieu avec des membres du groupe de travail sur la surveillance et d'autres experts en la matière afin de passer en revue la liste des indicateurs potentiels et de déterminer ceux qui conviennent. Huit critères de sélection pour l'étape 3 ci-dessus ont contribué à orienter la discussion : fondement théorique, mesure, données historiques, sensibilité, réactivité, spécificité, sensibilisation du public et rentabilité. De plus amples détails sur ces critères se trouvent dans MPO (2013). Chaque indicateur a été évalué en fonction de la façon dont il serait utilisé dans le contexte de la surveillance et la liste définitive des indicateurs a été approuvée par tous les membres du groupe de travail sur la surveillance de Terre-Neuve-et-Labrador. L'étape 7 n'a pas été prise en compte dans ce processus, car elle ne faisait pas partie de la portée de la demande; toutefois, l'élaboration de seuils pour chaque indicateur devrait être une priorité à l'avenir. Outre les indicateurs propres aux objectifs de conservation et le but global de préserver la biodiversité, des indicateurs pour l'océanographie physique et biologique ont été inclus afin de fournir un contexte pour des changements à plus grande échelle dans l'environnement. Au total, 29 indicateurs (Tableau 6) ainsi que les méthodes et stratégies d'enquête correspondantes (Tableau 7) ont été identifiés; ces indicateurs seront décrits dans les sections suivantes.

Biodiversité

Les évaluations de la biodiversité peuvent être menées à l'aide de données provenant de plusieurs méthodes d'échantillonnage, qui ciblent toutes certains taxons en raison des biais qui y sont associés. Les méthodes émergentes (p. ex. ADNe et caméras appâtées), tout comme les relevés conventionnels (p. ex. relevés par navire de recherche et avec caméras lestées), saisissent un large éventail de taxons. Chacun et chacune peut fournir des données sur les espèces prioritaires mentionnées dans les objectifs de conservation ou les communautés dont

elles font partie et dont elles dépendent. Les indicateurs courants de la biodiversité sont la richesse en taxons et la régularité des taxons, des valeurs plus élevées représentant un système abritant une plus grande biodiversité. Mais des mesures plus sophistiquées qui intègrent la fonction et la diversité taxonomique pourraient également être explorées avec ces données (voir aussi la section *Endofaune et épifaune autre que les pennatules* ci-dessous). D'autres approches comprennent la complexité du réseau trophique, qui peut être estimée à l'aide des caractéristiques des taxons des espèces des listes créées. Au-delà des relevés de recherche au chalut par navire de recherche, il existe peu d'ensembles de données permettant d'évaluer la biodiversité dans la ZPM du chenal Laurentien, de sorte que les ensembles de données utilisés dépendront de la rentabilité déterminée à partir des essais sur le terrain.

Endofaune et épifaune autre que les pennatules

Bien que la protection de l'endofaune benthique et de l'épifaune autre que les pennatules ne soit pas spécifiquement répertoriée comme l'un des objectifs de conservation de cette ZPM, d'autres organismes épifauniques et endofauniques sont également vulnérables au chalutage de fond et devraient être considérés comme faisant partie des approches de surveillance utilisées dans ce programme (De Juan *et al.* 2007).

Les évaluations des profils des communautés benthiques et de la diversité des espèces ont souvent porté sur l'analyse de paramètres courants tels que les indices de la richesse, de l'abondance numérique, de la biomasse et de la diversité (p. ex. Shannon-Wiener) (Clarke *et al.* 2014a). Cependant, plus récemment, les études qui prennent une mesure supplémentaire pour intégrer l'information biologique (p. ex. les caractéristiques biologiques liées au cycle vital ou aux rôles fonctionnels) sont devenues plus courantes (Tillin *et al.* 2006; Parzanini *et al.* 2018; Lins *et al.* 2021), et il est suggéré de les prendre en considération dans le cadre de la conception et de la planification des aires de conservation (Miatta *et al.* 2021). La diversité fonctionnelle est considérée comme un indicateur de la perturbation provoquée par le chalutage de fond (Tillin *et al.* 2006; De Juan *et al.* 2007), qui est la principale menace associée aux objectifs de conservation du chenal Laurentien.

La diversité fonctionnelle fournit davantage d'informations que la seule diversité des espèces, car elle permet d'intégrer dans les analyses les différents rôles et fonctions écosystémiques joués par les organismes vivants (p. ex. filtreur ou prédateur), ainsi que certaines de leurs sensibilités (p. ex. la durée de vie). Une grande diversité de traits biologiques est généralement associée à une plus grande diversité d'espèces et à une plus grande résistance aux perturbations (Danovaro *et al.* 2008), et les données de ce type peuvent être très instructives lorsqu'il s'agit de détecter et de comprendre les changements. La diversité fonctionnelle de la macrofaune sédimentaire dans le chenal Laurentien a été récemment évaluée (Miatta et Snelgrove 2022) et fournit des informations de base qui pourraient être utilisées dans le cadre du plan de surveillance de cette ZPM. Par exemple, ces auteurs ont compilé une base de données de six traits fonctionnels pour les taxons de macrofaune trouvés dans la ZPM, qui peut être ajustée au fil du temps pour évaluer les changements potentiels dans la structure de ces communautés benthiques d'un point de vue fonctionnel. Bien que la compilation des traits fonctionnels puisse prendre du temps, il existe de nombreuses bases de données disponibles en ligne qui peuvent être utilisées pour faciliter ce travail, et les traits des espèces publiés dans Miatta et Snelgrove (2022) sont déjà accessibles au public.

Comme nous l'avons indiqué précédemment, il reste à déterminer quelles variables pourraient être utiles pour détecter les changements. La biomasse, les traits fonctionnels et les marqueurs trophiques ont été suggérés pour la surveillance des zones soumises à l'impact de l'exploitation des nodules polymétalliques (Lins *et al.* 2021) par exemple, mais notre liste préliminaire de paramètres pour l'endofaune et l'épifaune autre que les pennatules comprend actuellement

l'abondance numérique, la biomasse et les traits fonctionnels. Les variables dérivées telles que les indices de diversité devraient également être incluses dans ces évaluations.

Paysage sonore

La plupart des paysages sonores naturels sont uniques et diffèrent en fonction de différents facteurs environnementaux (biote, profondeur, type de substrat, couverture de glace, etc.). Ils sont une partie importante de l'habitat de nombreux animaux marins qui utilisent le son pour comprendre leur environnement et communiquer. Cependant, les changements climatiques et d'autres activités anthropiques peuvent modifier la fonctionnalité des aires marines protégées, y compris leur paysage sonore. Le bruit anthropique est un polluant connu pour avoir des effets négatifs sur certains animaux marins, en particulier les mammifères marins, bien que l'on comprenne mal l'impact écologique du bruit sur la grande majorité des autres formes de vie marine. Les grandes ZPM où l'activité de navigation est limitée, comme la ZPM du chenal Laurentien, pourraient réduire les effets potentiels du bruit sur la vie marine; cependant, les caractéristiques de propagation du bruit à basse fréquence sont telles qu'il peut parcourir des distances exceptionnellement longues et, de ce fait, même les plus grandes ZPM ne sont pas exemptes de sons anthropiques. Par conséquent, il est utile pour les gestionnaires des ressources marines d'avoir une méthode pour détecter les signes de problèmes majeurs; la surveillance quantitative des paysages sonores marins d'une zone en cours de protection fournit un indicateur direct du bruit anthropique, indépendamment de notre compréhension de ses impacts écologiques sur les animaux dans une zone donnée.

La surveillance du paysage sonore peut guider les scientifiques et les décisions de gestion concernant les effets potentiels d'un tel bruit dans les ZPM (p. ex. Weiss *et al.* 2021; McKenna *et al.* 2021). Plusieurs paramètres acoustiques courants sont utilisés pour quantifier le son sous-marin, notamment la valeur quadratique moyenne du niveau de pression acoustique (exprimée en décibels [dB] re 1 μ Pa), le niveau de densité spectrale de puissance (exprimé en dB re 1 μ Pa²/Hz), les niveaux d'exposition sonore quotidienne, couramment utilisés comme substitut de l'énergie reçue, et le niveau sonore continu équivalent quotidien qui équivaut à la valeur quadratique moyenne du niveau de pression acoustique calculée sur une période de calcul de moyenne de 24 h. Idéalement, de multiples mesures de l'environnement acoustique de la ZPM seraient intégrées dans un paysage sonore afin de fournir une description supérieure de l'environnement acoustique composite. En effet, la caractérisation d'un paysage sonore marin au moyen d'une seule mesure du niveau sonore donne une description incomplète, réduit notre compréhension des caractéristiques acoustiques distinctives et peut nuire aux comparaisons avec les zones adjacentes ou d'autres ZPM.

De nombreux types de capteurs acoustiques peuvent être utilisés pour recueillir des informations sur le paysage sonore (voir la section Récepteurs acoustiques passifs), et l'analyse des grandes quantités de données acoustiques qu'ils recueillent, à l'aide d'approches informatiques fondées sur l'IA basées, est un domaine de recherche en plein essor (p. ex. Liu *et al.* 2020).

Pennatules

Des exemples d'indicateurs potentiels pour la surveillance des coraux des eaux froides dans des AMCEZ canadiennes ont été énumérés et décrits dans le cadre d'un processus du SCAS en 2020 (MPO 2021a). Dans ce processus, les indicateurs ont été classés en indicateurs d'état (écosystème et environnement) et de pression (agent de stress) (OSPAR 2012). Les indicateurs ont été décrits et évalués en fonction des étapes énumérées ci-dessus par le MPO (2013), mais seules les étapes 1 à 4 ont été évaluées dans ce processus du SCAS. La liste définitive comprenait 15 indicateurs d'état appropriés, ainsi que des indicateurs d'avantages indirects et des indicateurs de stress. La liste des indicateurs a été établie à partir de

publications antérieures portant sur les coraux au Canada, notamment Lewis *et al.* (2016). Quatre de ces indicateurs d'état étaient liés à des coraux formant des récifs (p. ex. *Lophelia pertusa* = *Desmophyllum pertusum*), qui ne se trouvent pas dans la ZPM du chenal Laurentien. Les 11 autres indicateurs d'état étaient les suivants :

- Abondance numérique
- Biomasse
- Répartition
- Indices de la diversité
- Structure selon la taille
- Rapport vivant:mort et état
- Pourcentage de coraux présentant des zoanthidés
- Superficie et densité des parcelles
- Isolement et proximité des parcelles
- Connectivité des parcelles
- Indice de contagion

Il est peu probable que les indicateurs « rapport vivant:mort et état » et « pourcentage de coraux présentant des zoanthidés » soient adaptés aux pennatules, car les pennatules mortes ne sont pas souvent observées lors des relevés *in situ* et, à notre connaissance, aucune infestation de pennatules par des zoanthidés n'a jamais été constatée. Cependant, les pennatules peuvent subir une infestation par les copépodes endoparasites (Baillon *et al.* 2014a; Penney *et al.* 2021). Baillon et ses collaborateurs (2014a) ont documenté deux copépodes endoparasites distincts (familles Lamippidae et Corallovexiidae) dans les polypes d'*A. grandiflorum* (Penney *et al.* 2021) et de *B. finmarchica* (=Halipteris). *Lamippe bouligandi* est le copépode parasite communément observé à l'intérieur des polypes d'*Anthoptilum grandiflorum*. Ces copépodes peuvent infester jusqu'à 19 % des polypes d'une seule colonie. En outre, les polypes infestés présentaient une fécondité significativement plus faible que les polypes non infestés, ce qui indique que la présence de copépodes pourrait être un indicateur de la santé des pennatules.

La sélection définitive des indicateurs doit maintenant tenir compte des étapes 5 et 6 du cadre de 2013 (MPO 2013) : évaluer la redondance et convenir de l'ensemble définitif d'indicateurs. Sans être redondants, les indicateurs de l'abondance numérique, de la répartition et de la diversité peuvent tous être dérivés de la même source de données. Par exemple, pour déterminer l'abondance numérique des pennatules, il faudra déterminer l'identité de l'espèce, ce qui peut également fournir des informations sur les indices de répartition et de diversité. De même, l'obtention de données sur la structure selon la taille peut également fournir des informations sur l'abondance numérique, la répartition et la diversité des espèces. Les indicateurs géospatiaux (c.-à-d. la superficie et la densité des parcelles, l'isolement et la proximité des parcelles, la connectivité et l'indice de contagion) dépendent de définitions qui s'appliquent à la parcelle. À l'heure actuelle, nous ne disposons pas de données de référence suffisantes pour définir des seuils permettant de définir les parcelles de pennatules à partir de l'imagerie du fond marin dans la ZPM du chenal Laurentien.

L'indicateur de la *répartition*, bien que relativement facile à obtenir puisqu'il est dérivé d'autres variables d'intérêt, peut s'avérer problématique. La plupart des données historiques sur les

pennatules dans la ZPM proviennent des relevés au chalut par navire de recherche du MPO, et les changements dans la répartition des pennatules pourraient être confondus avec les différences dans les engins utilisés. Par exemple, comme nous l'avons mentionné précédemment, les pennatules *K. stelliferum* et *P. carpenteri* sont rarement signalées dans les échantillons de chalut, mais sont couramment observées dans les vidéos. Par conséquent, les changements dans les aires de répartition des pennatules dans la ZPM peuvent illustrer des changements causés par d'autres facteurs et pourraient ne pas être le résultat de la protection par la ZPM.

Par conséquent, les indicateurs suivants sont probablement les plus utiles pour la surveillance des pennatules, si des analyses plus poussées indiquent qu'ils peuvent, dans la pratique, être recueillis régulièrement et avec une puissance statistique suffisante : abondance numérique, biomasse, indices de la diversité et structure selon la taille. L'infestation par les copépodes endoparasites n'a pas encore été étudiée en tant qu'indicateur potentiel de changement dans la ZPM, mais elle mérite d'être considérée dans le cadre des objectifs de recherche liés à la ZPM.

- Abondance : Morris et ses collaborateurs (2024) ont effectué une analyse préliminaire de la puissance statistique des données sur l'abondance des pennatules tirées d'images du fond marin dans la ZPM du chenal Laurentien. Cette analyse indique que des données similaires pourraient être utilisées pour détecter un déclin de l'abondance des pennatules à une puissance statistique relativement élevée et à une taille d'échantillon réaliste. Cependant, comme l'ont décrit ces auteurs, le seuil à partir duquel un déclin de l'abondance des pennatules pourrait causer des dommages irréversibles à leurs populations est inconnu pour l'instant, tout comme la question de savoir si le déclin modélisé dans ces analyses est biologiquement pertinent. Nous pensons que la collecte de données sur l'abondance des pennatules devrait utiliser l'imagerie du fond marin comme source principale.
- Biomasse : le moyen le plus réaliste d'obtenir des données sur la biomasse des pennatules consiste à peser des échantillons physiques, ce qui ne permet généralement pas d'utiliser les images du fond marin à cette fin. Dans la pratique, les données sur la biomasse des pennatules ont été obtenues dans le chenal Laurentien dans le cadre des relevés au chalut par navire de recherche du MPO pendant de nombreuses années. Cependant, aucune analyse de puissance n'a été effectuée sur la biomasse des pennatules provenant des relevés de recherche au chalut par navire de recherche afin d'évaluer si elle pourrait être utilisée de manière fiable pour la surveillance si le chalutage scientifique se poursuit dans la ZPM aux niveaux actuels. De plus, en raison de la faible capturabilité des pennatules par le chalut Campelen (Kenchington *et al.* 2011), la biomasse provenant des relevés menés avec ce chalut ne devrait pas être considérée comme le principal indicateur pour la surveillance des pennatules dans cette ZPM. Les données de ces relevés peuvent encore être utilisées pour déterminer les prises importantes et leur emplacement, fournir des échantillons pour d'autres analyses et contribuer à la surveillance de la ZPM, comme il est mentionné dans d'autres parties du présent document. Si des changements dans la biomasse des pennatules sont détectés d'après les relevés au chalut au cours des prochaines années, une recherche ciblée portant sur ce paramètre pourrait être justifiée. Nous suggérons également des recherches futures pour estimer la biomasse à partir d'images, une méthode qui, bien que peu courante, pourrait être envisageable (De Clippele *et al.* 2021).
- Indices de la diversité : ils pourraient s'avérer inappropriés aux fins de surveillance pour détecter des changements importants dans la ZPM, en raison du nombre relativement faible de taxons de pennatules dans la ZPM, mais ils pourraient être instructifs pour évaluer l'état et les tendances. Il faudrait inclure des indices de la diversité dans les futures itérations d'analyses de puissance utilisant des données d'imagerie pour les évaluer. Nous pensons

que la collecte de données sur la diversité des pennatules devrait utiliser l'imagerie du fond marin comme source principale.

- Structure selon la taille : il s'agit d'un indicateur complexe parce que les pennatules sont difficiles à mesurer à partir d'images et que nous n'avons pas évalué le biais de la structure selon la taille des pennatules pour la méthode fondée sur le chalut Campelen. On sait que les juvéniles ne sont souvent pas retenus par le chalut et que l'abondance n'a pas été mesurée uniformément pendant les relevés au chalut par navire de recherche du MPO. Néanmoins, la structure selon la taille constitue une variable cruciale pour évaluer le recrutement des pennatules dans la ZPM. Bien que les mesures précises soient effectivement difficiles à réaliser, d'autres approches telles que la taille par catégories (p. ex. grande, moyenne, petite) et la taille découlant du dénombrement des feuilles de polype (Chimienti *et al.* 2018) devraient être envisagées dans les futures itérations d'analyses de puissance utilisant des données d'imagerie.

Il faut aussi tenir compte du fait que, bien que certains de ces indicateurs soient dérivés du même ensemble de données, des analyses de puissance spécifiques seraient nécessaires pour chacun d'eux, car le nombre d'échantillons requis n'est pas nécessairement le même. Par exemple, le nombre d'échantillons requis pour détecter un changement dans l'abondance des pennatules pourrait être très différent du nombre requis pour détecter des changements dans leur diversité (c.-à-d. les indices de la diversité). Rogers et ses collaborateurs (2008) ont constaté que le nombre d'échantillons requis pour observer un changement dans les paramètres de la mégafaune (p. ex. biomasse, abondance, indices de la diversité) était variable et dépendait de l'engin utilisé. La sélection définitive des indicateurs doit également tenir compte du temps de rotation entre la collecte, l'analyse et la présentation des données, ainsi que de la disponibilité de ressources humaines pour le faire. Toutefois, comme nous l'avons mentionné dans la section Relevés d'imagerie du fond marin, la mise en œuvre de techniques d'intelligence artificielle à utiliser avec l'annotation d'images peut aider à réduire considérablement le temps de traitement de la grande quantité de données d'imagerie qui devraient être collectées dans la ZPM. Néanmoins, comme pour d'autres composantes du programme de surveillance, la mise en œuvre complète des techniques d'intelligence artificielle dans ce contexte pourrait prendre des années et, dans certains cas, représentera un compromis entre un temps de traitement moins long et une résolution taxonomique plus basse.

En plus des indicateurs énumérés ci-dessus, des indicateurs relatifs aux agents de stress et environnementaux ont également été suggérés pour la surveillance des coraux et des éponges au Canada (Kenchington *et al.* 2012; MPO 2021a). Les indicateurs environnementaux sont mentionnés dans la section Océanographie. Les indicateurs de stress suggérés dans MPO (2021a) comprennent les indicateurs associés à la pêche commerciale, aux activités pétrolières et gazières et aux activités liées à la glace, qui ne seront pas examinés ici. Il n'y a actuellement aucun permis d'exploration pour des activités pétrolières et gazières près de la ZPM du chenal Laurentien, de sorte que les répercussions de ces activités ne sont pas préoccupantes dans l'immédiat (p. ex. transport des déchets de forage), bien que des déversements d'hydrocarbures puissent encore se produire dans la région. Parmi les autres indicateurs liés aux agents de stress répertoriés dans MPO (2021a) figurent les dépôts de sédiments anthropiques, le moment, la durée et l'ampleur de la prolifération du phytoplancton, la présence de déchets sur les fonds marins et les activités liées aux câbles sous-marins. Ces indicateurs sont décrits dans Neves *et al.* (2026) et ne sont pas décrits plus en détail ici. Cependant, ils seront pris en compte dans le plan de surveillance pour la recherche ciblée et la surveillance complémentaire. Bien que ces indicateurs soient énumérés ici dans le cadre des processus du SCAS concernant les coraux et les éponges et que certains puissent être plus axés sur les activités benthiques (p. ex. sédimentation et câbles sous-marins), ils pourraient également être

pertinents pour d'autres espèces prioritaires et la biodiversité en général (voir le Tableau 6). Les changements climatiques n'ont pas été spécifiquement détaillés ici, mais certains paramètres océanographiques (indicateurs environnementaux) peuvent être utilisés pour surveiller les agents de stress qu'ils provoquent. On pourrait étudier les variations de la teneur en carbonate des pennatules en tant qu'indicateur d'état potentiel lié à l'acidification des océans.

Aiguillat noir, raie à queue de velours et loup à tête large

La surveillance de l'aiguillat noir, du loup à tête large et de la raie à queue de velours par rapport aux objectifs de conservation les ciblant se fera principalement par la poursuite des relevés printaniers plurispécifiques existants du MPO, et au moyen des données enregistrées par les observateurs des pêches en mer et de la surveillance des débarquements des pêches. La collecte d'échantillons d'ADNe et les enregistrements vidéo obtenus par des caméras appâtées offrent des options pour obtenir de plus amples renseignements sur ces espèces (p. ex. la présence), bien que ces méthodes n'aient pas encore été testées pour ces taxons dans cette région. Les relevés plurispécifiques fournissent des données sur la répartition des espèces, la biomasse et l'abondance, la composition selon la longueur, le sexe et la maturité, et peuvent également permettre de recueillir d'autres échantillons (ADN, parasites, isotopes, contenus stomacaux). Les statistiques sur les pêches, comme celles recueillies par les observateurs en mer et à l'aide des outils existants de surveillance des débarquements (journaux de bord, vérification à quai), traitent directement du principal objectif de conservation, la réduction de la mortalité d'origine anthropique dans la ZPM du chenal Laurentien. La couverture annuelle par les observateurs en mer des pêches pertinentes dans l'Atlantique demeure principalement de 0 à 5 % (depuis 2010; à quelques exceptions près), et la surveillance des débarquements commerciaux des espèces ciblées ne fait pas état de données sur les prises accessoires. Ainsi, les prises accessoires dans les pêches commerciales, qui ne sont pas déclarées, représentent probablement la plus grande menace de mortalité anthropique pour les espèces prioritaires ciblées par les objectifs de conservation dans les zones adjacentes à la ZPM du chenal Laurentien.

Le déploiement de récepteurs acoustiques supplémentaires à l'intérieur et à l'extérieur des limites de la ZPM du chenal Laurentien peut faciliter la recherche sur la répartition saisonnière, les déplacements et les besoins en matière d'habitat des loups à tête large, des aiguillats noirs et des raies à queue de velours à différents stades biologiques portant une étiquette acoustique. Auparavant, on surveillait les déplacements du loup de mer et son choix d'habitat à l'aide d'étiquettes acoustiques internes (Simpson *et al.* 2015); une étude qui pourrait être répétée dans la ZPM du chenal Laurentien et autour de celle-ci. De plus, des étiquettes acoustiques externes peuvent être installées sur des aiguillats noirs et des raies à queue de velours pour tirer parti de ce réseau acoustique. Les raies à queue de velours pourraient également être surveillées à l'aide d'étiquettes satellites d'archivage détachables (PSAT; Knotek *et al.* 2020).

Pour les trois espèces, ces études par marquage pourraient également examiner la mortalité après la remise à l'eau; d'autant plus qu'une partie de ces espèces occupent des eaux plus profondes et peuvent subir des stress physiologiques (et potentiellement mortels) accrus lorsqu'elles sont rapidement remontées à la surface de l'océan ou à bord de navires par les engins de pêche. Cela est particulièrement important pour le loup à tête large, car le principal outil de conservation indiqué dans son programme de rétablissement est la remise à l'eau immédiate de prises accessoires en leur causant le moins de dommages possible pendant les opérations de pêche commerciale.

En plus des données fournies par les relevés printaniers plurispécifiques du MPO, les observateurs en mer canadiens sont la seule source de données précises sur les prises et les

rejets de loups de mer et de raies dans les pêches commerciales. À la demande du MPO, les observateurs en mer mesurent également la longueur et le poids et vérifient le sexe des individus des espèces ciblées ou des prises accessoires et les fréquences des longueurs des individus dont le sexe a été déterminé et dont le sexe n'a pas été déterminé et prélèvent des échantillons normalisés non létaux (p. ex. entaille de nageoire pour l'ADNe) et létaux (otolithes pour la détermination de l'âge; contenu stomacal) pour des analyses scientifiques ultérieures.

Maraîche

Le principal relevé utilisé pour surveiller l'état de la population de maraîche de l'Atlantique est le relevé commercial des grands requins pélagiques à la palangre. Ce relevé indépendant de la pêche fournit des données pour les séries chronologiques avec des estimations de la répartition, de l'abondance relative, des tendances et de la composition selon le stade biologique, la taille et le sexe. Le marquage en cours de maraîches (à l'aide d'étiquettes acoustiques passives externes ou d'étiquettes satellites), effectué par le MPO dans les eaux de la région de Terre-Neuve-et-Labrador, fournira des données sur l'espèce et ses déplacements.

Les enregistrements de toutes les rencontres de requins (létales ou non) sont également importants pour la surveillance de la maraîche, mais les méthodes actuelles liées aux pêches pour recueillir cette information sont limitées, encore plus en raison du manque de pêche commerciale et récréative dans la ZPM. Des améliorations pourraient être apportées pour mieux utiliser certaines de ces méthodes de surveillance complémentaire. Par exemple, on utilise actuellement les journaux de bord pour surveiller uniquement le grand requin blanc en voie de disparition, mais il conviendrait d'inclure la maraîche (et idéalement tous les autres grands requins pélagiques de l'Atlantique), ainsi que la documentation photographique. En outre, comme les pêcheurs de l'Atlantique identifient souvent mal les grandes espèces de requins, on pourrait distribuer un guide de poche imperméable d'identification des espèces de requins à tous les titulaires de permis commerciaux/pêcheurs lors de la demande ou du renouvellement de leurs permis. Idéalement, la déclaration de toutes les prises accessoires de requins de l'Atlantique devrait être une condition de permis au Canada. Comme nous le mentionnons dans la section Lien avec les pêches, l'objectif de conservation de la maraîche est de la protéger contre la mortalité d'origine anthropique (p. ex. les prises accessoires dans la pêche commerciale); ces rencontres aideront à surveiller si une pêche commerciale a lieu dans la ZPM du chenal Laurentien.

Tortue luth

L'aire de répartition de la tortue luth s'étend sur une vaste zone de l'Atlantique Nord-Ouest. Cependant, sa présence est plus probable dans certains espaces, comme au large de la côte sud de Terre-Neuve, comme le montre une carte de la densité produite au moyen des données d'un relevé aérien systématique (2007 Trans North Atlantic Sightings Survey [TNASS], Figure 13) (Lawson et Gosselin 2009). La densité de l'espèce est la plus forte près de la côte sud de Terre-Neuve, dans les eaux moins profondes, mais certaines parties de la ZPM du chenal Laurentien comptent également des densités élevées. Ce profil de répartition générale est confirmé lorsque nous produisons une carte de la densité du noyau de la tortue luth fondée sur un modèle d'habitat (Mosnier *et al.* 2019) (Figure 28).

L'information sur les raisons de l'utilisation de l'habitat par la tortue luth dans la ZPM du chenal Laurentien est limitée. On sait que cette espèce de tortue se nourrit surtout de scyphozoaires (en particulier des genres *Cyanea* et *Aurelia* dans les eaux de Terre-Neuve), mais les estimations de la biomasse et de la répartition de ces proies font défaut. En près de deux décennies d'efforts de relevés aériens, il est clair que le nombre et l'étendue spatiale des essaims de méduses dans les eaux canadiennes de l'Atlantique augmentent (J. Lawson, région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, comm. pers.); bien qu'en tant que mesure de la

biomasse, de telles observations soient spéculatives et basées sur des enregistrements visuels peu précis – par exemple, nous ne connaîtrions pas la répartition verticale de la plupart des essaims vus des airs. Parallèlement, l'abondance régionale du poisson-lune (*Mola mola*), un poisson qui se nourrit aussi de méduses, a augmenté ces dernières années. Elle pourrait être utilisée comme indicateur de la présence de méduses comme proies tant pour le poisson-lune que pour la tortue luth.

La déclaration des interactions (létales ou non) entre des tortues luths et des engins de pêche ou des navires est très importante pour la surveillance de cette espèce. Les journaux de bord des pêches devraient être étendus aux captures de tortues non débarquées (puisque les tortues luths sont rarement remontées à bord des bateaux de pêche), ainsi que la documentation photographique des tortues de mer capturées dans les engins. Comme pour la maraîche, la déclaration de toutes les prises accessoires de tortues luths devrait être une condition de permis. Bien que la plupart des captures de tortues luths se soient produites dans les zones côtières (principalement méridionales) de Terre-Neuve, plusieurs rapports indiquent que ces tortues ont été capturées dans des filets au large de la côte sud du Labrador. Plusieurs empêtrlements mortels de tortues luths dans des engins de pêche sont signalés chaque année autour de Terre-Neuve, mais il s'agit d'une sous-estimation du nombre réel; environ un tiers des tortues luths empêtrées dans des engins meurent. Les tortues luths risquent davantage de s'empêtrer dans les lignes verticales d'engins fixes (comme les casiers à buccins ou à crabes) ou dans des filets (comme les filets maillants utilisés pour la pêche du poisson de fond ou d'espèces-appâts).

Océanographie

Le climat océanique de l'Atlantique Nord-Ouest change sur des échelles de temps interannuelles et décennales (Cyr et Galbraith 2021). Ces changements climatiques s'accompagnent de fluctuations des environnements physiques (p. ex. température, salinité, courants) et biogéochimiques (p. ex. concentrations en oxygène et en éléments nutritifs, pH, chlorophylle-*a*, composition et abondance du plancton), avec des effets potentiels plus importants sur l'écosystème. Afin de démêler l'état de l'écosystème de la ZPM et les changements associés, par exemple, aux changements climatiques, il faut surveiller de près les indicateurs physiques et biogéochimiques. Des indicateurs environnementaux (p. ex. paramètres liés à l'habitat, température, concentration de chlorophylle-*a* et abondance du zooplancton) ont également été proposés dans MPO (2021a) dans le cadre national de surveillance des coraux et des éponges. Le moment, la durée et l'ampleur des proliférations de phytoplancton, par exemple, ont également été suggérés comme indicateurs de stress pour la surveillance des coraux et des éponges au Canada (Kenchington *et al.* 2012; MPO 2021a).

Il est suggéré de poursuivre la surveillance existante des indicateurs océanographiques régulièrement recueillis dans le cadre du PMZA ou avec le déploiement de mouillages comme décrit ci-dessus. En plus de ces indicateurs existants, d'autres variables telles que la concentration en surface de la chlorophylle-*a* (estimée à l'aide de l'observation par satellite de la couleur de l'océan), le flux d'éléments nutritifs vers les habitats benthiques à l'aide de pièges à sédiments, la surveillance du paysage sonore et la surveillance acoustique des pêches (à partir des mouillages) pourraient également être prises en compte.

Plan d'étude

Pour les programmes de surveillance à long terme, il est essentiel de mettre en place un plan d'étude solide et bien pensé. Les orientations pour l'élaboration de plans d'étude efficaces pour la surveillance ont été bien couvertes ailleurs (Quinn et Keough 2002; Agence Parcs Canada 2007) et ne sont qu'abordées ici. Le document du MPO (2021a) comprend également

une section détaillée sur les méthodologies et le plan pour la surveillance des AMCEZ abritant des coraux et des éponges, qui peut aussi servir de référence. Les plans d'étude devraient dicter où et quand (heure de la journée, profondeur, saison, fréquence, etc.) l'échantillonnage est effectué et refléter des questions bien définies du programme de surveillance et des exigences en matière de rapports. Des défauts dans le plan d'étude peuvent entraîner des conclusions erronées, une perte de confiance dans le programme, des corrections coûteuses, des interruptions des séries chronologiques ou une mauvaise concordance avec les objectifs du programme.

Dans le cas des ZPM, les questions de surveillance devraient naturellement suivre les objectifs de conservation et le calendrier des relevés devrait être planifié en fonction des résultats (qui n'ont pas encore été définis). Pour la ZPM du chenal Laurentien, la question de surveillance suivante pourrait être posée : les densités d'aiguillats noirs sont-elles maintenues dans les limites de la ZPM? Un plan d'étude répondant à cette question déterminera les lieux et les heures d'échantillonnage qui réduisent les biais dans la zone en question. Les limites opérationnelles restreignent souvent l'échantillonnage (profondeurs d'échantillonnage, substrats, saisons, etc.), et en conséquence la représentation des données et la généralité des conclusions. Dans d'autres circonstances, les limites liées aux ressources peuvent nous obliger à concentrer les efforts sur un sous-ensemble important de la ZPM (p. ex. les habitats clés) afin d'assurer un échantillonnage suffisant pour détecter des changements (voir la section PUISSANCE STATISTIQUE ET PLAN EXPÉRIMENTAL statistique et plan expérimental). Ces restrictions intentionnelles de la base d'échantillonnage (l'étendue temporelle et spatiale de la zone échantillonnée) sont souvent nécessaires et peuvent être prises en compte si les limites sont clairement comprises dans le processus de conception et articulées dans la présentation des résultats. Les problèmes plus insidieux liés au plan d'étude sont ceux qui entraînent des biais imprévus ou ceux qui influencent l'indépendance des données. Le premier problème peut être résolu par des techniques de sélection de sites d'échantillonnage non biaisées telles que l'échantillonnage aléatoire, systématique ou à stratification aléatoire. L'inclusion forcée de sites d'échantillonnage historiques risque de ruiner les tentatives d'éliminer le biais dans l'échantillonnage, en particulier dans les cas où les critères de sélection de ces données sont inconnus ou ne correspondent pas aux objectifs du programme (p. ex. un site choisi parce que c'est un habitat particulièrement bon pour un indicateur ou une espèce prioritaire pourrait biaiser les analyses résultantes et montrer à tort l'état de la ZPM sous un jour plus positif). Le dernier problème, l'indépendance entre les échantillons, est une hypothèse courante de nombreuses analyses statistiques. Par exemple, les échantillons prélevés à une proximité spatiale et temporelle ont plus de chances d'être semblables que ceux qui sont moins proches (autocorrélation spatiale et temporelle). Les ensembles de données présentant une corrélation élevée peuvent conduire à une puissance statistique faussement gonflée et provoquer des erreurs de type I (détection de changements statistiques qui ne sont pas réels). Dans la pratique, la corrélation est de nature répandue et des méthodes statistiques plus avancées peuvent expliquer et corriger ces problèmes pendant la phase d'analyse, mais au détriment de la simplicité statistique. De plus, le fait de ne pas comprendre les profils de corrélation peut conduire à des plans d'étude inefficaces. Idéalement, on utilise des données d'essai pour comprendre la corrélation à laquelle il faut s'attendre entre les échelles d'échantillonnage et pour optimiser les stratégies d'échantillonnage de manière à minimiser l'échantillonnage redondant.

Un dernier aspect important du plan d'étude est l'établissement d'un programme doté d'une puissance statistique suffisante pour détecter des changements. L'analyse de puissance est un outil statistique permettant d'évaluer et de comparer les approches de conception, d'évaluer la faisabilité du programme et d'optimiser l'intensité de l'échantillonnage pour atteindre les objectifs du projet. La puissance statistique est influencée par des facteurs qui relèvent du

contrôle des concepteurs du programme de surveillance (p. ex. la taille de l'effet détectable souhaité, la taille de l'échantillon et les taux d'erreur de type I acceptés, le test statistique utilisé) et qui échappent à leur contrôle (variabilité inhérente de l'indicateur considéré). Des tailles d'effets détectables plus grossières, des échantillons plus grands et une plus grande tolérance aux erreurs de type I (les faux positifs) peuvent tous améliorer la puissance statistique. En revanche, une variance intrinsèque plus élevée de l'indicateur a une influence négative sur la puissance. Souvent, des variables supplémentaires, si elles sont incluses dans les modèles utilisés pour détecter les changements, peuvent expliquer une certaine variation et améliorer la puissance statistique. En outre, les tests statistiques et les plans d'étude connexes peuvent également différer dans leur efficacité à détecter le changement (Morris *et al.* 2018). Comme pour la compréhension de la structure de corrélation, les données existantes sont précieuses pour guider les analyses de puissance. Par exemple, on a utilisé les données existantes des relevés au chalut par navire de recherche pour alimenter une analyse de puissance réalisée par Morris *et al.* (2024), comme nous le décrivons dans la section suivante.

RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE PUISSANCE

L'un des objectifs de ce processus du SCAS était d'étudier la capacité d'évaluer les paramètres relatifs à la conservation des espèces prioritaires dans la ZPM à l'aide des données existantes provenant des relevés au chalut par navire de recherche du MPO et des données d'imagerie du fond marin. La prévision et la mesure des changements résultant de l'établissement de ZPM ont posé un défi aux praticiens, en partie parce que les écosystèmes sont complexes et peuvent changer de manière imprévue, mais aussi en raison de facteurs du plan des ZPM (limites, objectifs de conservation, programmes de surveillance) qui laissent peu de chance d'atteindre les objectifs énoncés. Morris *et al.* (2024) ont évalué

1. s'il est réaliste de s'attendre à des améliorations dans la ZPM pour quatre des espèces prioritaires mentionnées dans les objectifs de conservation;
2. si les relevés scientifiques existants seraient capables de détecter des changements dans ces taxons s'ils se produisaient.

Trois espèces prioritaires ciblées par des objectifs de conservation ont été échantillonnées dans des relevés au chalut par navire de recherche du MPO (aiguillat noir, raie à queue de velours et loup à tête large), et les taxons de pennatules, qui sont ciblés par un objectif de conservation, ont été dénombrés à l'aide de l'imagerie du fond marin. Les simulations indiquent que les relevés au chalut des navires de recherche ont très peu de chances de détecter un changement dans l'abondance des trois espèces de poissons examinées, mais que les données d'imagerie du fond marin ont une puissance statistique plus élevée pour les taxons de pennatules. Cette analyse met en évidence les inefficacités de l'utilisation des données des relevés de recherche au chalut par navire de recherche pour détecter les changements chez trois espèces prioritaires ciblées par des objectifs de conservation de la ZPM du chenal Laurentien. Dans de nombreux cas, même en quadruplant l'intensité d'échantillonnage existante dans la ZPM, la puissance n'atteindrait pas le niveau suffisant pour détecter des baisses de 50 % de la capture par unité d'effort (CPUE).

L'analyse de puissance utilisant ainsi des simulations peut nous renseigner sur la probabilité de déterminer l'efficacité des objectifs de conservation de la ZPM dans l'atteinte des buts. Toutefois, comme la ZPM a été établie dans une zone où la pression exercée par la pêche est minimale, les nouvelles restrictions de la pêche ne produiront pas d'améliorations mesurables pour les objectifs de conservation. Bien qu'il soit peu probable que des changements positifs dans les objectifs de conservation existants soient induits par la ZPM ou qu'ils soient détectés s'ils se sont produits, la ZPM pourrait offrir des avantages pour la conservation si les objectifs

de conservation (associés à des indicateurs mesurables) et les approches de surveillance étaient réalignés pour correspondre aux caractéristiques uniques de cette zone d'habitats benthiques sensibles en grande partie intacts. Ces recommandations offrent aux concepteurs des programmes de surveillance la possibilité de passer à d'autres approches plus efficaces ou à des objectifs de conservation mieux harmonisés avec les programmes de surveillance et qui peuvent générer des résultats utilisables pour guider la prise de décisions. Pour obtenir de plus amples renseignements sur cette analyse de puissance, voir Morris *et al.* (2024).

CONSIDÉRATIONS ET RECOMMANDATIONS

TAILLE ET EMPLACEMENT DE LA ZPM

La recherche a montré que les grandes ZPM sont avantageuses, car elles couvrent davantage d'habitats uniques et abritent de nombreuses espèces, offrant un plus grand potentiel de protection des écosystèmes (Sheppard *et al.* 2012). Bien qu'une grande ZPM permette de mettre l'accent sur les processus écologiques à grande échelle, elle pose également des problèmes pour la surveillance (Stanley *et al.* 2015). La ZPM du chenal Laurentien est une ZPM hauturière relativement vaste qui pose des défis pour la création de programmes de surveillance. Le coût élevé de la mobilisation des programmes d'échantillonnage dans les zones hauturières peut être prohibitif et limiter l'échelle et les types de surveillance possibles (Lewis *et al.* 2016). De plus, l'accès actuellement limité aux navires et au temps-navire aux fins de la surveillance scientifique au Canada est un problème non négligeable. De multiples relevés effectués par le MPO dépendent des navires de la Garde côtière canadienne, mais il sera important d'envisager l'accès à d'autres navires convenables. L'application de cette approche de surveillance à toutes les ZPM et à tous les refuges marins de la région de Terre-Neuve-et-Labrador offrira des occasions de mettre à l'essai les méthodes et les stratégies de relevé dans d'autres zones, ainsi que de renforcer davantage les capacités pour être en mesure de les mettre en œuvre plus efficacement dans la ZPM du chenal Laurentien. Une vaste coordination (entre les régions du MPO et à l'intérieur de celles-ci, y compris avec des partenaires externes) et des discussions sur l'établissement des priorités des sites d'échantillonnage ou des méthodes de relevé seront essentielles dans la planification de ces relevés.

SITES DE RÉFÉRENCE

Avec seulement un effort de pêche historique minimal dans la zone sélectionnée pour la protection, les améliorations des objectifs de conservation résultant de l'élimination des activités de pêche dans la ZPM du chenal Laurentien devraient être limitées. Plutôt que de se concentrer sur l'amélioration de la ZPM par rapport aux sites de référence extérieurs, une approche plus appropriée et réaliste serait d'évaluer l'état et les tendances de la biodiversité dans la ZPM. Dans ce scénario, on pourrait allouer plus de ressources à la mesure des conditions dans la ZPM, en utilisant les données de la surveillance complémentaire provenant de l'extérieur des limites de la ZPM pour fournir un contexte régional (à plus grande échelle) à l'interprétation du changement à l'intérieur de la ZPM. Par exemple, les données à l'échelle de la division de l'OPANO (tirées des relevés par navire de recherche) ou des journaux de bord des pêches aideraient les scientifiques à comprendre si les déclinés mesurés potentiels des espèces prioritaires des objectifs de conservation observés dans la ZPM sont le résultat de problèmes locaux ou d'agents de stress à plus grande échelle (p. ex. baisses généralisées de la productivité attribuables aux changements climatiques). L'analyse de ces renseignements ne peut être déclenchée qu'à la suite de déclinés mesurés dans la ZPM du chenal Laurentien, à condition qu'il existe des données de référence appropriées. Par conséquent, comme on le voit dans le présent document, bien que nous recommandions la sélection de sites de surveillance

pour interpréter les données de surveillance de certains objectifs de conservation, nous ne préconisons pas l'utilisation de ces sites pour évaluer l'efficacité de la ZPM dans un cadre officiel de vérification des hypothèses.

PRODUCTION DE RAPPORTS

Jusqu'à présent, peu de directives ont été fournies sur les exigences en matière de rapports ou les délais de production de rapports pour la ZPM du chenal Laurentien. Il est recommandé d'élaborer des rapports annuels normalisés qui comprennent de l'information sur les relevés relatifs à la ZPM et les données recueillies chaque exercice. Le groupe de travail sur la surveillance de Terre-Neuve-et-Labrador pourrait utiliser des modèles de rapport reproductibles (p. ex. fichiers R Markdown) et introduire des mises à jour dans les modèles afin de maintenir un format de rapport uniforme. La configuration de fichiers R Markdown pour les différents groupes travaillant pour le programme de surveillance nécessitera certes une coordination et un investissement en temps, mais elle facilitera grandement la production de rapports à long terme. Un soutien propre à la gestion des bases de données et à l'automatisation de l'entrée des sources de données dans ces rapports reproductibles sera également essentiel. Le contenu précis des rapports sera basé sur les indicateurs décrits ici, mais les analyses réelles à effectuer dépendront des données accessibles. Avec suffisamment de données, on pourra peut-être produire un rapport plus approfondi après plusieurs années (p. ex. cinq ans) qui viserait à évaluer si l'approche de surveillance actuelle fournit ou non des données précieuses sur l'état et les tendances des espèces prioritaires et de la biodiversité dans la zone.

Il est recommandé d'organiser, après les cinq premières années de cette approche de surveillance, un atelier pour donner aux scientifiques et aux gestionnaires un aperçu des leçons retenues, en soulignant les réussites et les défis de la surveillance dans la ZPM du chenal Laurentien. Ce serait aussi la tribune idéale pour fournir des avis et des commentaires en vue de la gestion adaptative de la ZPM.

SURVEILLANCE À LONG TERME

La surveillance exige un engagement à long terme à l'égard de la collecte de données (Noble-James *et al.* 2018). La continuité de la collecte de données à l'avenir est un facteur important. Idéalement, une fois que le programme sera lancé, il faudrait déployer un effort uniforme pour maintenir les activités de surveillance de base. Il peut être nécessaire d'ajuster la fréquence des activités de base, telle qu'elle est décrite ci-dessus, en fonction des ressources disponibles chaque année (ressources financières et humaines). Toutefois, le manque d'uniformité aura une incidence négative sur le programme, et une planification minutieuse devrait tenir compte des limites prévues de ces ressources, sans compromettre la qualité scientifique. Le Ministère continuera également de s'efforcer autant que possible de recueillir de façon opportuniste des échantillons et des données à l'aide d'autres plateformes de recherche et en collaborant avec des universitaires, des organisations non gouvernementales et des citoyens scientifiques. Il faudrait également envisager des possibilités de participation des étudiants au programme de surveillance. Toutefois, des accords de partage de données clairement définis devront être mis en place pour faciliter l'utilisation de sources de données de l'extérieur du MPO.

Les défis associés aux changements climatiques sont un autre facteur pour beaucoup de programmes à long terme. Par exemple, notre compréhension actuelle de l'écosystème pourrait ne plus être valide à l'avenir. Les objectifs de conservation créés au cours du processus d'établissement d'une ZPM, qui peut être long, peuvent devenir désuets si la répartition des espèces ciblées se déplace à l'extérieur des limites de la ZPM. De même, d'autres espèces importantes pourraient s'installer dans la zone et bénéficier des mesures de protection de la ZPM. Nous pouvons prévoir des agents de stress en utilisant les prévisions climatiques (p. ex.

faible concentration en oxygène, déplacements d'espèces); cependant, l'élaboration d'un programme de surveillance de manière à tenir compte du remplacement d'espèces et à fournir une certaine valeur à ce remplacement (p. ex. les mesures de la biodiversité) est peut-être la meilleure approche. Le maintien d'une approche de surveillance à long terme qui couvre plusieurs aires marines protégées dans la région facilitera également l'évaluation des changements à des échelles plus grandes que la seule ZPM.

PUISSANCE STATISTIQUE ET PLAN EXPÉRIMENTAL

Pour nous assurer d'avoir un programme de surveillance scientifiquement solide, il est recommandé d'envisager diverses méthodes pour augmenter la puissance statistique et améliorer le plan expérimental. Quinn et Keough (2002) consacrent un chapitre entier de leur livre au plan expérimental, et nous soulignons certains de leurs points dans cette section. Les considérations concernant la répétition, l'indépendance et les moyens de réduire la variance inexplicée sont essentielles, et l'utilisation d'une analyse de puissance peut nous convaincre davantage qu'un effet sera détecté, si un tel effet existe. L'analyse de puissance a déjà été mise en évidence dans d'autres parties du présent document et fait l'objet d'une étude de cas dans le chenal Laurentien réalisée par Morris *et al.* (2024). La puissance peut être améliorée au prix de l'augmentation des erreurs de type 1 (détection de changements qui n'existent pas), qui est une approche courante pour la surveillance environnementale et les évaluations d'impact (Quinn et Keough 2002). De plus, le fait de limiter les tests statistiques à la détection de déclin ou d'améliorations, mais pas des deux (test unilatéral) peut également améliorer la puissance statistique. Enfin, l'inclusion de covariables peut réduire la variance inexplicée et avoir un effet positif sur la puissance.

L'échantillonnage au même endroit (dans la mesure du possible) peut réduire les coûts sur le terrain et aider à tirer parti d'autres ensembles de données. Par exemple, les échantillons d'ADNe prélevés au même endroit que celui où le profileur de vision sous-marine est abaissé peuvent nous aider à comprendre la composition taxonomique à petite échelle de la communauté planctonique quantifiée par le profileur de vision sous-marine. De même, les données sur l'ADNe peuvent être vérifiées sur le terrain par des observations provenant de caméras appâtées et lestées ainsi que par l'échantillonnage de l'endofaune. En résumé, il existe de multiples façons d'accroître la puissance statistique et d'améliorer le plan expérimental, et des données préliminaires sont souvent nécessaires pour pleinement les évaluer.

SAISONNALITÉ

Les conditions environnementales et les communautés fauniques, en particulier les taxons migrateurs, notamment les espèces prioritaires mentionnées dans les objectifs de conservation comme la tortue luth et la maraîche, affichent un caractère saisonnier prononcé dans les écosystèmes des régions tempérées comme le chenal Laurentien. Comme il est impossible de suivre tous les indicateurs pendant toutes les saisons, nous recommandons de limiter les activités de surveillance de base à la fin de l'été, lorsque la plupart des espèces prioritaires mentionnées dans les objectifs de conservation sont présentes dans la ZPM du chenal Laurentien et que les conditions de l'état de la mer se prêtent le mieux à l'échantillonnage. Cela optimisera l'utilisation efficace du temps-navire et évitera d'ajouter des facteurs de confusion liés à l'état de la mer aux ensembles de données de surveillance. Ces données seront complétées, dans la mesure du possible, par une collecte autonome de données tout au long de l'année (télé-détection, mouillages, etc.). Les sources de données provenant des programmes de surveillance externes établis (la surveillance complémentaire) permettront de maintenir le calendrier saisonnier actuel et, dans certains cas, combleront les lacunes en

matière de saisonnalité pour le programme de surveillance de base (p. ex. les relevés au chalut par navire de recherche sont toujours menés d'avril à juin dans la ZPM). Certaines considérations propres à la saisonnalité ont été fournies dans la section « Relevés d'imagerie du fond marin » concernant les pennatules (épifaune) et d'autres habitats benthiques.

GESTION ADAPTATIVE

Des incertitudes existent dans tous les écosystèmes marins. La gestion adaptative est donc essentielle pour ajuster les stratégies de gestion progressivement en fonction des nouvelles informations disponibles (gouvernement du Canada 2019b). Le programme de surveillance de la ZPM du chenal Laurentien fournira des données utiles pour la gestion adaptative de la ZPM, le déclenchement de mesures de gestion ou la recherche ciblée lorsque les résultats de gestion ne sont pas atteints. De plus, il pourrait être nécessaire de modifier le plan de surveillance si de nouvelles menaces surviennent. À l'avenir, le groupe de travail sur la surveillance devrait envisager d'établir ces seuils ou points critiques pour les indicateurs de surveillance afin de clarifier le moment où des mesures de gestion adaptative pourraient être nécessaires. Un dialogue continu avec la gestion non seulement sur l'état des espèces prioritaires des objectifs de conservation, mais aussi sur les renseignements scientifiques qui pourraient être nécessaires pour guider les mesures de gestion adaptative potentielles (p. ex. ajustements des priorités de surveillance ou modification de l'intention réglementaire) sera également essentiel à la réussite du programme de surveillance.

MOT DE LA FIN

L'approche de surveillance scientifique proposée ici complète stratégiquement les programmes régionaux existants (surveillance complémentaire) par une surveillance rentable spécifique de la ZPM (surveillance de base et recherche ciblée) et servira de base pour faciliter la surveillance utile et scientifiquement solide de la ZPM du chenal Laurentien. Nous croyons qu'elle peut également servir de modèle pour d'autres aires de conservation de Terre-Neuve-et-Labrador, offrant la possibilité d'évaluations intégrées des aires de conservation régionales pour des indicateurs courants. De nombreuses inconnues demeurent, et ce programme devra être réévalué et perfectionné (en particulier après des essais sur le terrain) afin de déterminer si les objectifs de la ZPM seront atteints à long terme.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tous les participants à la réunion pour leurs précieux commentaires et leurs discussions sur les deux documents de travail pendant la réunion. Nous remercions également nos réviseurs, Ryan Stanley (MPO, région des Maritimes), Dan Keller (Parcs Canada), Paul Snelgrove (MUN) et Mariano Koen-Alonso (MPO, région de Terre-Neuve-et-Labrador), qui ont révisé l'un des documents de travail ou les deux.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Agence Parcs Canada. 2007. Surveillance et rapports relatifs à l'intégrité écologique dans les parcs nationaux du Canada, volume 2 : Guide pour l'établissement de programmes de surveillance de l'IE à l'échelle des parcs. Ottawa (mars). 123 p.
- Ambroso, S., Grinyó, J., Bilan, M., et Puig, P. 2021. [Extremely rapid withdrawal behaviour of the sea pen *Protoptilum cf. carpenteri* in the deep Mediterranean](#). Mar. Biodivers. 51(6): 91.

-
- Archer, S.K., Halliday, W.D., Riera, A., Mouy, X., Pine, M.K., Chu, J.W.F., Dunham, A., et Juanes, F. 2018. [First description of a glass sponge reef soundscape reveals fish calls and elevated sound pressure levels](#). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 595: 245–252.
- Ayma, A., Aguzzi, J., Canals, M., Lastras, G., Bahamon, N., Mecho, A., et Company, J.B. 2016. [Comparison between ROV video and Agassiz trawl methods for sampling deep water fauna of submarine canyons in the Northwestern Mediterranean Sea with observations on behavioural reactions of target species](#). *Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.* 114: 149–159.
- Bailey, H., Fossette, S., Bograd, S.J., Shillinger, G.L., Swithenbank, A.M., Georges, J.Y., Gaspar, P., Strömberg, K.H.P., Paladino, F. V., Spotila, J.R., Block, B.A., et Hays, G.C. 2012. [Movement patterns for a critically endangered species, the leatherback turtle \(*Dermochelys coriacea*\), linked to foraging success and population status](#). *PLoS One* 7(5).
- Baillon, S., Hamel, J.-F., et Mercier, A. 2015. [Protracted oogenesis and annual reproductive periodicity in the deep-sea pennatulacean *Halipterus finmarchica* \(Anthozoa, Octocorallia\)](#). *Mar. Ecol.* 36(4): 1364–1378.
- Baillon, S., Hamel, J.F., et Mercier, A. 2014a. [Diversity, distribution and nature of faunal associations with deep-sea pennatulacean corals in the northwest Atlantic](#). *PLoS One* 9(11).
- Baillon, S., Hamel, J.F., Wareham, V.E., et Mercier, A. 2014b. [Seasonality in reproduction of the deep-water pennatulacean coral *Anthoptilum grandiflorum*](#). *Mar. Biol.* 161(1): 29–43.
- Baker, K.D., Wareham, V.E., Snelgrove, P.V.R., Haedrich, R.L., Fifield, D.A., Edinger, E.N., et Wilkinson, K.D. 2012. [Distributional patterns of deep-sea coral assemblages in three submarine canyons off Newfoundland, Canada](#). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 445: 235–249.
- Bangley, C.W., Curtis, T.H., Secor, D.H., Latour, R.J., et Ogburn, M.B. 2020. [Identifying Important Juvenile Dusky Shark Habitat in the Northwest Atlantic Ocean Using Acoustic Telemetry and Spatial Modeling](#). *Mar. Coast. Fish.* 12(5): 348–363.
- Baumgartner, M.F., et Mussoline, S.E. 2011. [A generalized baleen whale call detection and classification system](#). *J. Acoust. Soc. Am.* 129(5): 2889–2902.
- Birkeland, C. 1974. [Interactions between a Sea Pen and Seven of Its Predators](#). *Ecol. Monogr.* 44(2): 211–232.
- Blais, N., et Wells, P.G. 2022. [The leatherback turtle \(*Dermochelys coriacea*\) and plastics in the Northwest Atlantic ocean: A hazard assessment](#). *Heliyon* 8(12).
- Boag, T. 2014. Age and size at sexual maturity of the Black Dogfish (*Centroscyllium fabricii*). Honours Thesis, Dept. of Marine Sciences, University of New England (ME, USA). 38p.
- Bugden, G.L. 1991. Changes in the temperature salinity characteristics of the deeper waters of the Gulf of St. Lawrence. *Dans Le Golfe du Saint-Laurent: petit océan ou grand estuaire? Rédigé par J.-C. Therriault*. Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques. 113. p. 139–147.
- Caliński, T., et Harabasz, J. 1974. [A dendrite method for cluster analysis](#). *Commun. Stat.* 3(1): 1–27.
- Campana, S.E., Fowler, M., Houlihan, D., Joyce, W., Showell, M., Simpson, M., Miri, C., et Eagles, M. 2015. [Évaluation du potentiel de rétablissement de la maraîche \(*Lamna nasus*\) au Canada atlantique](#). *Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.* 2015/041. iv + 45 p.
-

-
- Campana, S.E., Gibson, A.J., Fowler, M., Dorey, A., et Joyce, W. 2013. [Dynamique des populations de la maraîche de l'Atlantique Nord-Ouest \(*Lamna nasus*\), avec une évaluation de la situation et des prévisions de rétablissement](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/096. iv + 84 p.
- Chimienti, G., Angeletti, L., Rizzo, L., Tursi, A., et Mastrototaro, F. 2018. [ROV vs trawling approaches in the study of benthic communities: The case of *Pennatula rubra* \(Cnidaria: Pennatulacea\)](#). J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom 98(8): 1859–1869.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., Sommerfield, P.J., et Warwick, R.M. 2014. Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation, 3rd edition. PRIMER-E: Plymouth.
- Clay, S., Layton, C., et Devred, E. 2021. [BIO-RSG/PhytoFit: First release \(v1.0.0\)](#). Zenodo.
- De Clippele, L.H., Rovelli, L., Ramiro-Sánchez, B., Kazanidis, G., Vad, J., Turner, S., Glud, R.N., et Roberts, J.M. 2021. [Mapping cold-water coral biomass: an approach to derive ecosystem functions](#). Coral Reefs 40(1): 215–231.
- Cominelli, S., Halliday, W.D., Pine, M.K., Hilliard, R.C., Lawson, J.W., Duman, N.I., et Devillers, R. 2020. [Vessel noise in spatially constricted areas: Modeling acoustic footprints of large vessels in the Cabot Strait, Eastern Canada](#). Ocean Coast. Manag. 194: 105255.
- Compagno, L.J. V. 1984. FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fish. Synop. 125(4/2): 251–655. FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- COSEPAC. 2012. [Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur la raie à queue de velours \(*Malacoraja senta*\) au Canada](#). Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xviii + 84 p.
- COSEPAC. 2014. [Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la maraîche \(*Lamna nasus*\) au Canada](#). Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xi + 42 p.
- Couillard, C.M., Sainte-Marie, B., et Dionne, H. 2021. [Late maturity and evidence for female biennial spawning in the sea pen *Pennatula aculeata* \(Anthozoa, Pennatulacea\) in eastern Canada](#). Invertebr. Biol. 140(4): e12351.
- Cox, S.P., Benson, A., et den Heyer, C.E. 2019. [Framework for the Assessment of Atlantic Halibut Stocks on Scotian Shelf and Southern Grand Banks](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/001. v + 57 p.
- Crossin, G.T., Heupel, M.R., Holbrook, C.M., Hussey, N.E., Lowerre-Barbieri, S.K., Nguyen, V.M., Raby, G.D., et Cooke, S.J. 2017. [Acoustic telemetry and fisheries management](#). Ecol. Appl. 27(4): 1031–1049.
- Cyr, F., et Galbraith, P.S. 2021. [A climate index for the Newfoundland and Labrador shelf](#). Earth Syst. Sci. Data 13(5): 1807–1828.
- Cyr, F., Snook, S., Bishop, C., Galbraith, P.S., N, C., et Han, G. 2022. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador en 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/040.
- Danovaro, R., Gambi, C., Dell'Anno, A., Corinaldesi, C., Fraschetti, S., Vanreusel, A., Vincx, M., et Gooday, A.J. 2008. [Exponential Decline of Deep-Sea Ecosystem Functioning Linked to Benthic Biodiversity Loss](#). Curr. Biol. 18(1): 1–8.
-

-
- DFO. 2011. [Biophysical overview of the Laurentian Channel area of interest \(AOI\)](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2010/076.
- Downie, A., Noble-James, T., Chaverra, A., et Howell, K. 2021. [Predicting sea pen \(Pennatulacea\) distribution on the UK continental shelf: evidence of range modification by benthic trawling](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 670: 75–91.
- Durden, J.M., Hosking, B., Bett, B.J., Cline, D., et Ruhl, H.A. 2021. [Automated classification of fauna in seabed photographs: The impact of training and validation dataset size, with considerations for the class imbalance](#). Prog. Oceanogr. 196: 102612.
- Eckelbarger, K.J., Tyler, P.A., et Langton, R.W. 1998. [Gonadal morphology and gametogenesis in the sea pen *Pennatula aculeata* \(Anthozoa: Pennatulacea\) from the Gulf of Maine](#). Mar. Biol. 132(4): 677–690.
- Eckert, S.A. 2006. [High-use oceanic areas for Atlantic leatherback sea turtles \(*Dermochelys coriacea*\) as identified using satellite telemetered location and dive information](#). Mar. Biol. 149(5): 1257–1267.
- Edwards, D.C.B., et Moore, C.G. 2008. [Reproduction in the sea pen *Pennatula phosphorea* \(Anthozoa: Pennatulacea\) from the west coast of Scotland](#). Mar. Biol. 155(3): 303–314.
- El-Sabh, M., et Silverberg, N. 1990. [The St. Lawrence Estuary: Introduction](#). In Oceanography of a large-scale estuarine system. Springer, New York, NY. pp. 1–9.
- Eleftheriou, A. 2013. Methods for the Study of Marine Benthos. In Methods for the Study of Marine Benthos: Fourth Edition.
- Eleftheriou, A., et Moore, D.C. 2005. Macrofauna Techniques. In Methods for the Study of Marine Benthos: Third Edition.
- Équipe de rétablissement de la tortue luth de l'Atlantique. 2006. [Programme de rétablissement de la tortue luth \(*Dermochelys coriacea*\) dans les eaux canadiennes de l'Atlantique](#). Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada, Ottawa, vii + 47 pp.
- Fisheries and Oceans Canada. 2017. Température de surface de l'eau par télédétection satellitaire [Data set].
- Forest, A., Stemann, L., Picheral, M., Burdorf, L., Robert, D., Fortier, L., et Babin, M. 2012. [Size distribution of particles and zooplankton across the shelf-basin system in southeast Beaufort Sea: combined results from an Underwater Vision Profiler and vertical net tows](#). Biogeosciences 9(4): 1301–1320.
- Fraschetti, S., Terlizzi, A., Micheli, F., Benedetti-Cecchi, L., et Boero, F. 2002. [Marine protected areas in the mediterranean sea: Objectives, effectiveness and monitoring](#). Mar. Ecol. 23(SUPPL. 1): 190–200.
- Gale, K.S.P., Hamel, J.F., et Mercier, A. 2013. [Trophic ecology of deep-sea Asteroidea \(Echinodermata\) from eastern Canada](#). Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap. 80: 25–36.
- Gatien, M.G. 1976. [A Study in the Slope Water Region South of Halifax](#). J. Fish. Res. Board Canada 33(10): 2213–2217.
- GEBCO Compilation Group. 2021. [GEBCO 2021 Grid](#).
- Gilbert, D., Sundby, B., Gobeil, C., Mucci, A., et Tremblay, G.-H. 2005. [A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection](#). Limnol. Oceanogr. 50(5): 1654–1666.
-

-
- [Global Ocean Physics Reanalysis](#). E.U. Copernicus Marine Service Information (CMEMS). Marine Data Store (MDS). Assessed September 2022.
- Gouvernement du Canada. 2019a. [Lettre de mandat de la ministre des Pêches, des Océans et de la Garde côtière canadienne](#). Cabinet du premier ministre. Disponible à l'adresse : <https://www.pm.gc.ca/fr/lettres-de-mandat/2019/12/13/archivee-lettre-de-mandat-de-la-ministre-des-peches-des-oceans-et-de>.
- Gouvernement du Canada. 2019b. [Règlement sur la zone de protection marine du chenal Laurentien : DORS/2019-105](#). Gazette du Canada, Partie II 153(9).
- Gullage, L., Devillers, R., et Edinger, E. 2017. [Predictive distribution modelling of cold-water corals in the Newfoundland and Labrador region](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 582: 57–77.
- Halfyard, E.A., Webber, D., Del Papa, J., Leadley, T., Kessel, S.T., Colborne, S.F., et Fisk, A.T. 2017. [Evaluation of an acoustic telemetry transmitter designed to identify predation events](#). Methods Ecol. Evol. 8(9): 1063–1071.
- Hannah, L., Thornborough, K., Clarke Murray, C., Nelson, J., Locke, A., Mortimor, J., et Lawson, J. 2020. [Modèles conceptuels de séquences des effets pour la navigation maritime commerciale au Canada : effets biologiques et écologiques](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/077. ix + 212 p.
- He, X., Stanley, R.R.E., Rubidge, E.M., Jeffery, N.W., Hamilton, L.C., Westfall, K.M., Gilmore, S.R., Roux, L.M.D., Gale, K.S.P., Heaslip, S.G., Steeves, R., et Abbott, C.L. 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.
- Holte, B., et Buhl-Mortensen, L. 2020. [Does grab size influence sampled macrofauna composition? A test conducted on deep-sea communities in the northeast Atlantic](#). Mar. Environ. Res. 154: 104867.
- Hoover, A.L., Liang, D., Alfaro-Shigueto, J., Mangel, J.C., Miller, P.I., Morreale, S.J., Bailey, H., et Shillinger, G.L. 2019. [Predicting residence time using a continuous-time discrete-space model of leatherback turtle satellite telemetry data](#). Ecosphere 10(3).
- Houghton, J.D.R., Doyle, T.K., Wilson, M.W., Davenport, J., et Hays, G.C. 2006. [Jellyfish aggregations and leatherback turtle foraging patterns in a temperate coastal environment](#). Ecology 87(8): 1967–1972.
- Hussey, N.E., Orr, J., Fisk, A.T., Hedges, K.J., Ferguson, S.H., et Barkley, A.N. 2018. [Mark report satellite tags \(mrPATs\) to detail large-scale horizontal movements of deep water species: First results for the Greenland shark \(*Somniosus microcephalus*\)](#). Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap. 134: 32–40.
- Huvenne, V.A.I., Bett, B.J., Masson, D.G., Le Bas, T.P., et Wheeler, A.J. 2016. [Effectiveness of a deep-sea cold-water coral Marine Protected Area, following eight years of fisheries closure](#). Biol. Conserv. 200: 60–69.
- ISA. 2002. Standardization of Environmental Data and Information - Development of Guidelines. Proc. Int. Seabed Authority's Work. held Kingston, Jamaica, 25-29 June 2001. ISA/02/02: 539.
- Jägerbrand, A.K., Brutemark, A., Barthel Svedén, J., et Gren, I.M. 2019. [A review on the environmental impacts of shipping on aquatic and nearshore ecosystems](#). Sci. Total Environ. 695: 133637.
-

-
- James, M.C., Myers, R.A., et Ottensmeyer, C.A. 2005. [Behaviour of leatherback sea turtles, *Dermochelys coriacea*, during the migratory cycle](#). Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 272(1572): 1547–1555.
- James, M.C., Sherrill-Mix, S.A., et Myers, R.A. 2007. [Population characteristics and seasonal migrations of leatherback sea turtles at high latitudes](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 337: 245–254.
- James, T.L., Landsman, S.J., Ramsay, L.L., Giffin, M.D., et Bris, A. Le. 2020. [Migration patterns of atlantic halibut captured in the southern gulf of st. Lawrence as assessed with pop-up satellite archival and floy tags](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 77(7): 1233–1242.
- Joyce, W.N., Campana, S.E., Natanson, L.J., Kohler, N.E., Pratt Jr, H.L., et Jensen, C.F. 2002. [Analysis of stomach contents of the porbeagle shark \(*Lamna nasus Bonnaterra*\) in the northwest Atlantic](#). ICES J. Mar. Sci. 59(6): 1263–1269.
- De Juan, S., Thrush, S.F., et Demestre, M. 2007. [Functional changes as indicators of trawling disturbance on a benthic community located in a fishing ground \(NW Mediterranean Sea\)](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 334: 117–129.
- Jutras, M., Dufour, C.O., Mucci, A., Cyr, F., et Gilbert, D. 2020. [Temporal Changes in the Causes of the Observed Oxygen Decline in the St. Lawrence Estuary](#). J. Geophys. Res. Ocean. 125(e2020JC016577).
- Kenchington, E., Murillo, F.J., Cogswell, A., et Lirette, C. 2011. Development of Encounter Protocols and Assessment of Significant Adverse Impact by Bottom Trawling for Sponge Grounds and Sea Pen Fields in the NAFO Regulatory Area. NAFO SCR Doc. 11/75.
- Kenchington, E., Siferd, T., et Lirette, C. 2012. [Biodiversité Marine Arctique: Indicateurs pour un suivi de la mégafaune de coraux et d'éponges dans l'est de l'Arctique](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/003. v + 37 p.
- Knotek, R., Kneebone, J., Sulikowski, J., Curtis, T., Jurek, J., et Mandelman, J. 2020. [Utilization of pop-up satellite archival transmitting tags to evaluate thorny skate \(*Amblyraja radiata*\) discard mortality in the Gulf of Maine groundfish bottom trawl fishery](#). ICES J. Mar. Sci. 77(1): 256–266.
- 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., et Murillo, J. 2018. [Analyse du recoupement entre l'effort de pêche et les zones benthiques importantes dans les eaux marines canadiennes de l'Atlantique et de l'Arctique de l'Est](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/015. xvii + 269 p.
- Kulka, D.W. 2006. Abundance and Distribution of Demersal Sharks on the Grand Banks with Particular Reference to the NAFO Regulatory Area. NAFO SCR Doc., 2006/20, Ser. No. N5237, 36 p.
- Kulka, D.W., et Atkinson, D.B. 2016. [Résultats des prises de sébaste tirés des relevés de l'été 2009, 2011 et 2014 dans l'unité 2](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2016/019. v + 32 p.
- Kulka, D.W., Swain, D., Simpson, M.R., Miri, C.M., Simon, J., Gauthier, J., McPhie, R., Sulikowski, J., et Hamilton, L. 2006. [Distribution, abundance, and life history of *Malacoraja senta* \(smooth skate\) in Canadian Atlantic waters with reference to its global distribution](#). Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2006/093: 140 p.
-

-
- Kulka, D.W., Sulikowski, J.A., et Cotton, C.F. 2022. [Spatial ecology of black dogfish \(*Centroscyllium fabricii*\) in deep waters off Canada: first record of a nursery, pupping ground and long-distance migration for a deepwater demersal shark](#). *Marine and Freshwater Research* 73(8), 1025–1040.
- Lacharité, M., Brown, C.J., Normandeau, A., et Todd, B.J. 2020. [Geomorphologic features and benthos in a deep glacial trough in Atlantic Canada](#). In P.T. Harris and E. Baker (Eds.) *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat*. Elsevier Science. pp. 691–704.
- Langton, R.W., Langton, E.W., Theroux, R.B., et Uzmann, J.R. 1990. [Distribution, behavior and abundance of sea pens, *Pennatula aculeata*, in the Gulf of Maine](#). *Mar. Biol.* 107(3): 463–469.
- Lawson, J.W., et Gosselin, J. 2009. [Distribution and Preliminary Abundance Estimates for Cetaceans Seen During Canada's Marine Megafauna Survey - A Component of the 2007 TNASS](#). *Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2009/031: 1–27.
- Lea, J.S.E., Humphries, N.E., von Brandis, R.G., Clarke, C.R., et Sims, D.W. 2016. [Acoustic telemetry and network analysis reveal the space use of multiple reef predators and enhance marine protected area design](#). *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 283(1834). Royal Society of London.
- Legendre, P. 2018. Numerical ecology. In *Encyclopedia of Ecology*. Elsevier Science.
- Lewis, S., Ramirez-Luna, V., Templeman, N., Simpson, M.R., Gilkinson, K., Lawson, J.W., Miri, C., et 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.
- Lin, T.H., Chen, C., Watanabe, H.K., Kawagucci, S., Yamamoto, H., et Akamatsu, T. 2019. [Using Soundscapes to Assess Deep-Sea Benthic Ecosystems](#). *Trends Ecol. Evol.* 34(12): 1066–1069.
- Lins, L., Zeppilli, D., Menot, L., Michel, L.N., Bonifácio, P., Brandt, M., Pape, E., Rossel, S., Uhlenkott, K., Macheriotou, L., Bezerra, T.N., Sánchez, N., Alfaro-Lucas, J.M., Martínez Arbizu, P., Kaiser, S., Murakami, C., et Vanreusel, A. 2021. [Toward a reliable assessment of potential ecological impacts of deep-sea polymetallic nodule mining on abyssal infauna](#). *Limnol. Oceanogr. Methods* 19(9): 626–650.
- Lippi, D., Coxey, M., Rooker, J., Rezende, S., Dance, M., Gaspar, A., Maida, M., et Ferreira, B. 2022. [Use of acoustic telemetry to evaluate fish movement, habitat use, and protection effectiveness of a coral reef no-take zone in Brazil](#). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 688: 113–131.
- Liu, Q., Liu, Z., Jiang, J., et Qi, J. 2020. [A new soundscape analysis tool: Soundscape Analysis and Mapping System \(SAMS\)](#). *Appl. Acoust.* 169: 107454.
- Long, S., Sparrow-Scinocca, B., Blicher, M.E., Hammeken Arboe, N., Fuhrmann, M., Kemp, K.M., Nygaard, R., Zinglensen, K., et Yesson, C. 2020. [Identification of a Soft Coral Garden Candidate Vulnerable Marine Ecosystem \(VME\) Using Video Imagery, Davis Strait, West Greenland](#). *Front. Mar. Sci.* 7(June): 1–19.
- 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.
-

-
- Malecha, P.W., et Stone, R.P. 2009. [Response of the sea whip *Halipterus willemoesi* to simulated trawl disturbance and its vulnerability to subsequent predation](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 388: 197–206.
- McCallum, B.R., et Walsh, S.J. 1997. Groundfish survey trawls used at the Northwest Atlantic fisheries centre, 1971 to present. NAFO Sci. Coun. Stud. (29): 93–104.
- McKenna, M.F., Southall, B.L., Chou, E., Robards, M., et Rosenbaum, H.C. 2021. [An integrated underwater soundscape analysis in the Bering Strait region](#). J. Acoust. Soc. Am. 150(3): 1883–1896.
- McMahon, C.R., et Hays, G.C. 2006. [Thermal niche, large-scale movements and implications of climate change for a critically endangered marine vertebrate](#). Glob. Chang. Biol. 12(7): 1330–1338.
- de Mendonça, S.N., et Metaxas, A. 2021. [Comparing the Performance of a Remotely Operated Vehicle, a Drop Camera, and a Trawl in Capturing Deep-Sea Epifaunal Abundance and Diversity](#). Front. Mar. Sci. 8:631354.
- Miatta, M., Bates, A.E., et Snelgrove, P.V.R. 2021. [Incorporating Biological Traits into Conservation Strategies](#). Ann. Rev. Mar. Sci. 13(January): 421–443.
- Miatta, M., et Snelgrove, P.V.R. 2022. [Sea pens as indicators of macrofaunal communities in deep-sea sediments: Evidence from the Laurentian Channel Marine Protected Area](#). Deep Sea Res. Part I Oceanogr. Res. Pap. 182: 103702.
- Mitchell, M.R., Harrison, G., Pauley, K., Gagné, A., Maillet, G., et Strain, P. 2002. Atlantic zonal monitoring program sampling protocol. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 223 iv + 23p.
- Morris, C., Barnes, J., Schornagel, D., Whidden, C., et Lamontagne, P. 2021. Measuring effects of seismic surveying on groundfish resources off the coast of Newfoundland, Canada. J. Ocean Technol. 16(3): 57–63.
- Morris, C.J., Cote, D., Martin, B., et Kehler, D. 2018. [Effects of 2D seismic on the snow crab fishery](#). Fish. Res. 197: 67–77.
- Morris, C.J., Nguyen, K.Q., Neves, B. de M., et Cote, D. 2024. [Monitoring data for a new large offshore marine protected area reveals infeasible management objectives](#). Conserv. Sci. Pract.: e13076.
- Mosnier, A., Gosselin, J.F., Lawson, J., Plourde, S., et Lesage, V. 2019. [Predicting seasonal occurrence of leatherback turtles \(*Dermochelys coriacea*\) in eastern Canadian waters from turtle and ocean sunfish \(*Mola mola*\) sighting data and habitat characteristics](#). Can. J. Zool. 97(5): 464–478.
- 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. 2015. [Indicateurs, protocoles et stratégies de surveillance de l'aire marine protégée \(AMP\) proposée pour le chenal Laurentien](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/049.
- MPO. 2020a. [Utiliser des données de repérage par satellite pour délimiter l'habitat important de la tortue luth dans les eaux canadiennes de l'Atlantique : mise à jour de 2019](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2020/041.
-

-
- MPO. 2020b. [Évaluation des menaces pesant sur la sous-population de tortue luth \(*Dermochelys coriacea*\) de l'Atlantique Nord-Ouest](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2020/039.
- MPO. 2021a. [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. 2021b. [Mise à jour de l'état du stock de flétan de l'Atlantique \(*Hippoglossus hippoglossus*\) de la plate forme Néo-Écossaise et du sud des grands bancs dans les divisions 3NOPs4VWX5Zc de l'OPANO pour 2020](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2021/024.
- MPO. 2022a. [Conditions océanographiques dans la zone atlantique en 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/025.
- MPO. 2022b. [Évaluation à l'appui des décisions liées à l'autorisation de relevés scientifiques menés à l'aide d'engins entrant en contact avec le fond dans les aires protégées de la biorégion des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/045.
- MPO. 2024. [Évaluation mise à jour du loup à tête large, du loup tacheté et du loup atlantique en ce qui concerne l'état, le cycle biologique et l'habitat des populations](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2024/010.
- Muntoni, M., Devillers, R., et Koen-Alonso, M. 2019. [Science should not be left behind during the design of a marine protected area: Meeting conservation priorities while integrating stakeholder interests](#). *Facets*. 4(1): 472–492.
- Murillo, F.J., MacDonald, B.W., Kenchington, E., Campana, S.E., Sainte-Marie, B., et Sacau, M. 2018. [Morphometry and growth of sea pen species from dense habitats in the Gulf of St. Lawrence, eastern Canada](#). *Mar. Biol. Res.* 14(4): 366–382.
- NAFO. 2013. Report of the 6th Meeting of the NAFO Scientific Council Working Group on Ecosystem Science and Assessment (WGESA) [Formerly WGEAFM]. 19-29 November 2013. Ser. No. N6277, NAFO/SCS Doc. 13/024.
- National Marine Fisheries and Wildlife Services. 2013. Leatherback Sea Turtle 5-Year Review: Summary and Evaluation. Available from <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/17029>.
- Nepkin, J., Juniper, S.K., et Archambault, P. 2014. [Diversity, abundance and community structure of benthic macro- And megafauna on the beaufort shelf and slope](#). *PLoS One* 9(7): 1–11.
- Neves, B. de M., Edinger, E., et Wareham Hayes, V. 2018a. [Morphology and composition of the internal axis in two morphologically contrasting deep-water sea pens \(Cnidaria: Octocorallia\)](#). *J. Nat. Hist.* 52(11–12): 659–685.
- Neves, B., Edinger, E., Hayes, V., Devine, B., Wheeland, L., et Layne, G. 2018b. [Size metrics, longevity, and growth rates in *Umbellula encrinus* \(Cnidaria: Pennatulacea\) from the eastern Canadian Arctic](#). *Arct. Sci.* 4(4): 722–749.
- Neves, B., Edinger, E., Layne, G., et Wareham, V. 2015. [Decadal longevity and slow growth rates in the deep-water sea pen *Halipterus finmarchica* \(Sars, 1851\) \(Octocorallia: Pennatulacea\): implications for vulnerability and recovery from anthropogenic disturbance](#). *Hydrobiologia* 759(1): 147–170.
-

-
- Neves, B.M., Faille, G., Murillo, F.J., Dinn, C., Pućko, M., Dudas, S., Devanney, A., et Allen, P. 2026. [Cadre national de suivi des zones abritant des coraux et des éponges définies comme autres mesures de conservation efficaces par zone](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2026/023. vii + 147 p.
- Noble-James, T., Jesus, A., et McBreen, F. 2018. Monitoring guidance for marine benthic habitats. JNCC Rep. No: 598(July): 119.
- O'Brien, J.M., Stanley, R.R.E., Jeffery, N.W., Heaslip, S.G., DiBacco, C., et Wang, Z. 2022. [Modeling demersal fish and benthic invertebrate assemblages in support of marine conservation planning](#). Ecol. Appl. 32(3): 1–21.
- OSPAR. 2012. Report of the OSPAR workshop on MSFD biodiversity descriptors: comparison of targets and associated indicators. Available from <https://www.ospar.org/documents?v=7306>.
- Parzanini, C., Parrish, C.C., Hamel, J.-F., et Mercier, A. 2018. [Functional diversity and nutritional content in a deep-sea faunal assemblage through total lipid, lipid class, and fatty acid analyses](#). PLoS One 13(11): e0207395.
- Pelletier, D., García-Charton, J.A., Ferraris, J., David, G., Thébaud, O., Letourneur, Y., Claudet, J., Amand, M., Kulbicki, M., et Galzin, R. 2005. [Designing indicators for assessing the effects of marine protected areas on coral reef ecosystems: A multidisciplinary standpoint](#). Aquat. Living Resour. 18(1): 15–33.
- Penfold, L.M., et Wyffels, J.T. 2019. [Reproductive science in sharks and rays](#). In Advances in Experimental Medicine and Biology. pp. 465–488.
- Penney, H.D., Baillon, S., Hamel, J.-F., Pête, J., et Mercier, A. 2021. [Morphology and biology of the endoparasitic copepod *Lamippe bouligandi* from the bathyal sea pen *Anthoptilum grandiflorum*](#). Symbiosis 85(2): 233–248.
- Piechaud, N., Hunt, C., Culverhouse, P.F., Foster, N.L., et Howell, K.L. 2019. [Automated identification of benthic epifauna with computer vision](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 615: 15–30.
- Pomeroy, R.S., Watson, L.M., Parks, J.E., et Cid, G.A. 2005. [How is your MPA doing? A methodology for evaluating the management effectiveness of marine protected areas](#). Ocean Coast. Manag. 48(7–8): 485–502.
- Purcell, J.E. 2005. [Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms: A review](#). J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom 85(3): 461–476.
- Quinn, G.P., et Keough, M.J. 2002. [Experimental Design and Data Analysis for Biologists](#). Cambridge University Press, Cambridge.
- Renshaw, S. 2019. Monitoring elasmobranchs in marine protected areas: A Canadian case study of the Laurentian Channel. Dalhousie University. Available from <https://dalspace.library.dal.ca/handle/10222/77789> [accessed 24 May 2022].
- Rogers, S.I., Somerfield, P.J., Schratzberger, M., Warwick, R., Maxwell, T.A.D., et Ellis, J.R. 2008. [Sampling strategies to evaluate the status of offshore soft sediment assemblages](#). Mar. Pollut. Bull. 56(5): 880–894.
- Roy, V., Iken, K., Gosselin, M., Tremblay, J.É., Bélanger, S., et Archambault, P. 2015. [Benthic faunal assimilation pathways and depth-related changes in food-web structure across the Canadian Arctic](#). Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap. 102: 55–71.
-

-
- Salvo, F., Hamoutene, D., Hayes, V.E.W., Edinger, E.N., et Parrish, C.C. 2018. [Investigation of trophic ecology in Newfoundland cold-water deep-sea corals using lipid class and fatty acid analyses](#). *Coral Reefs* 37(1): 157–171.
- Shackell, N.L., Keith, D.M., et Lotze, H.K. 2021. [Challenges of Gauging the Impact of Area-Based Fishery Closures and OECMs: A Case Study Using Long-Standing Canadian Groundfish Closures](#). *Front. Mar. Sci.* 8(April): 1–12.
- Sheppard, C.R.C., Ateweberhan, M., Bowen, B.W., Carr, P., Chen, C.A., Clubbe, C., Craig, M.T., Ebinghaus, R., Eble, J., Fitzsimmons, N., Gaither, M.R., Gan, C.H., Gollock, M., Guzman, N., Graham, N.A.J., Harris, A., Jones, R., Keshavmurthy, S., Koldewey, H., Lundin, C.G., Mortimer, J.A., Obura, D., Pfeiffer, M., Price, A.R.G., Purkis, S., Raines, P., Readman, J.W., Riegl, B., Rogers, A., Schleyer, M., Seaward, M.R.D., Sheppard, A.L.S., Tamelander, J., Turner, J.R., Visram, S., Vogler, C., Vogt, S., Wolschke, H., Yang, J.M.C., Yang, S.Y., et Yesson, C. 2012. [Reefs and islands of the Chagos Archipelago, Indian Ocean: Why it is the world's largest no-take marine protected area](#). *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 22(2): 232–261.
- Sherwood, O.A., Jamieson, R.E., Edinger, E.N., et Wareham, V.E. 2008. [Stable C and N isotopic composition of cold-water corals from the Newfoundland and Labrador continental slope: Examination of trophic, depth and spatial effects](#). *Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.* 55(10): 1392–1402.
- Simpson, M., et Miri, C.M. 2014. [A pre-COSEWIC assessment of Porbeagle Shark \(*Lamna nasus*\) in Newfoundland and Labrador waters](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/088. iv + 19 p.
- Simpson, M.R., et Kulka, D.W. 2002. [Status of Three \[wolffish\] Species, *Anarhichus lupus*, *A. minor* and *A. denticulatus*, in Newfoundland Waters, NAFO Divisions 2GHJ3KLNOP](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2002/078.
- Simpson, M.R., Mello, L.G.S., Miri, C.M., Collins, R., Holloway, C., Maddigan, T., et Branch, S. 2015. [A Preliminary Analysis of Habitat Use and Movement Patterns of Wolffish \(*Anarhichas* spp.\) in Coastal Newfoundland Waters](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/033. v + 27 p.
- Simpson, M.R., Sherwood, G.D., Mello, L.G.S. Miri, C.M., and Kulka, D.W. 2013. [Feeding habits and trophic niche differentiation in three species of wolffish \(*Anarhichas* sp.\) inhabiting Newfoundland and Labrador waters](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/056. v + 29 p.
- Smith, B.E., Ford, M.D., et Link, J.S. 2016. [Bloom or bust: synchrony in jellyfish abundance, fish consumption, benthic scavenger abundance, and environmental drivers across a continental shelf](#). *Fish. Oceanogr.* 25(5): 500–514.
- Smith, C.J., et Rumohr, H. 2013. [Imaging Techniques](#). In A. Eleftheriou et A. McIntyre (Eds.) *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Science Ltd, Oxford, U.K.
- Stanley, R., Belley, R., Snelgrove, P., Morris, C., Pepin, P., et Metaxas, A. 2015. A Critical Review of Monitoring Needs and Strategies for Marine Protected Areas and Areas of Interest in Newfoundland and Labrador. *Ecosyst. Manag. Publ. Ser. Newfoundl. Labrador Reg.* 0011 192 p.
- Steele, S.M., Charron, R., Dillon, J., et Shea, D. 2019. [Shallow water survey with a miniature synthetic aperture sonar](#). *Ocean. 2019 MTS/IEEE Seattle, Ocean. 2019 (1): 1–6*.
-

-
- Stoeckle, M.Y., Das Mishu, M., et Charlop-Powers, Z. 2020. [Improved Environmental DNA Reference Library Detects Overlooked Marine Fishes in New Jersey, United States](#). *Front. Mar. Sci.* 7: 226.
- Templeman, N.D. 2007. [Placentia Bay-Grand Banks Large Ocean Management Area Ecologically and Biologically Significant Areas](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/052.
- Tillin, H.M., Hiddink, J.G., et Jennings, S. 2006. [Chronic bottom trawling alters the functional composition of benthic invertebrate communities on a sea-basin scale](#). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 318: 31–45.
- Underwood, A.J. 1992. [Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world](#). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 161(2): 145–178.
- Underwood, A.J., et Chapman, M.G. 2013. Design and analysis in benthic surveys in environmental sampling. *In* *Methods for the Study of Marine Benthos*, (4th ed.). John Wiley & Sons, Ltd, Oxford, UK: pp. 1–45.
- Valsecchi, E., Arcangeli, A., Lombardi, R., Boyse, E., Carr, I.M., Galli, P., et Goodman, S.J. 2021. [Ferries and Environmental DNA: Underway Sampling From Commercial Vessels Provides New Opportunities for Systematic Genetic Surveys of Marine Biodiversity](#). *Front. Mar. Sci.* 8:704786.
- Van Audenhaege, L., Broad, E., Hendry, K.R., et Huvenne, V.A.I. 2021. [High-Resolution Vertical Habitat Mapping of a Deep-Sea Cliff Offshore Greenland](#). *Front. Mar. Sci.* 8:669372.
- Weightman, J.O., et Arsenault, D.J. 2002. [Predator classification by the sea pen *Ptilosarcus gurneyi* \(Cnidaria\): Role of waterborne chemical cues and physical contact with predatory sea stars](#). *Can. J. Zool.* 80(1): 185–190.
- Weiss, S.G., Cholewiak, D., Frasier, K.E., Trickey, J.S., Baumann-Pickering, S., Hildebrand, J.A., et Van Parijs, S.M. 2021. [Monitoring the acoustic ecology of the shelf break of Georges Bank, Northwestern Atlantic Ocean: New approaches to visualizing complex acoustic data](#). *Mar. Policy* 130: 104570.
- Wells, N., Tucker, K., Allard, K., Warren, M., Olson, S., Gullage, L., Pretty, C., Sutton-Pande, V., et Clarke, K. 2019. [Réévaluation de la zone de la baie Placentia et des Grands Bancs de la biorégion des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador pour déterminer et décrire les zones d'importance écologique et biologique](#). *Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.* 2019/049. ix + 168 p.
- Williams, G.C. 2011. [The Global Diversity of Sea Pens \(Cnidaria: Octocorallia: Pennatulacea\)](#). *PLoS One* 6(7): e22747.
- Williams, G.C., et Alderslade, P. 2011. [Three new species of pennatulacean octocorals with the ability to attach to rocky substrata \(Cnidaria: Anthozoa: Pennatulacea\)](#). *Zootaxa.* 3001(1): 33–48.
- Yesson, C., Taylor, M.L., Tittensor, D.P., Davies, A.J., Guinotte, J., Baco, A., Black, J., Hall-Spencer, J.M., et Rogers, A.D. 2012. [Global habitat suitability of cold-water octocorals](#). *J. Biogeogr.* 39(7): 1278–1292.

TABLEAUX

Tableau 1. Calendrier des activités de surveillance dans la ZPM du chenal Laurentien, de 2022 à 2026 Les activités sont codées par couleur comme suit : rouge – relevé aérien, gris – relevé des sébastes, orange – navire affrété, violet – collecte de données non dirigée par le MPO, jaune – relevé du flétan à la palangre, bleu pâle – relevé au chalut du MPO, bleu foncé – VTG, rose – relevé hivernal sur le poisson de fond (Golfe), vert – PMZA/océanographie, brun – relevé des grands requins pélagiques à la palangre.

Méthode de relevé	2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026	Échantillonnage (surveillance de base/surveillance complémentaire/recherche ciblée)	Fréquence
Relevés plurispécifiques au chalut du MPO	–	–	–	–	Complémentaire	Annuelle (printemps)
Relevés aériens (tortues, cétacés, scyphozoaires)	–	–	–	–	Complémentaire	Annuelle
Imagerie satellite	–	–	–	–	Complémentaire	Annuelle (continue)
Étiquettes satellites (étiquettes émettrices détachables de collecte de données)	–	–	–	–	Recherche ciblée	Pas de plan pour le moment
Téléométrie acoustique (récepteurs et marquage)	–	–	–	–	Recherche ciblée	Pas de plan pour le moment
Récepteurs acoustiques (mouillages et mobiles)	–	–	–	–	Recherche ciblée	Pas de plan pour le moment
Sonar multifaisceaux/à balayage latéral	*Réalisé pour la ZPM du chenal Laurentien (de 2010 à 2013)				Recherche ciblée	Pas de plan pour le moment
Mouillage océanographique	–	–	–	–	Complémentaire / de base	Annuelle (continue)
Profil CTP	–	–	–	–	Complémentaire / de base	Biannuel (de base)
ADNe (eau/sédiments)	–	–	–	–	De base	Biannuel (de base)
Carottier à sédiments (benne benthique/carottier à boîte)	–	–	–	–	De base	Biannuel (de base)
Caméra lestée et caméra qu'on laisse dériver/caméra remorquée (systèmes de caméras autres que ceux des VTG)	–	–	–	–	De base	Biannuel (de base)
Caméra appâtée	–	–	–	–	De base	Biannuel (de base)
VTG	–	–	–	–	Recherche ciblée	Tous les 5 à 10 ans environ
Profileur de vision sous-marine (UVP)	–	–	–	–	De base	Biannuel (de base)
Données des observateurs	–	–	–	–	Complémentaire	Annuelle
PMZA	–	–	–	–	Complémentaire	Annuelle (printemps et automne)
Observations (opportunistes)	–	–	–	–	Complémentaire	Annuelle
Système de surveillance des navires ou journaux de bord	–	–	–	–	Complémentaire	Annuelle
FFAW (Fish, Food, and Allied Workers Union)	–	–	–	–	Complémentaire	Annuelle
Vérification à quai	–	–	–	–	Complémentaire	Annuelle

Méthode de relevé			2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026	Échantillonnage (surveillance de base/surveillance complémentaire/recherche ciblée)	Fréquence
Relevé commercial des grands requins pélagiques à la palangre			-	-	-	-	Complémentaire	Tous les cinq ans environ
Relevé des sébastes			-	-	-	-	Complémentaire	Biannuel (fin de l'été)
Relevé du flétan à la palangre (Maritimes)			-	-	-	-	Complémentaire	Annuelle (été)
Relevé hivernal du poisson de fond (Golfe)			-	-	-	-	Complémentaire	Programme de trois ans
Activité	Relevé aérien	Relevé des sébastes	Navire affrété		Collecte de données non dirigée par le MPO		Relevé du flétan à la palangre	
Relevé au chalut du MPO	VTG	Relevé hivernal du poisson de fond (Golfe)	PMZA/océanographie	Relevé des grands requins pélagiques à la palangre				

Tableau 2. Variables abiotiques utilisées dans l'analyse cartographique non supervisée de l'habitat.

Nom	Résolution spatiale originale (m)	Description	Sources des données
Bathymétrie (m)	450	–	GEBCO Compilation Group (2021) Grille GEBCO 2021
Pente (degrés)	450	–	Dérivé des données bathymétriques GEBCO 2021
Écart relatif par rapport à la valeur moyenne	450	Il s'agit d'une mesure de la position relative, qui identifie les pics (valeurs positives) et les creux (valeurs négatives).	
Caractère oriental	450	Les valeurs vont de -1 (complètement à l'ouest) à 1 (complètement à l'est). L'aspect est converti en radians et le caractère oriental est le sinus de l'aspect en radians.	
Caractère septentrional	450	Les valeurs vont de -1 (complètement au sud) à 1 (complètement au nord). L'aspect est converti en radians et le caractère septentrional est le sinus de l'aspect en radians.	
Effort de pêche (heures)	1 000	Effort de pêche total de 2005 à 2018 pour les navires de pêche commerciale (toutes pêches et tous types d'engins) ayant un Système de surveillance des navires à bord	
Température à la surface (°C)	1 500	Moyenne des mois de mars, avril et mai de 1985 à 2013	Température de l'eau à la surface par télédétection par satellite. Données publiées sur l'Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL) (Pêches et Océans Canada 2017).
Température au fond (°C)	8 700	Moyenne des mois de mars, avril et mai de 1993 à 2020	Global Ocean Physics Reanalysis. (GLORYS12 Version 1). Copernicus Monitoring Environment Marine Service (CMEMS).
Salinité (USP)	8 700	–	
Vitesse du courant océanique vers l'est (m/s) (u)	8 700	–	
Vitesse du courant	8 700	–	

Nom	Résolution spatiale originale (m)	Description	Sources des données
océanique vers le nord (m/s) (v)			

Tableau 3. Matrice des composantes de l'analyse en composantes principales montrant les corrélations entre les variables abiotiques et les composantes principales.

Variable abiotique	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Bathymétrie (m)	-0,41172	0,235912	-0,21693	-0,13455	0,097856	-0,41396	0,032271	-0,065	-0,34941	0,329456	0,541142
Caractère oriental	-0,14282	-0,49445	-0,24875	0,25783	-0,18996	-0,02478	-0,70028	0,213716	-0,0005	0,178877	0,044877
Caractère septentrional	-0,3056	0,166314	0,211746	-0,09729	0,086877	0,452009	-0,36739	-0,66556	0,072161	0,169675	-0,029
Pente (degrés)	0,411541	-0,17536	-0,09793	-0,03635	0,223245	0,031512	-0,12124	-0,25644	-0,78945	-0,13772	-0,12446
Écart relatif par rapport à la valeur moyenne	-0,03027	-0,16046	-0,60447	-0,41975	-0,52921	0,175631	0,211338	-0,24743	0,041792	-0,11389	-0,0157
Salinité (USP)	0,462342	0,164036	-0,06001	0,11754	-0,04386	-0,11347	-0,26303	-0,24022	0,27957	-0,38752	0,609834
Vitesse du courant océanique vers l'est (m/s) (u)	-0,10119	0,554287	-0,0963	0,291346	-0,3216	0,459964	-0,09113	0,349949	-0,32975	-0,1723	0,064671
Vitesse du courant océanique vers le nord (m/s) (v)	0,176807	0,17772	-0,17945	-0,64136	0,403323	0,223613	-0,30453	0,406546	0,124369	0,08404	0,019904
Température à la surface (°C)	0,438923	-0,12891	0,126201	0,077183	-0,16638	0,336187	0,22676	0,038363	-0,01218	0,692679	0,308699
Température au fond (°C)	0,303015	0,479589	-0,29753	0,146308	-0,10985	-0,36075	-0,18587	-0,16534	0,128277	0,363151	-0,46457
Effort de pêche (heures)	-0,08174	-0,05795	-0,56722	0,437088	0,555981	0,272515	0,240907	-0,07672	0,169611	0,01134	0,031322
Valeur propre	3,62	1,50	1,12	1,05	0,94	0,84	0,72	0,63	0,36	0,19	0,03

Tableau 4. Matrice des composantes avec corrélations entre les composantes ayant subi la rotation (CR) et les variables d'entrée abiotiques. Pour chaque variable, la charge factorielle la plus élevée est mise en évidence (en gris), ce qui indique la CR avec laquelle la corrélation est la plus forte.

Variable abiotique	CR1	CR2	CR3	CR4
Bathymétrie (m)	-0,837	0,132	0,138	0,176
Caractère oriental	-0,054	-0,467	0,599	-0,024
Caractère septentrional	-0,628	-0,017	-0,16	-0,141
Pente (degrés)	0,799	-0,02	-0,045	0,177
Écart relatif par rapport à la valeur moyenne	-0,055	-0,126	0,244	0,748
Salinité (USP)	0,806	0,406	-0,131	0,035
Vitesse du courant océanique vers l'est (m/s) (u)	-0,311	0,68	0,073	-0,179
Vitesse du courant océanique vers le nord (m/s) (v)	0,167	0,15	-0,421	0,633
Température à la surface (°C)	0,846	0,008	-0,163	-0,066
Température au fond (°C)	0,427	0,771	-0,005	0,149
Effort de pêche (heures)	-0,046	0,179	0,743	0,073

Tableau 5. Valeurs moyennes (\pm écart-type) des variables abiotiques dans les différents groupes.

Variable abiotique	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
Bathymétrie	-80,57 \pm 35,34	-280,17 \pm 199,51	-250,38 \pm 314,24	-120,54 \pm 127,35	-2474,16 \pm 983,37
Caractère oriental	-0,01 \pm 0,69	-0,53 \pm 0,53	0,36 \pm 0,51	-0,17 \pm 0,7	-0,27 \pm 0,49
Caractère septentrional	-0,1 \pm 0,71	-0,39 \pm 0,54	-0,6 \pm 0,51	0,03 \pm 0,7	-0,78 \pm 0,3
Pente	0,13 \pm 0,19	0,4 \pm 0,58	0,96 \pm 1,18	0,11 \pm 0,18	1,83 \pm 0,92
Écart relatif par rapport à la valeur moyenne	0,18 \pm 0,19	0 \pm 0,17	0,11 \pm 0,19	-0,18 \pm 0,18	-0,01 \pm 0,17
Salinité	32,65 \pm 0,31	34,37 \pm 0,69	33,29 \pm 1,36	32,75 \pm 0,32	34,92 \pm 0,05
Vélocité uo	-0,02 \pm 0,03	0 \pm 0,01	-0,01 \pm 0,01	-0,01 \pm 0,02	-0,03 \pm 0,02
Vélocité vo	0,01 \pm 0,03	0,01 \pm 0,02	0 \pm 0,02	-0,02 \pm 0,03	0,01 \pm 0,02
Température à la surface	1,54 \pm 0,52	2,2 \pm 1	1,87 \pm 0,75	1,71 \pm 0,67	4,59 \pm 0,79
Température au fond	0,86 \pm 0,89	5,36 \pm 1,21	3,43 \pm 2,58	0,97 \pm 1,05	3,16 \pm 0,71
Effort de pêche	4,25 \pm 10,07	3,62 \pm 8,51	133,72 \pm 77,97	6,17 \pm 12,35	1,47 \pm 3,98

Tableau 6. Les indicateurs sélectionnés pour chaque objectif de conservation concernant les espèces prioritaires ainsi que la biodiversité et l'océanographie.

Indicateur	Pennatules	Aiguillat noir	Raie à queue de velours	Loup à tête large	Maraiche	Tortue luth	Biodiversité	Océanographie
Biomasse	X	X	X	X	-	-	X	X
Abondance/Densité	X	X	X	X	X	-		X
Diversité des espèces/taxons	X ¹	-	-	-	-	-	X	X
Richesse en espèces/taxons	X ¹	-	-	-	-	-	X	X
Répartition selon la taille	X	X	X	X	-	-	-	-
Occurrence/fréquence	-	X	X	X	X	X	-	-
Répartition	-	X	X	-	-	-	-	-
Poids des prises dans les pêches	-	X	X	X	-	-	-	-
Fréquences de longueur	-		X	X	-	-	-	-
Rencontres létales/empêtements non létaux	-	-	-	-	X	X	-	-
Taille (longueur)	-	-	-	-	X	-	-	-
Poids	-	-	-	-	X	-	-	-
Déplacements	-	-	-	-	X	-	-	-
Concentrations de méduses (abondance et répartition)	-	-	-	-	-	X	-	-
Température	-	-	-	-	-	-	-	X
Chlorophylle-a	-	-	-	-	-	-	-	X
Salinité	-	-	-	-	-	-	-	X

Indicateur	Pennatules	Aiguillat noir	Raie à queue de velours	Loup à tête large	Maraîche	Tortue luth	Biodiversité	Océanographie
Concentration en oxygène	-	-	-	-	-	-	-	X
Acidification de l'océan (alcalinité, pH, CID, pCO₂)	-	-	-	-	-	-	-	X
Paysage sonore/caractéristiques acoustiques	-	-	-	-	-	-	X	X
Flux de nutriments (mouvement des masses d'eau)	-	-	-	-	-	-	-	X
Courants	-	-	-	-	-	-	-	X
Composition de l'endofaune et de l'épifaune	-	-	-	-	-	-	X	-
Flux trophiques	-	-	-	-	-	-	X	-
Flux énergétiques	-	-	-	-	-	-	X	-
Biomasse des prédateurs/proies	-	-	-	-	-	-	X	-
Productivité primaire	-	-	-	-	-	-	-	X
Variabilité du zooplancton	-	-	-	-	-	-	X	X
Menaces (p. ex. sédimentation, bruit, déversements d'hydrocarbures)	X	-	-	-	-	-	X	-

¹Voir la section Indicateurs pour une analyse de l'utilisation de ces paramètres pour la surveillance des pennatules.

Tableau 7. Indicateurs sélectionnés pour chacune des méthodes et stratégies de relevé. * Indique les relevés qui peuvent être utilisés dans le programme de surveillance, mais qui n'ont pas été liés à un indicateur de surveillance.

Indicateur	Relevés et stratégies																								
	Relevés au chalut	Relevés aériens	Marquage acoustique et autre			Relevés benthiques et de l'habitat				Autres techniques peu invasives			Océanographie		Lien avec les pêches			Autres collectes de données et relevés non menés par la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO							
	Relevés plurispécifiques au chalut par navire de recherche du MPO	Relevés aériens (tortues, cétacés, méduses)	Télémetrie acoustique (récepteurs et marquage)	Récepteurs acoustiques (mouillages et mobiles)	Étiquettes satellites (étiquettes collectrices de données)	* Sonar multifaisceaux/à balayage latéral	Caméra lestée et vidéo/autorotation /autres aux benthiques/carottier à habitat	Carottier à sédiments (benne benthique/carottier à habitat)	VTG	ADNe (eau/sédiments)	Caméra appâtée	Profileur de vision sous-marine	PMZA	Profil CTP	Mouillage océanographique	Vérification à quai	Données des observateurs	FFAW	Système de surveillance des	Imagerie satellite	Observations (opportunistes)	*Relevé des sébastes	*Relevé du flétan à la palangre	Relevé commercial des grands requins pélagiques à la palangre	*Relevé hivernal du poisson de
Biomasse	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abondance/Densité	X	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Diversité des espèces/taxons	X	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Richesse en espèces/taxons	X	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Répartition selon la taille	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Occurrence/fréquence	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-
Répartition	X	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Poids des prises dans les pêches	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Fréquences de longueur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rencontres létales/empêtements non létaux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-

Indicateur	Relevés et stratégies																							
	Relevés au chalut	Relevés aériens	Marquage acoustique et autre			Relevés benthiques et de l'habitat				Autres techniques peu invasives			Océanographie		Lien avec les pêches			Autres collectes de données et relevés non menés par la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO						
	Relevés plurispécifiques au chalut par navire de recherche du MPO	Relevés aériens (tortues, cétacés, méduses)	Téléométrie acoustique (récepteurs et marquage)	Récepteurs acoustiques (mouillages et mobiles)	Étiquettes satellites (étiquettes collectrices de données)	* Sonar multifaisceaux/à balayage latéral	Caméra lestée et sonar à balayage latéral / autres au benthique	Carottier à sédiments (benne benthique/carottier à boîte)	VTG	ADNe (eau/sédiments)	Caméra appâtée	Profileur de vision sous-marine	PMZA	Profil CTP	Mouillage océanographique	Vérification à quai	Données des observateurs	FFAW	Système de surveillance des	Imagerie satellite	Observations (opportunistes)	*Relevé des sébastes	*Relevé du flétan à la palangre	Relevé commercial des grands requins pélagiques à la palangre
Taille (longueur)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Poids	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Déplacements	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concentrations de méduses - abondance et répartition	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Température	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Chlorophylle-a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Salinité	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concentration en oxygène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acidification de l'océan (alcalinité, pH, CID, pCO ₂)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paysage sonore/caractéristiques acoustiques	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Indicateur	Relevés et stratégies																								
	Relevés au chalut	Relevés aériens	Marquage acoustique et autre			Relevés benthiques et de l'habitat				Autres techniques peu invasives			Océanographie		Lien avec les pêches			Autres collectes de données et relevés non menés par la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO							
	Relevés plurispécifiques au chalut par navire de recherche du MPO	Relevés aériens (tortues, cétacés, méduses)	Téléométrie acoustique (récepteurs et marquage)	Récepteurs acoustiques (mouillages et mobiles)	Étiquettes satellites (étiquettes collectrices de données)	* Sonar multifaisceaux/à balayage latéral	Caméra lestée et sonar à balayage latéral / autres au benthique	Carottier à sédiments (benne benthique/carottier à boîte)	VTG	ADNe (eau/sédiments)	Caméra appâtée	Profilleur de vision sous-marine	PMZA	Profil CTP	Mouillage océanographique	Vérification à quai	Données des observateurs	FFAW	Système de surveillance des	Imagerie satellite	Observations (opportunistes)	*Relevé des sébastes	*Relevé du flétan à la palangre	Relevé commercial des grands requins pélagiques à la palangre	*Relevé hivernal du poisson de
Flux de nutriments (mouvement des masses d'eau)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Courants	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Composition de l'endofaune et de l'épifaune	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Structure trophique	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flux énergétiques	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biomasse des prédateurs/proies	X	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Productivité primaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Variabilité du zooplancton	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Indicateur	Relevés et stratégies																								
	Relevés au chalut	Relevés aériens	Marquage acoustique et autre			Relevés benthiques et de l'habitat			Autres techniques peu invasives		Océanographie		Lien avec les pêches		Autres collectes de données et relevés non menés par la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO										
	Relevés plurispécifiques au chalut par navire de recherche du MPO	Relevés aériens (tortues, cétacés, méduses)	Téléométrie acoustique (récepteurs et marquage)	Récepteurs acoustiques (mouillages et mobiles)	Étiquettes satellites (étiquettes collectrices de données)	* Sonar multifaisceaux/à balayage latéral	Caméra lestée et caméra à réaction (autres que benthiques/carottier à boîte)	Carottier à sédiments (benne benthique/carottier à boîte)	VTG	ADNe (eau/sédiments)	Caméra appâtée	Profileur de vision sous-marine	PMZA	Profil CTP	Mouillage océanographique	Vérification à quai	Données des observateurs	FFAW	Système de surveillance des	Imagerie satellite	Observations (opportunistes)	*Relevé des sébastes	*Relevé du flétan à la palangre	Relevé commercial des grands requins pélagiques à la palangre	*Relevé hivernal du poisson de
Menaces (p. ex. sédimentation, bruit, déversements d'hydrocarbures)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-

FIGURES

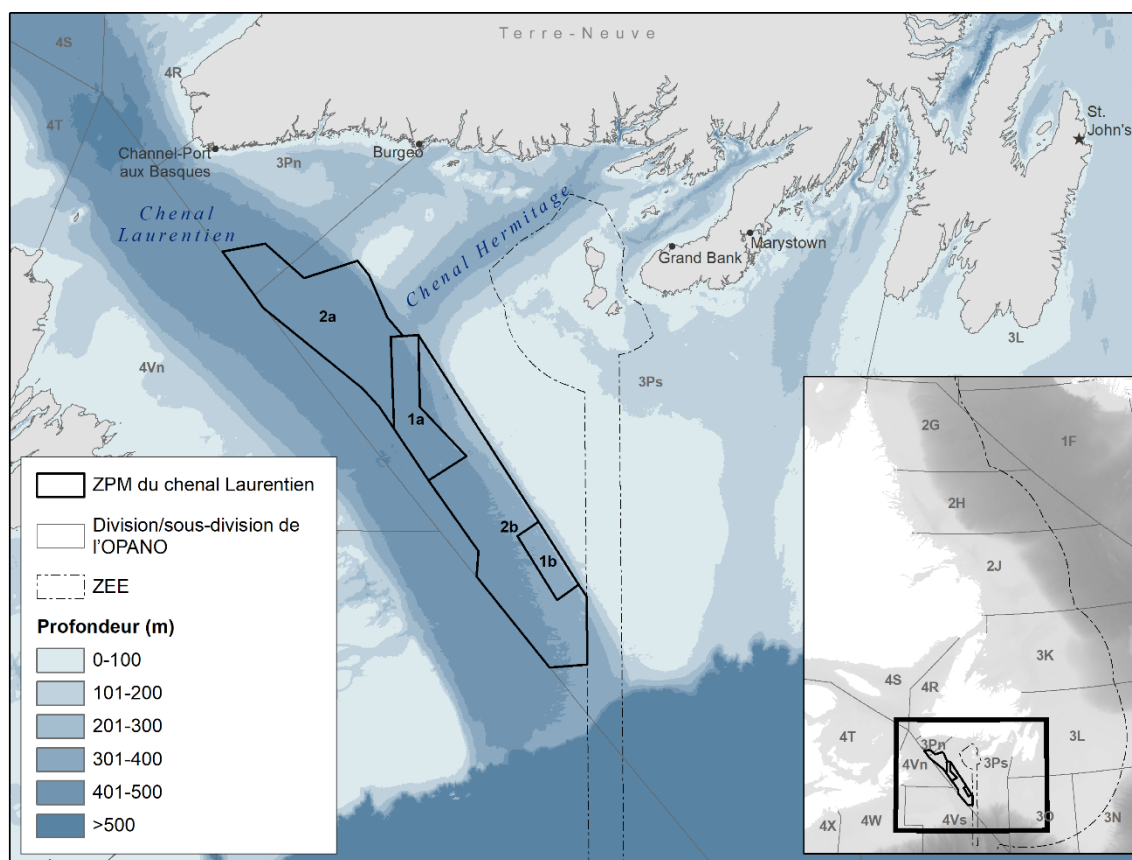


Figure 1. Emplacement de la zone de protection marine (ZPM) du chenal Laurentien (contour noir) et de ses zones de gestion (1a, 1b, 2a, 2b) au large de la côte sud-ouest de Terre-Neuve. La carte en médaillon illustre les divisions de l'OPANO dans les eaux de la région de Terre-Neuve-et-Labrador et les environs. Le bleu plus foncé représente des eaux plus profondes.

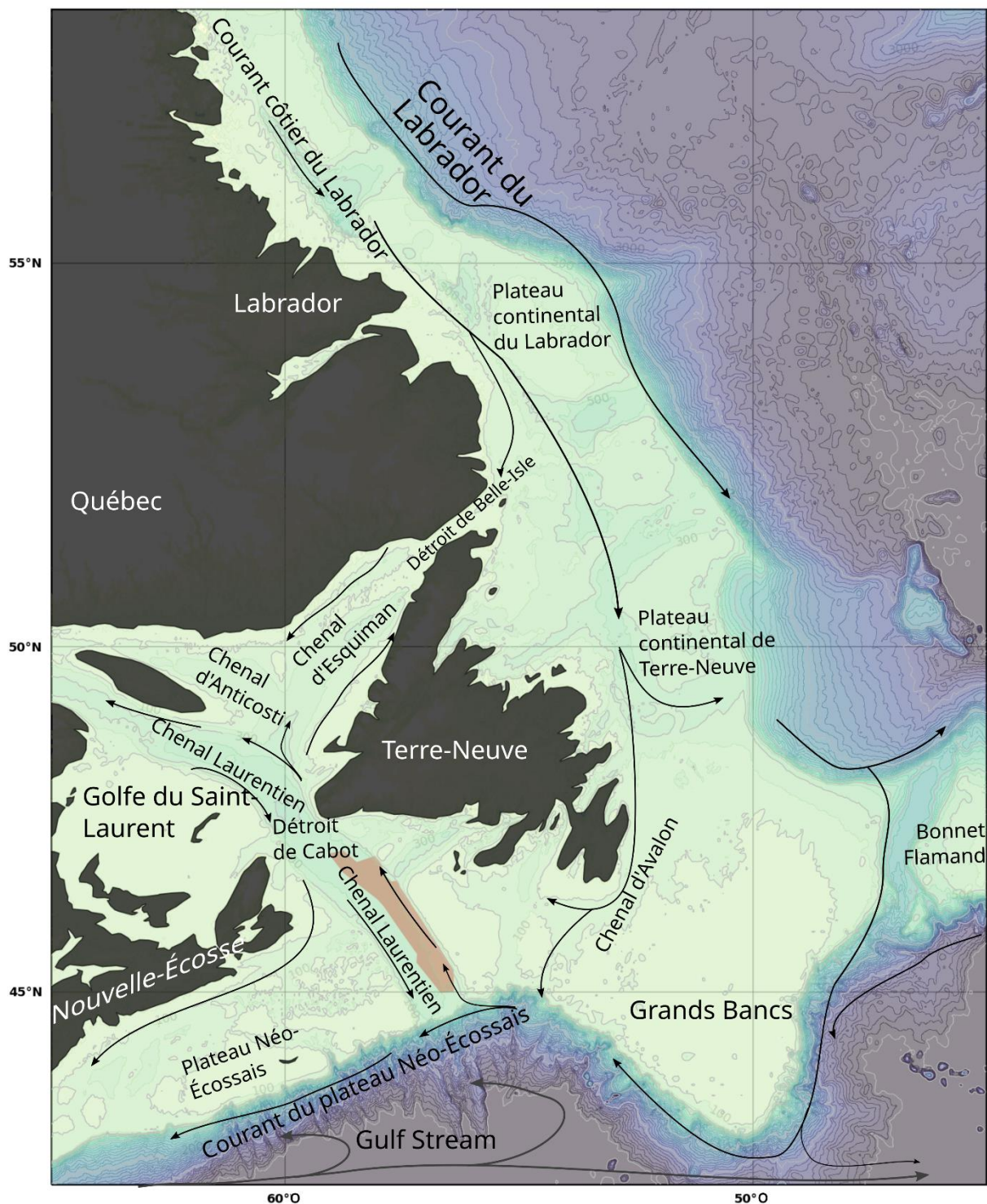


Figure 2. Carte bathymétrique du Canada atlantique avec représentation de certains courants océaniques pertinents pour notre analyse. La ZPM du chenal Laurentien est en orange. Les couleurs plus foncées représentent des eaux plus profondes.

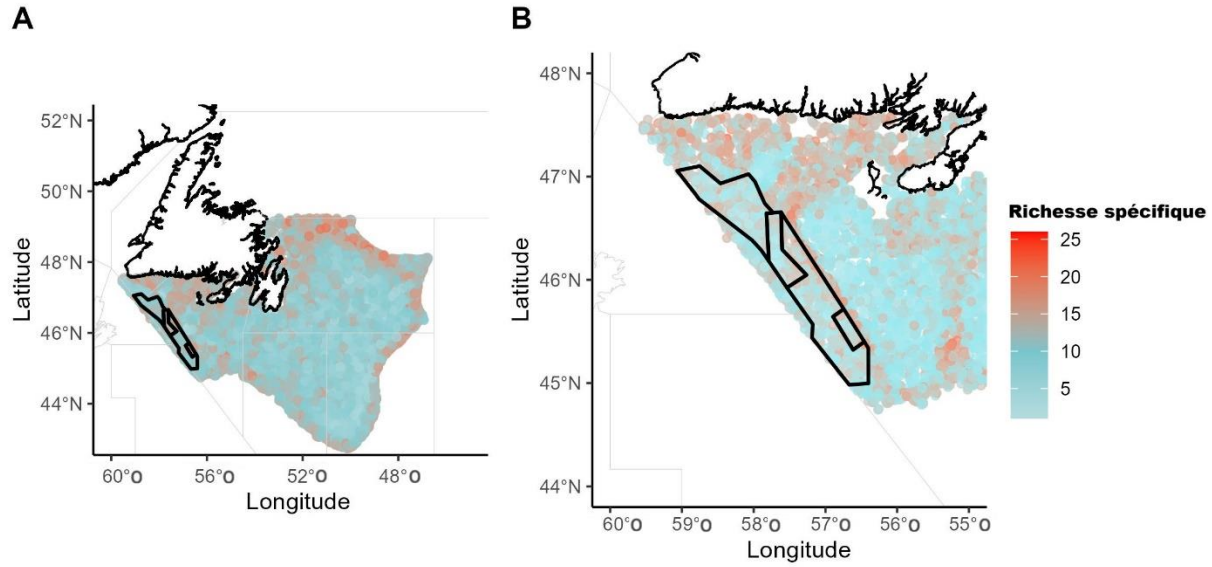


Figure 3. Richesse en espèces pour toutes les espèces du relevé printanier au chalut par navire de recherche de 1996 à 2021 pour les divisions 3L, 3N, 3O et 3P (A) et 3P (B) de l'OPANO. Le rouge représente une plus grande richesse en espèces.

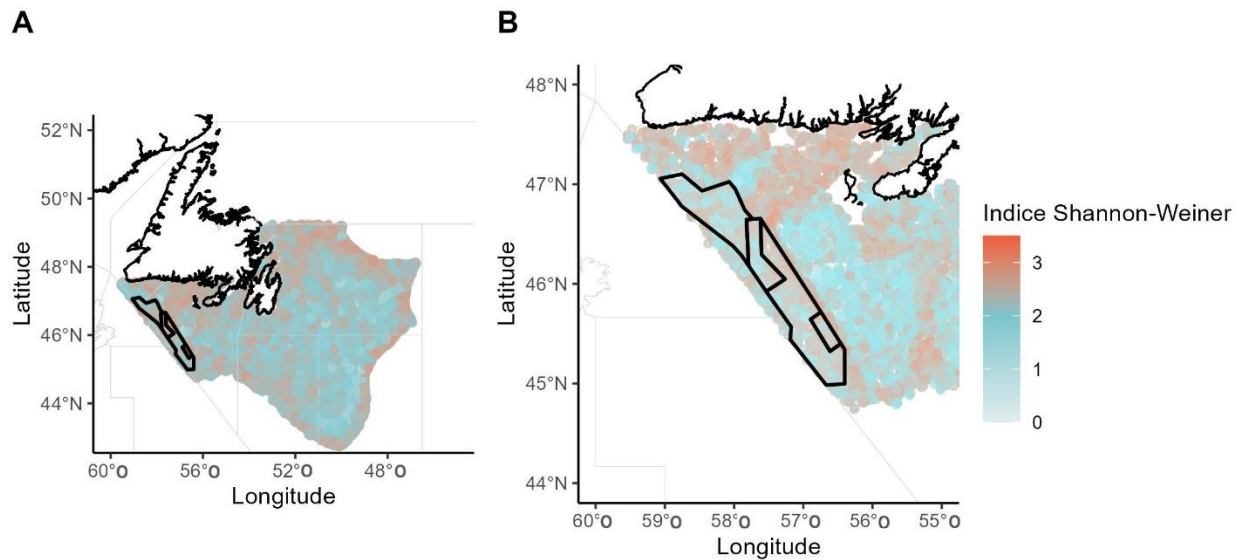


Figure 4. Indice de diversité de Shannon-Weiner pour toutes les espèces du relevé printanier au chalut par navire de recherche de 1996 à 2021 pour les divisions 3L, 3N, 3O, 3P (A) et 3P (B) de l'OPANO. Le rouge représente des valeurs plus élevées de l'indice de Shannon-Weiner.

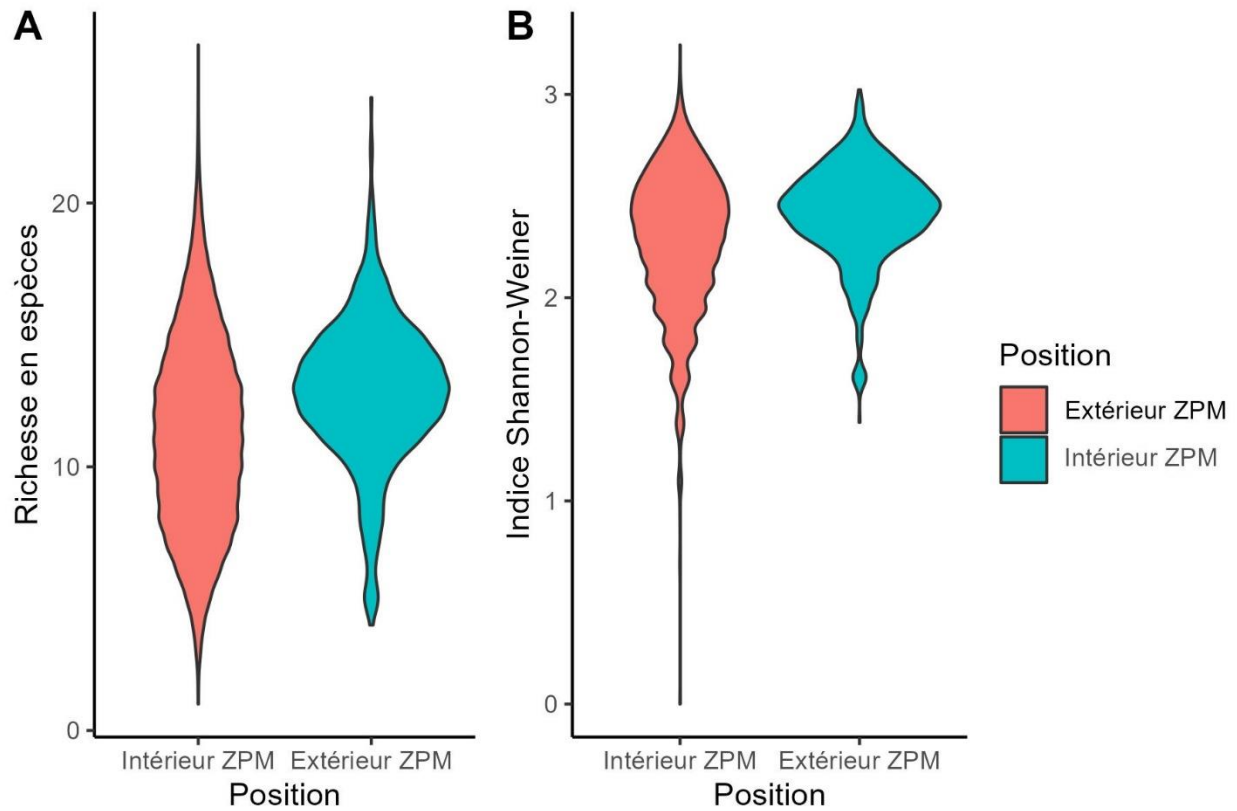


Figure 5. Richesse en espèces (A) et valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weiner (B) provenant des relevés printaniers au chalut par navire de recherche (de 1996 à 2022) pour les zones situées à l'intérieur et à l'extérieur de la ZPM du chenal Laurentien (voir le panneau B dans la figure 3 et la figure 4 pour les étendues spatiales). L'intérieur de la ZPM est représenté par la couleur rose et l'extérieur de la ZPM par la couleur bleue.

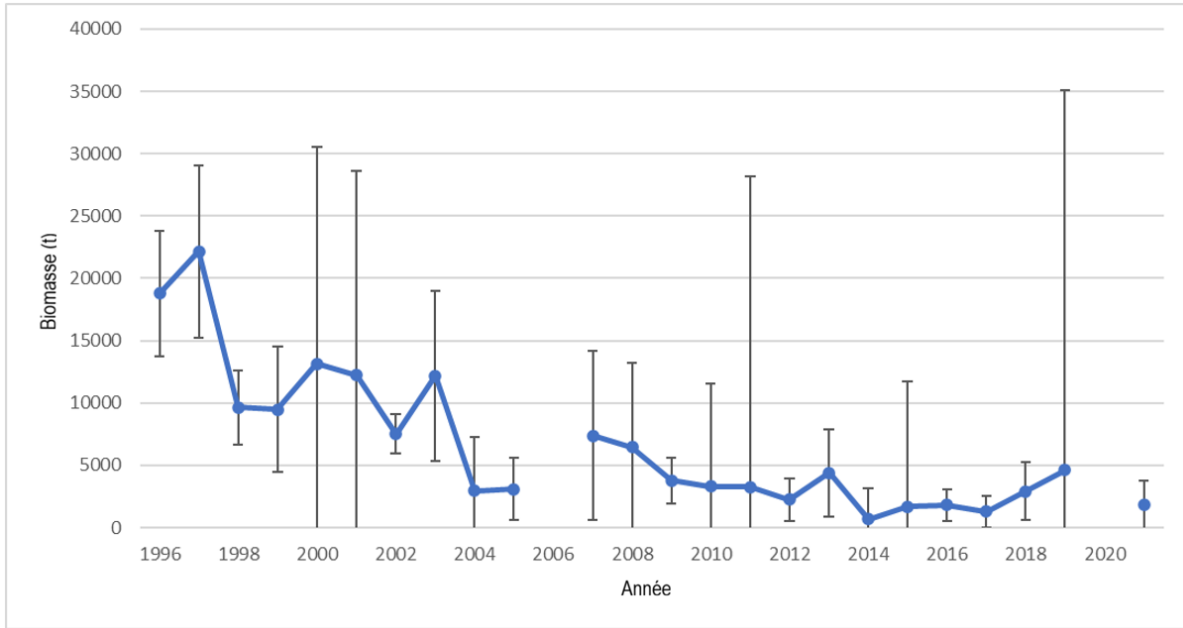


Figure 6. Tendances de la biomasse de l'aiguillat noir dans la subdivision 3Ps de l'OPANO d'après le relevé printanier au chalut par navire de recherche de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, de 1996 à 2021.

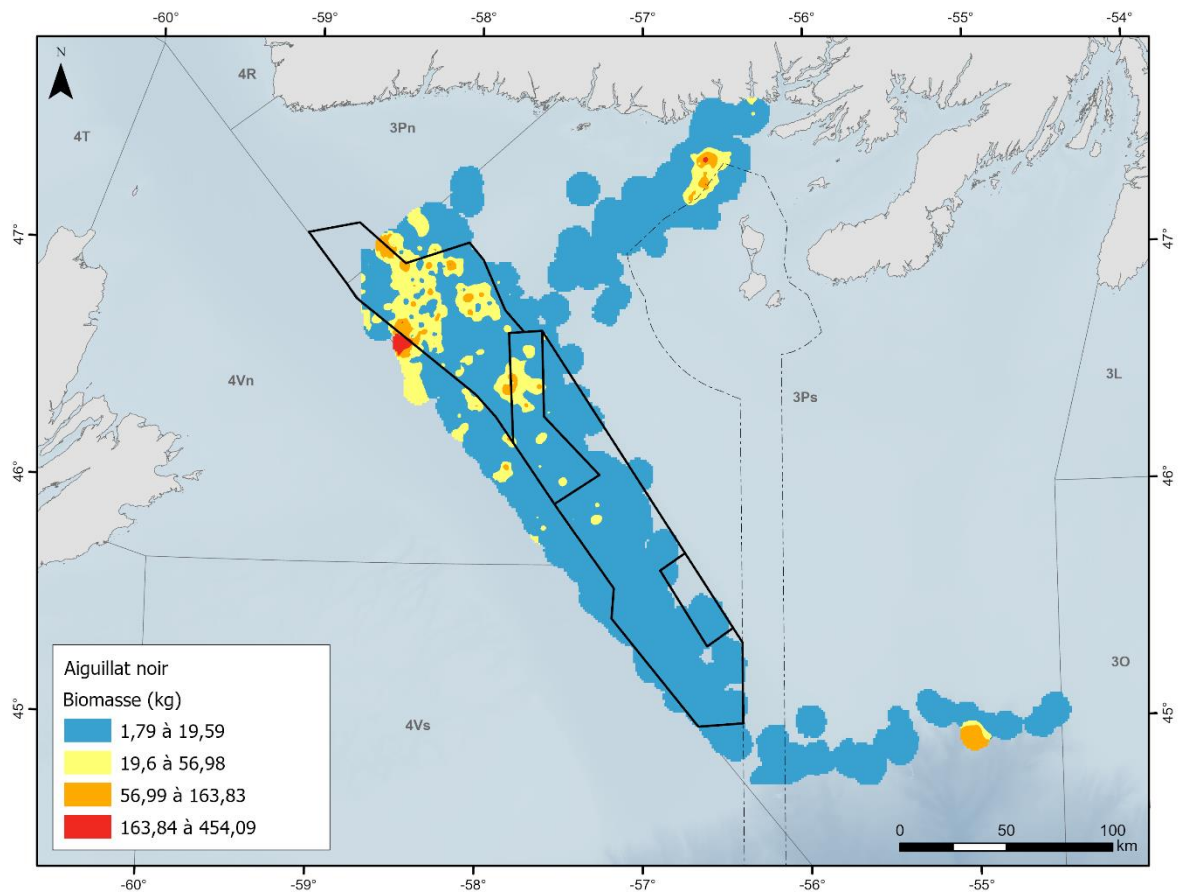


Figure 7. Pondération en fonction de l'inverse de la distance de la biomasse de l'aiguillat noir, fondée sur le relevé printanier au chalut par navire de recherche de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO dans la sous-division 3Ps de l'OPANO de 1996 à 2021 inclusivement, en utilisant un rayon de recherche variable de 10 points jusqu'à une distance maximale de 7 500 m et une puissance de deux. La couche a été classée en quatre catégories fondées sur les seuils naturels (Jenks). La ZPM du chenal Laurentien est représentée par un contour noir continu. Les couleurs chaudes (rouge et orange) représentent une biomasse plus importante.

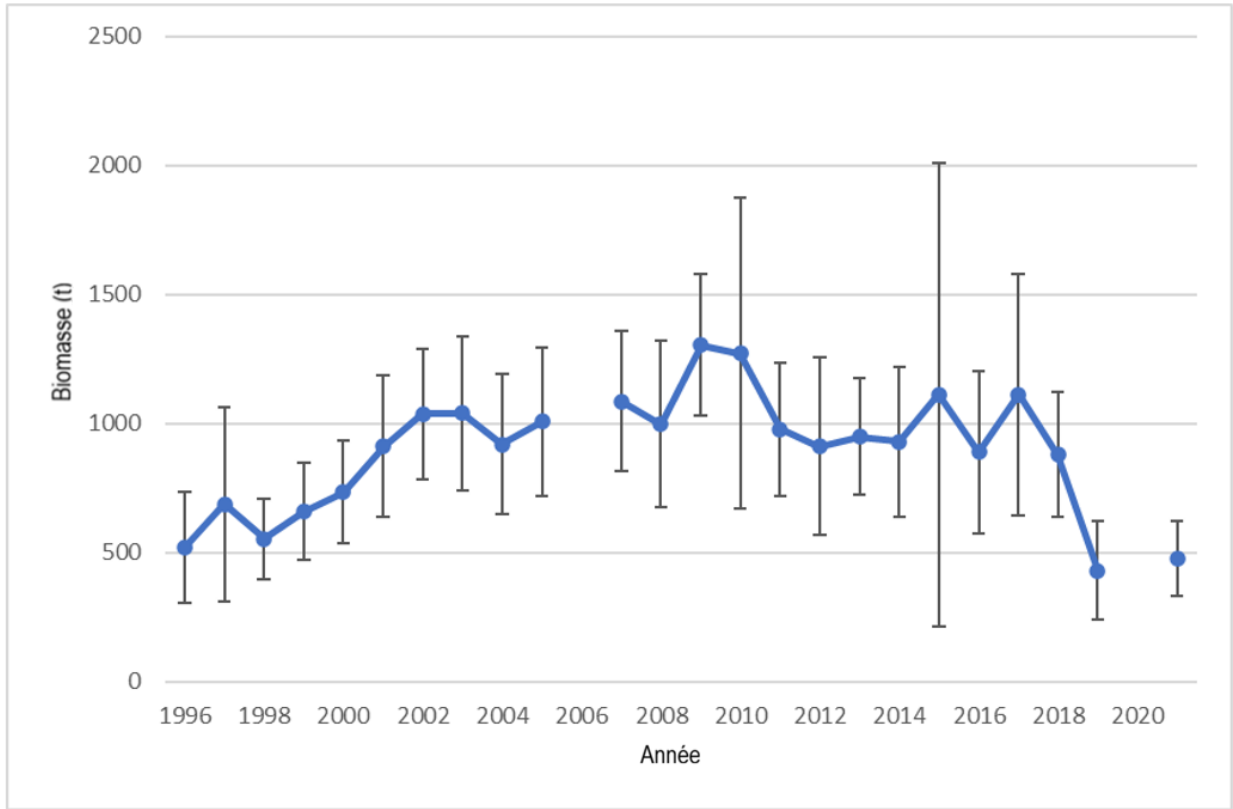


Figure 8. Tendances de la biomasse de la raie à queue de velours dans la subdivision 3Ps de l'OPANO d'après le relevé printanier au chalut par navire de recherche de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, de 1996 à 2021.

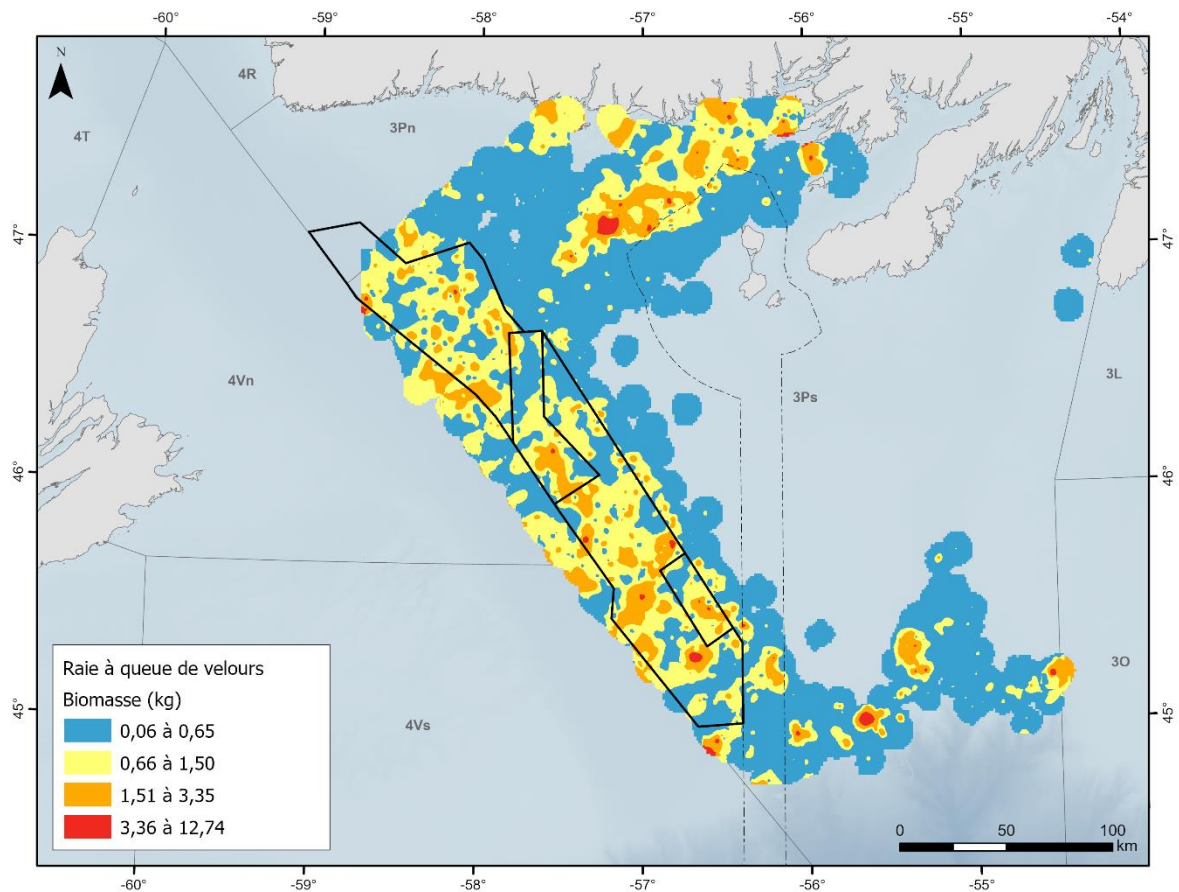


Figure 9. Biomasse de la raie à queue de velours, fondée sur le relevé printanier au chalut par navire de recherche de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO dans la sous-division 3Ps de l'OPANO de 1996 à 2021 inclusivement, en utilisant un rayon de recherche variable de 10 points jusqu'à une distance maximale de 7 500 m et une puissance de deux. La couche a été classée en quatre catégories fondées sur les seuils naturels (Jenks). La ZPM du chenal Laurentien est représentée par un contour noir continu. Les couleurs chaudes (rouge et orange) représentent une biomasse plus importante.

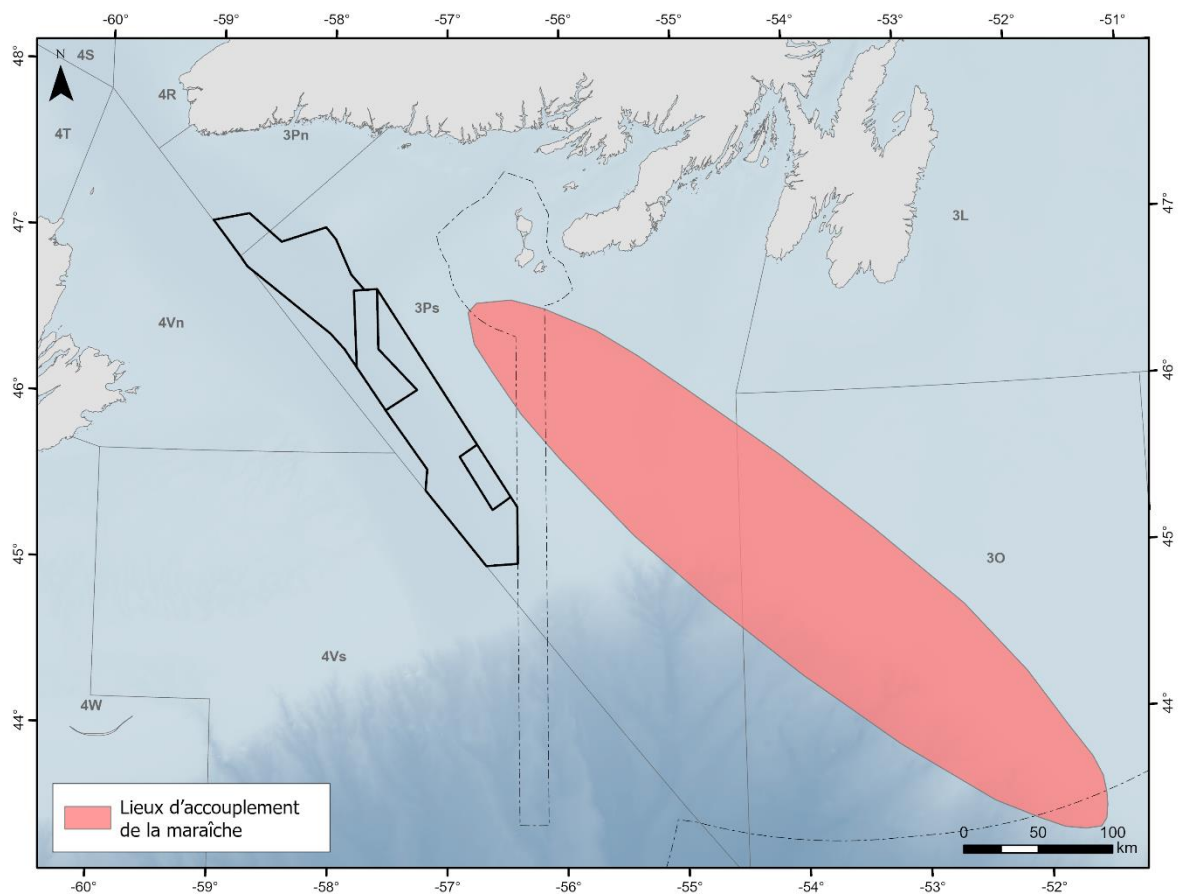


Figure 10. Lieux d'accouplement de la maraîche (ovale rose plein), orthorectifiées à partir de Campana et al. (2013), le long de la zone de protection marine (ZPM) du chenal Laurentien (contour noir continu).

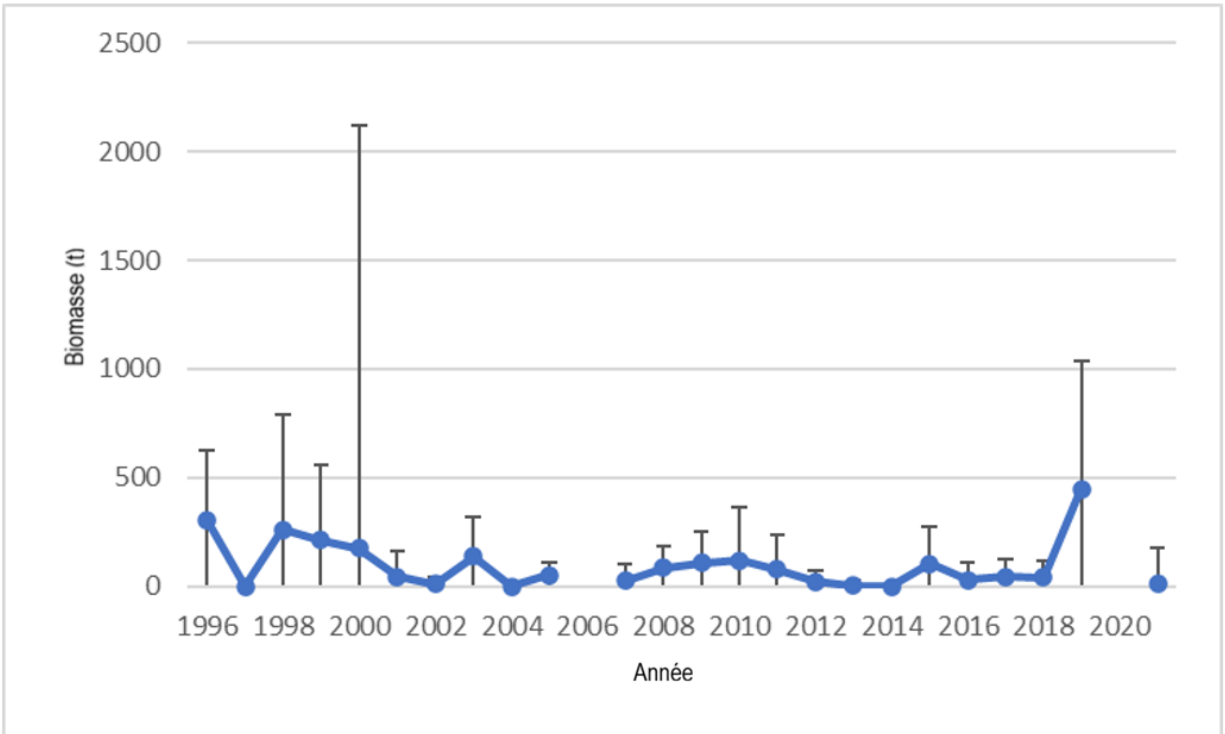


Figure 11. Tendances de la biomasse du loup à tête large dans la subdivision 3Ps de l'OPANO d'après le relevé printanier au chalut par navire de recherche de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, de 1996 à 2021.

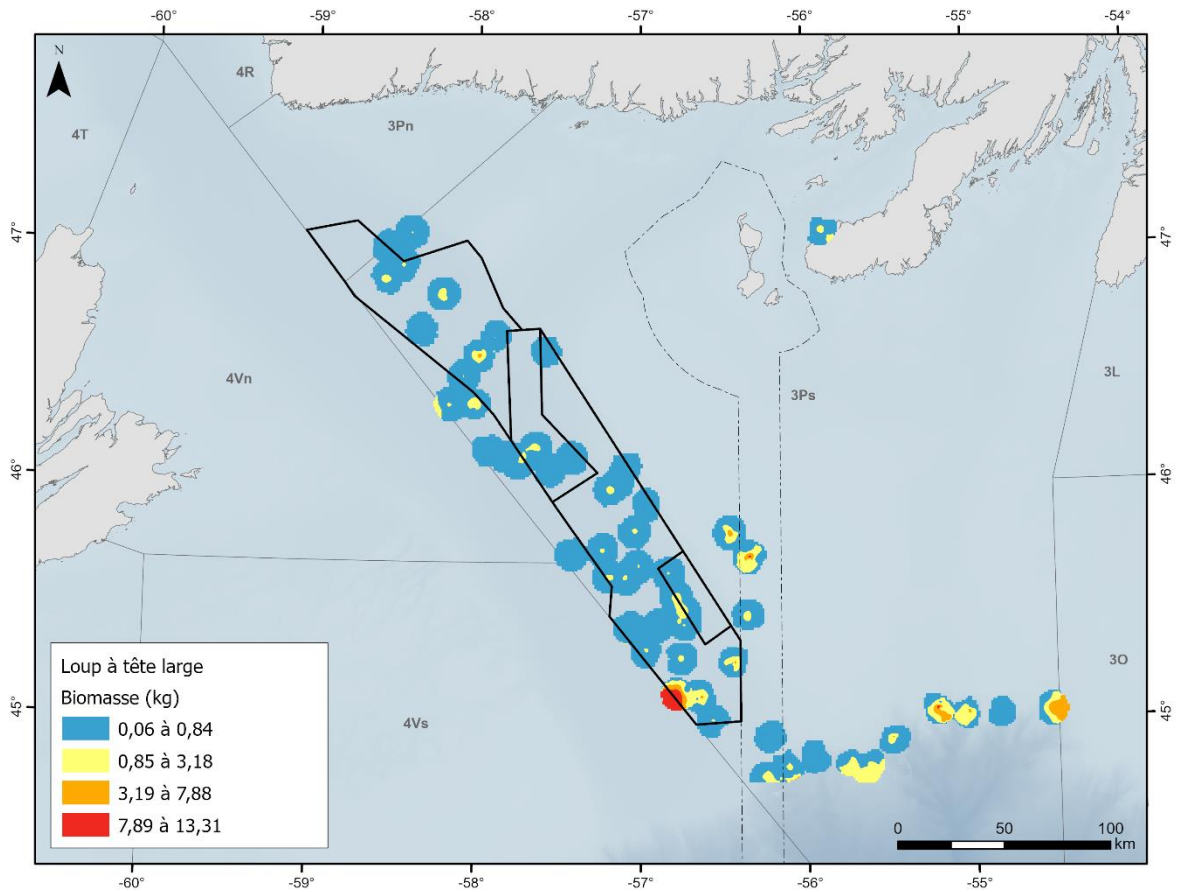


Figure 12. Pondération en fonction de l'inverse de la distance de la biomasse du loup à tête large, fondée sur le relevé printanier au chalut par navire de recherche de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO dans la sous-division 3Ps de l'OPANO de 1996 à 2021 inclusivement, en utilisant un rayon de recherche variable de 10 points jusqu'à une distance maximale de 7 500 m et une puissance de deux. La couche a été classée en fonction des seuils naturels (Jenks). La ZPM du chenal Laurentien est représentée par un contour noir continu. Les couleurs chaudes (rouge et orange) représentent une biomasse plus importante.

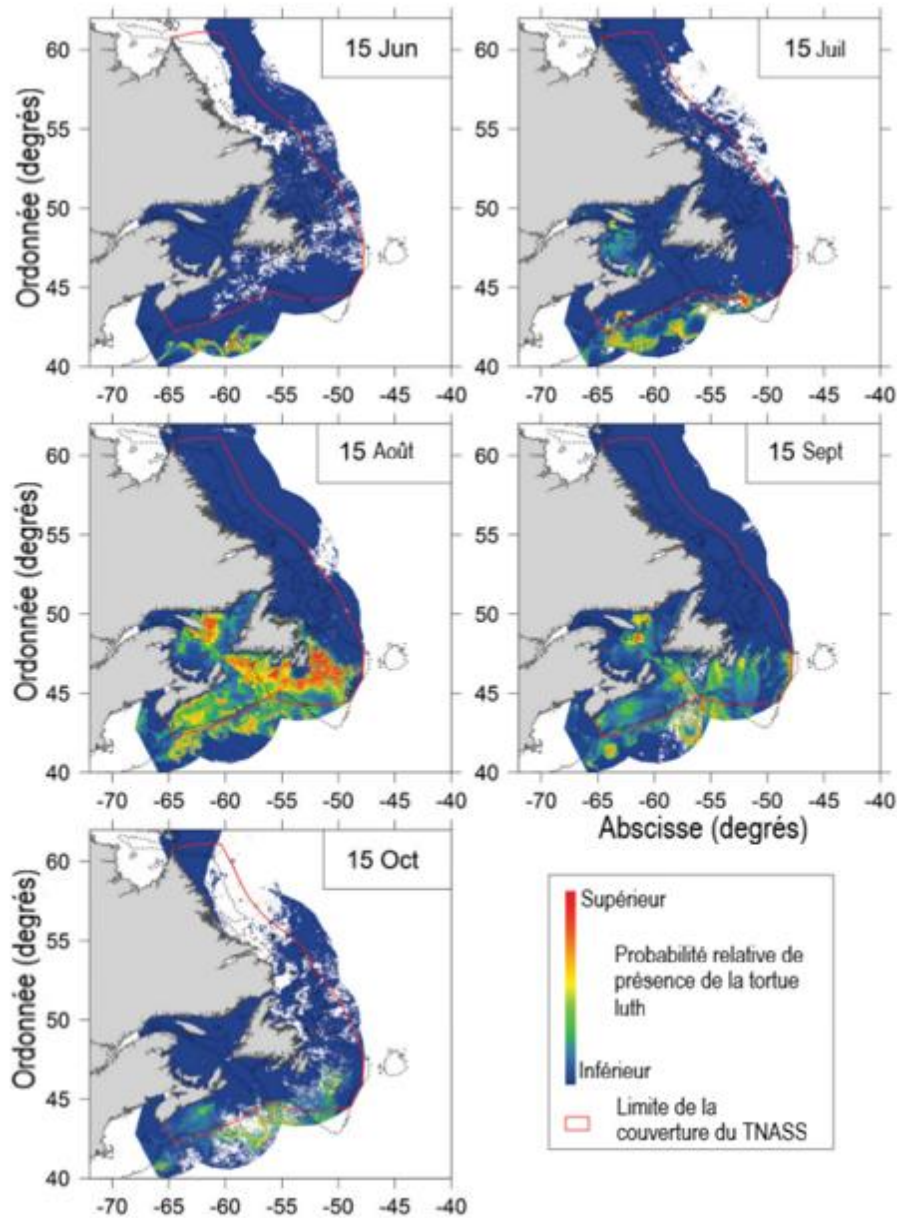
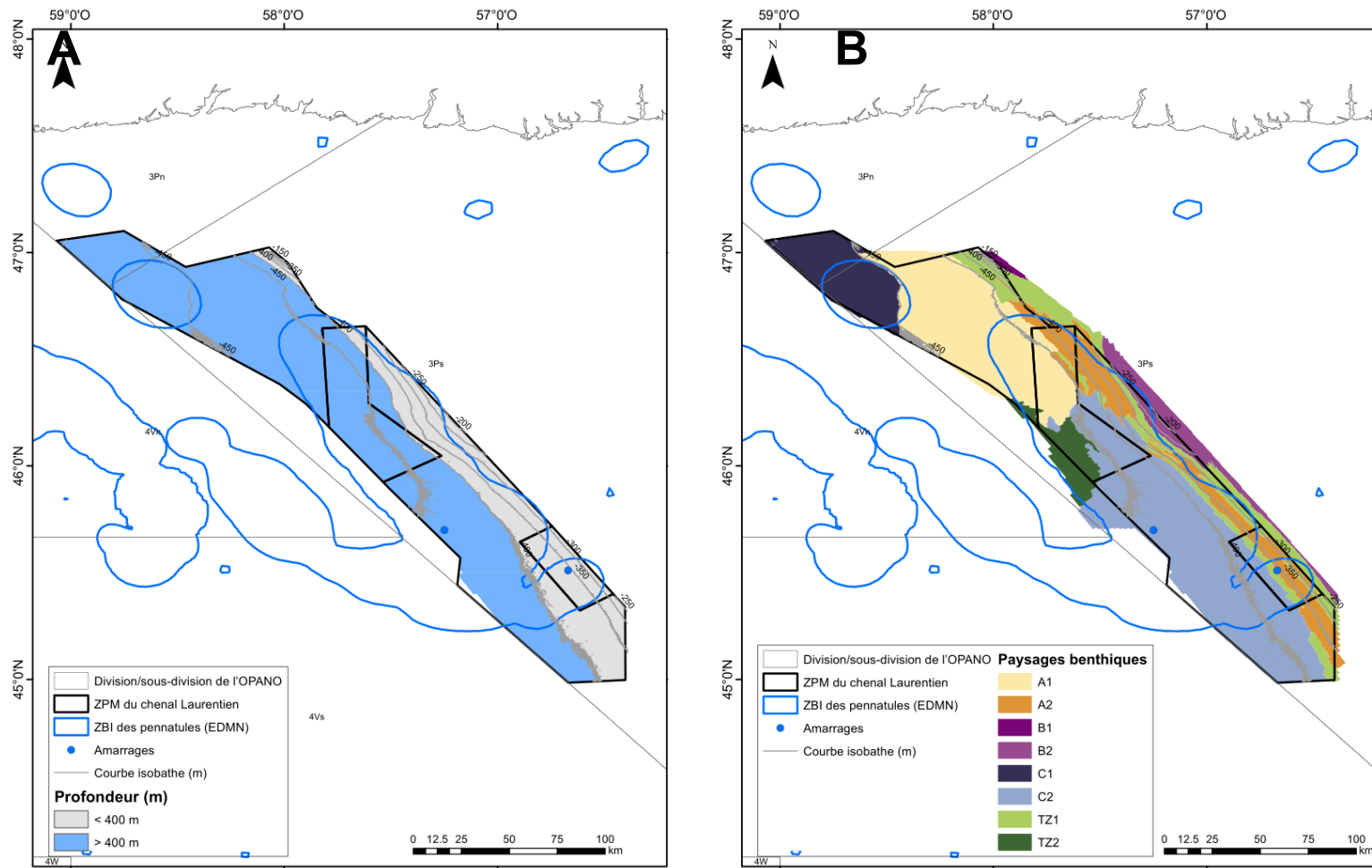


Figure 13. Probabilité relative d'occurrence de la tortue luth au Canada atlantique, prédite pour la période du 15 juin au 15 octobre 2007, d'après un modèle de système de modélisation algébrique général reliant les observations du relevé aérien TNASS du MPO (Lawson et Gosselin 2009) aux variables environnementales. Des changements saisonniers considérables ont été observés dans la probabilité relative d'occurrence de la tortue luth au Canada atlantique, prédite pour la période du 15 juin au 15 octobre 2007, d'après un modèle de système de modélisation algébrique général reliant les observations du relevé aérien TNASS du MPO (Lawson et Gosselin 2009) aux variables environnementales. Ce modèle inclut l'effet de la température à la surface de la mer décalée de 7 jours, les anomalies de hauteur moyenne de la surface de la mer observées pendant le mois en cours, la concentration moyenne de chlorophylle-a sur les 30 derniers jours et la pente du fond. Il n'y a pas de probabilités prédites d'occurrence de la tortue luth de janvier à mai et de novembre à décembre 2007 (d'après Mosnier et al. 2019). Les couleurs chaudes (rouge et orange) représentent une probabilité relative d'occurrence plus élevée.



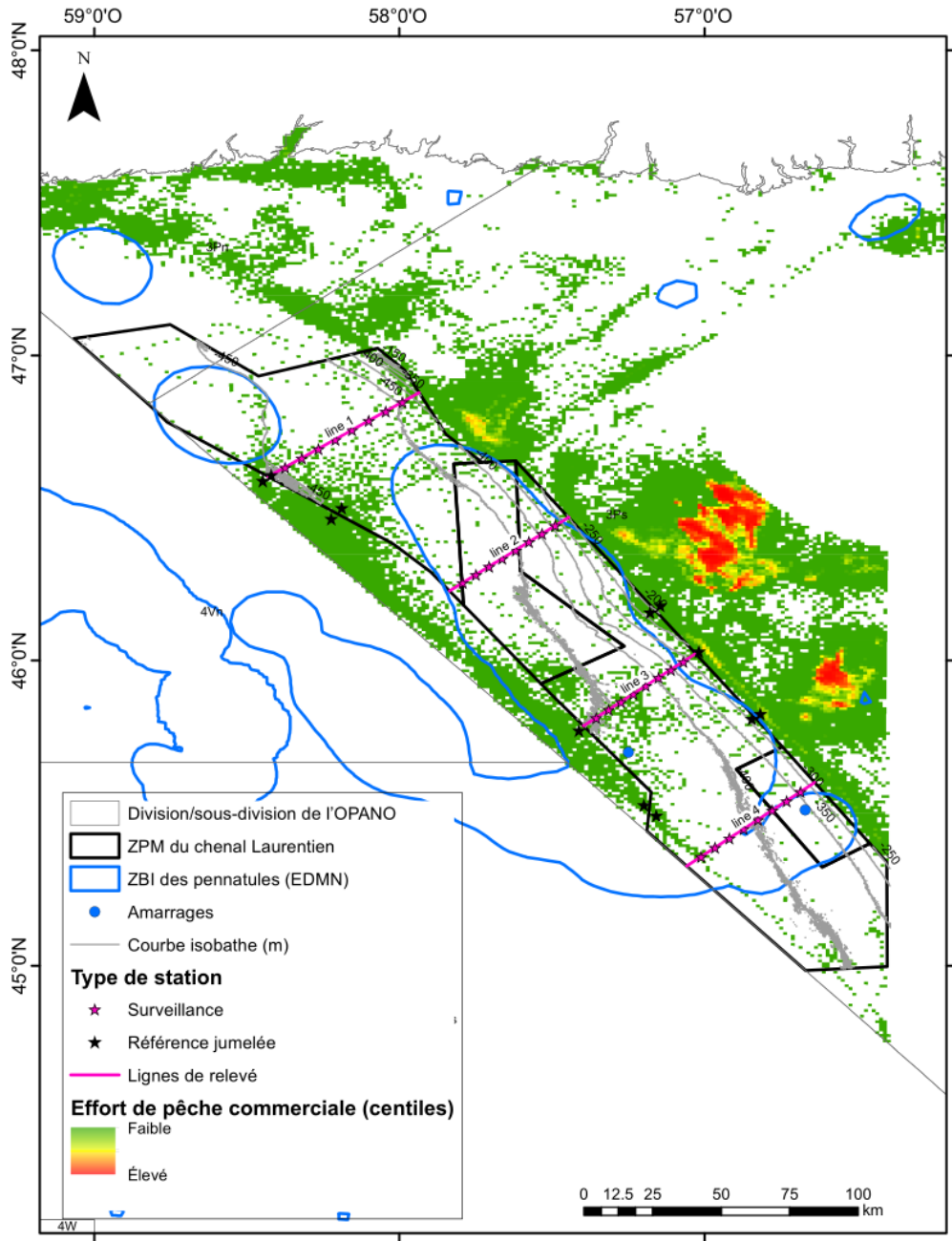


Figure 15. Effort de pêche commerciale (centiles provenant du Système de surveillance des navires) d'après Koen-Alonso et al. (2018) superposé à la ZPM du chenal Laurentien. Les zones en rouge représentent un effort de pêche élevé et les zones en vert, un effort faible. Les étoiles roses le long des lignes de relevé 1 à 4 représentent des stations de surveillance potentielles (huit par ligne) dans un scénario possible, et les étoiles noires représentent des stations de référence jumelées proposées où une pêche a eu lieu à l'intérieur et à l'extérieur de la ZPM.

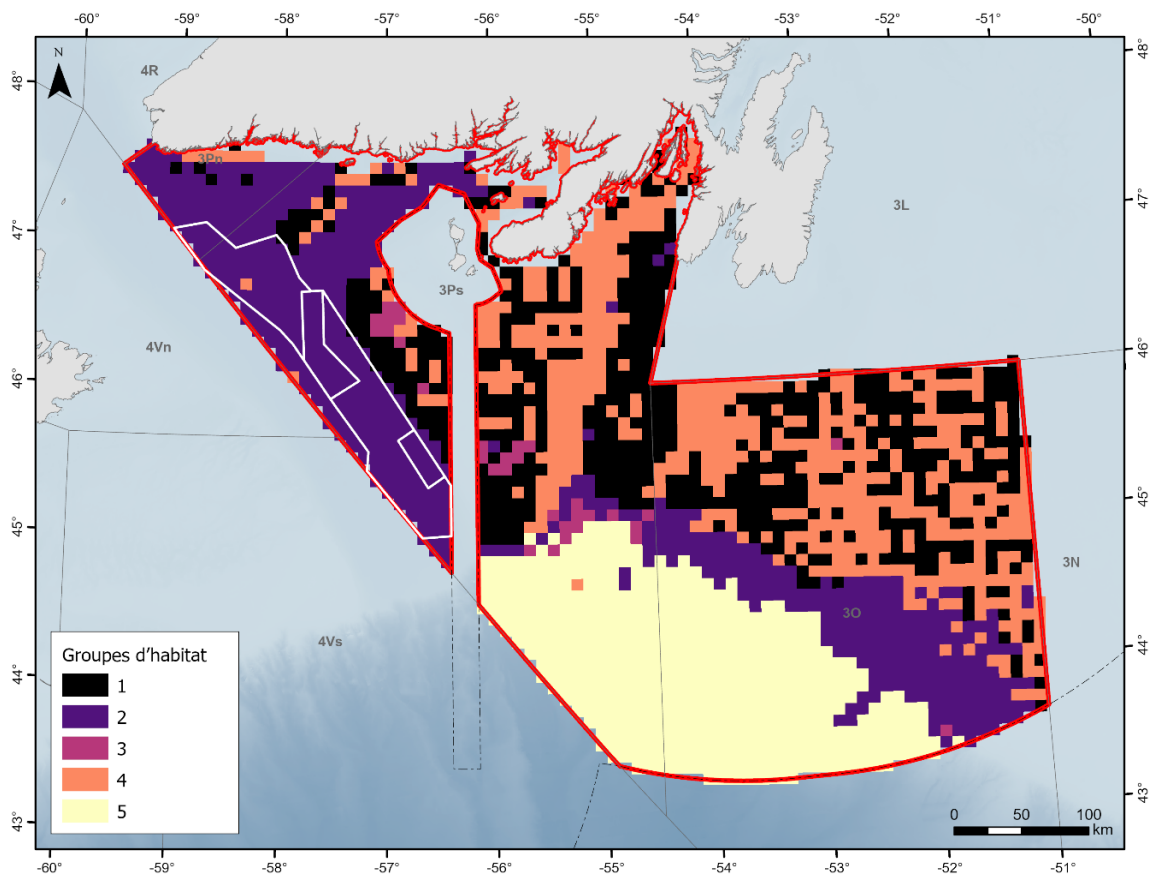


Figure 16. Carte des groupements d'habitats issus de l'analyse en classification automatique à K moyennes. La zone d'étude de la cartographie de l'habitat, qui englobe les divisions 3O et 3P de l'OPANO dans la zone économique exclusive (ZEE) du Canada (ligne noire en pointillé), est délimitée en rouge. La ZPM du chenal Laurentien est représentée par le trait blanc continu.

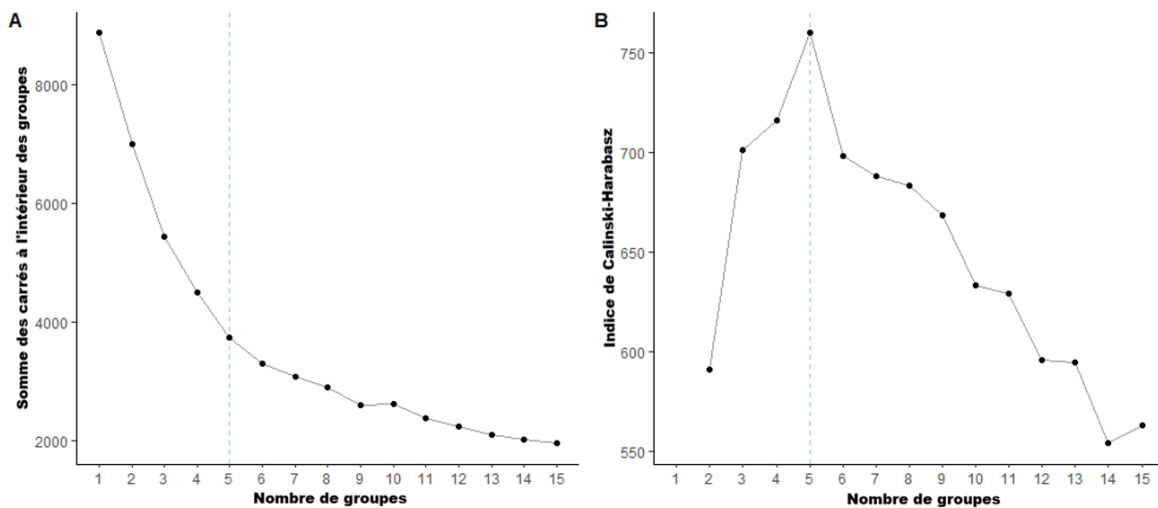


Figure 17. La somme des carrés à l'intérieur des groupes (A) et l'indice C-H (B) utilisés pour déterminer le nombre optimal de groupes (lignes pointillées).

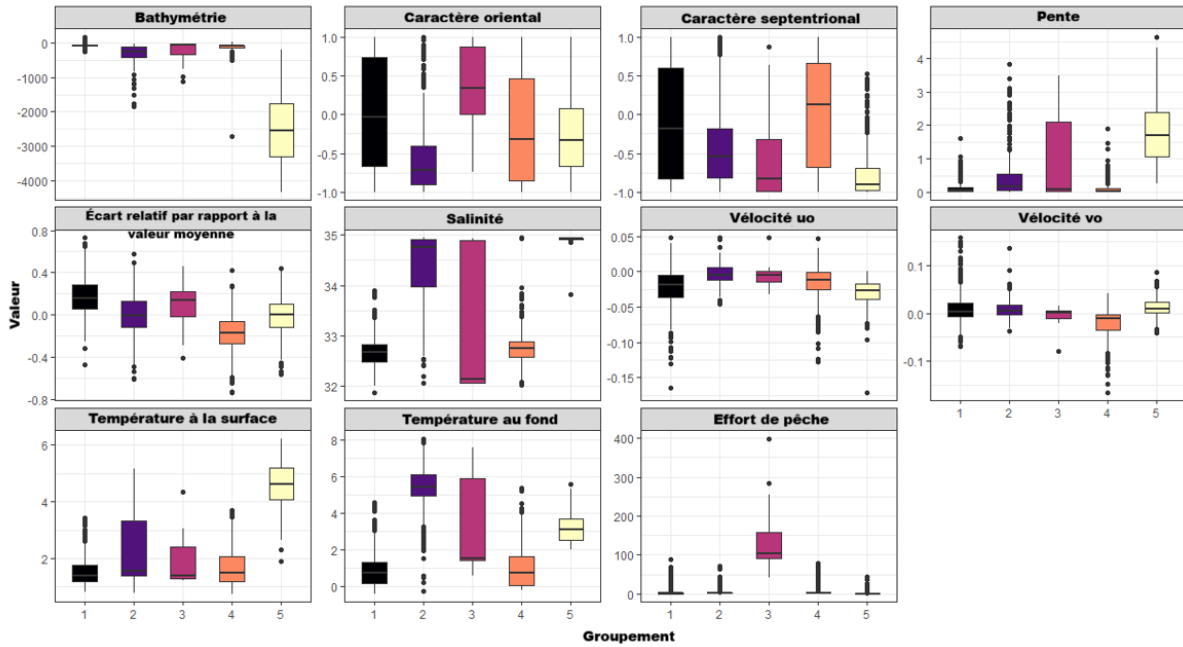


Figure 18. Diagrammes de quartiles qui montrent la médiane et l'écart interquartile des valeurs pour chaque variable abiotique dans l'ensemble des groupes.

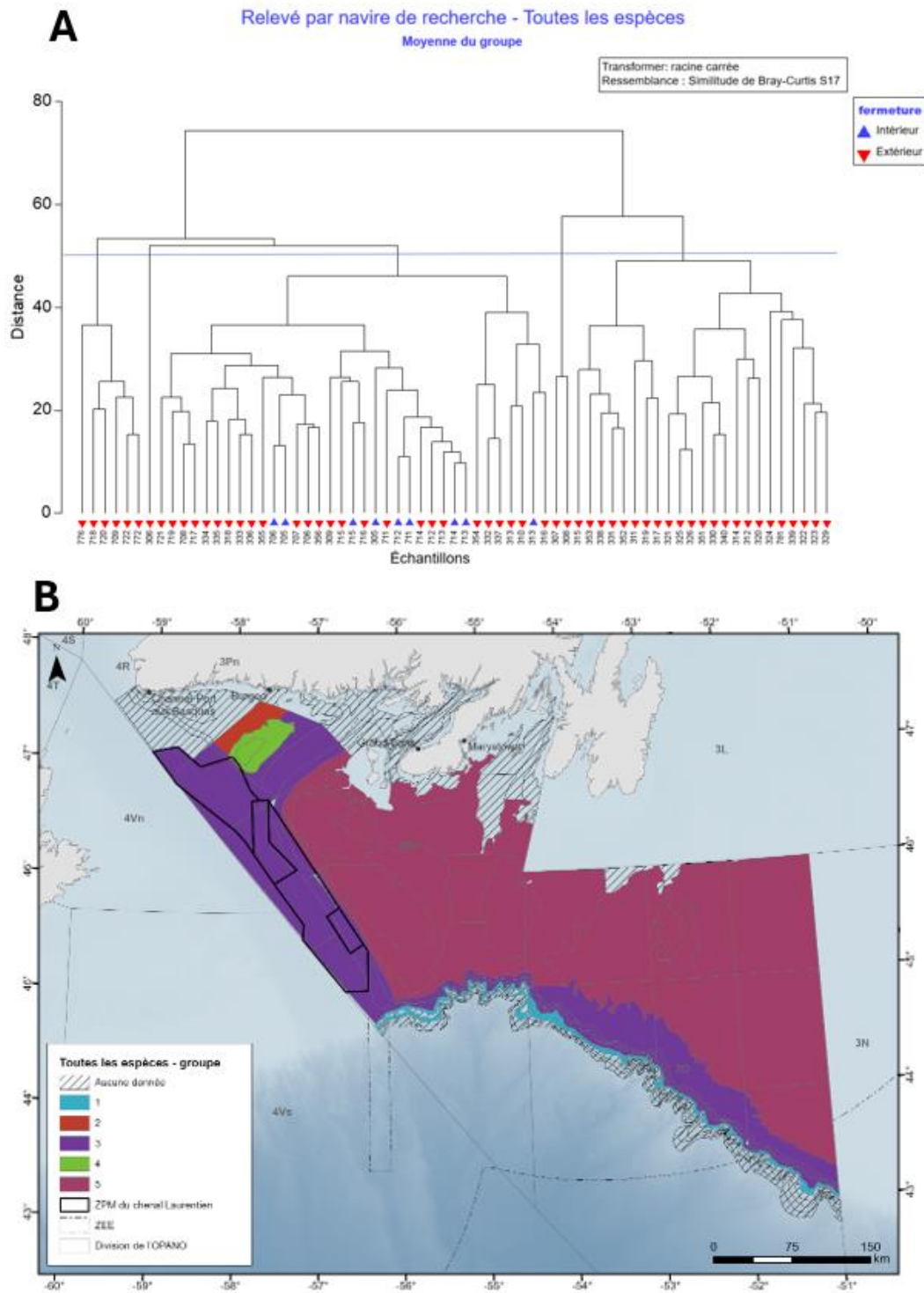


Figure 19. Analyse des communautés par strate pour le groupe de toutes les espèces. A) Dendrogramme de dissimilarité et B) carte des groupes avec plus de 50 valeurs de dissimilarité. La ligne bleue continue dans le panneau A indique les groupements qui ont une valeur de distance de plus de 50.

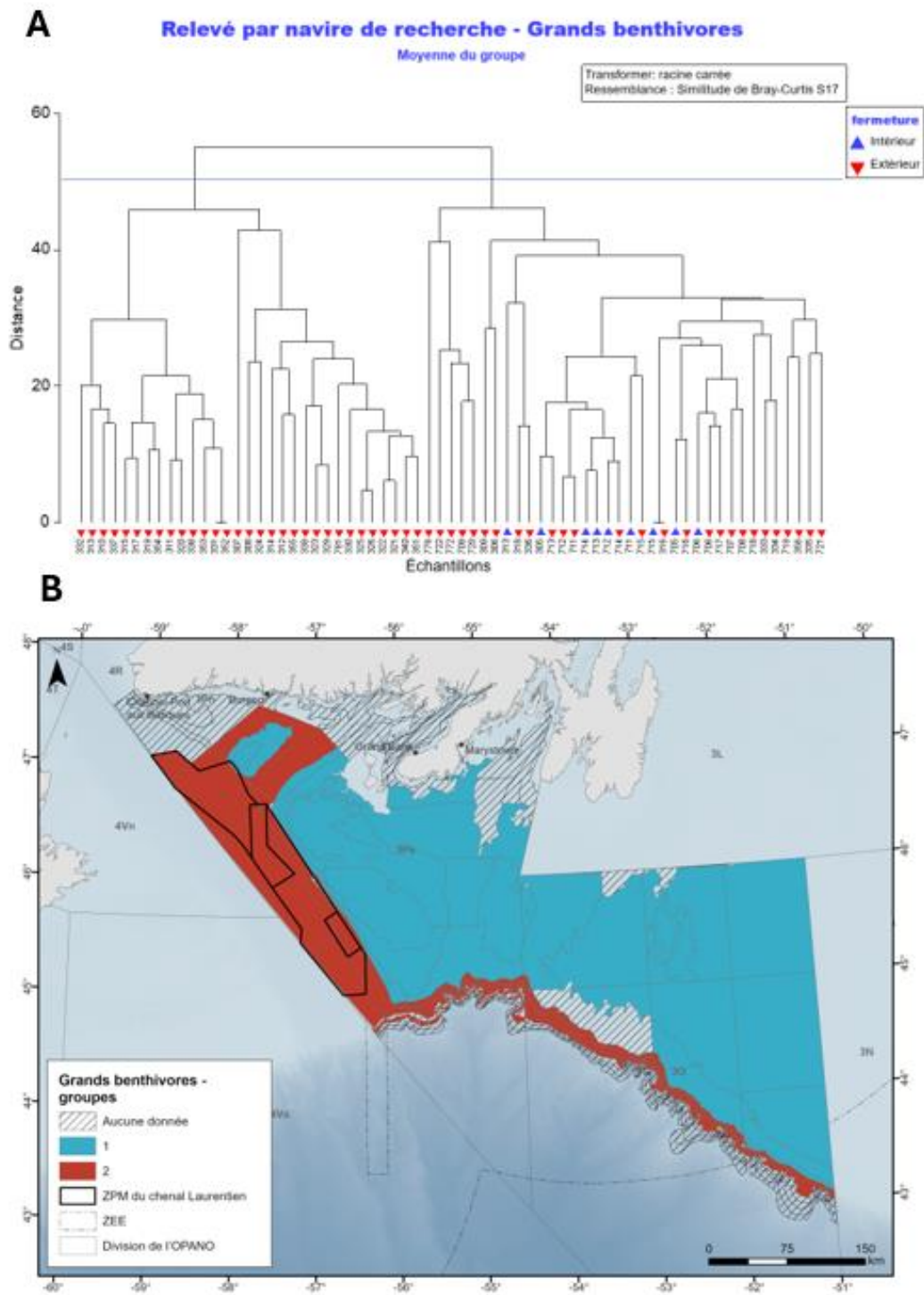


Figure 20. Analyse des communautés par strate pour le groupe fonctionnel des poissons benthivores de grande taille. A) Dendrogramme de dissimilarité et B) carte des groupes avec plus de 50 valeurs de dissimilarité. La ligne bleue dans le panneau A indique les groupes qui ont des valeurs de distance de plus de 50.

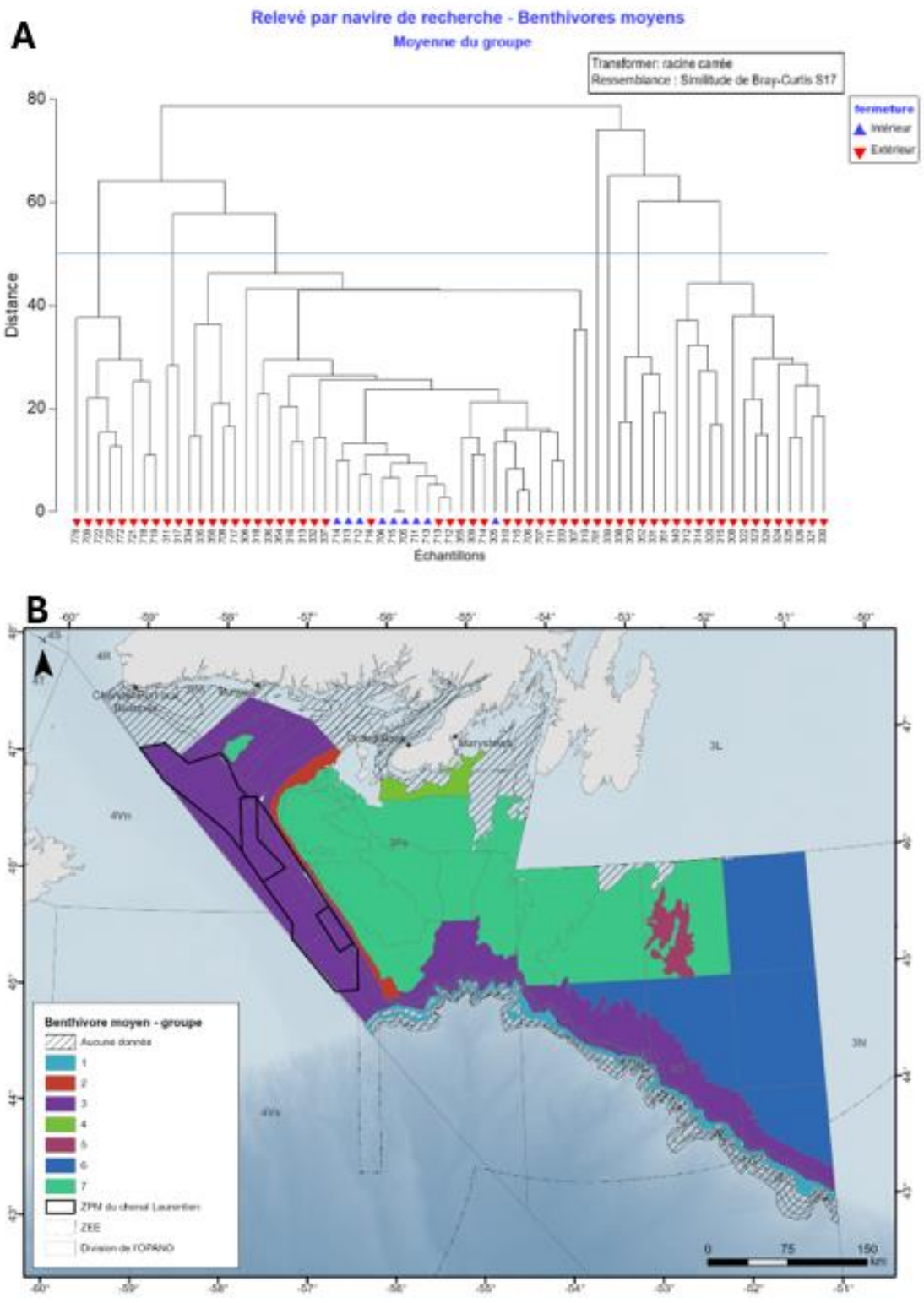


Figure 21. Analyse des communautés par strate pour le groupe fonctionnel des poissons benthivores de taille moyenne. A) Dendrogramme de dissimilarité et B) carte des groupes avec plus de 50 valeurs de dissimilarité. La ligne bleue dans le panneau A indique les groupes qui ont des valeurs de distance de plus de 50.

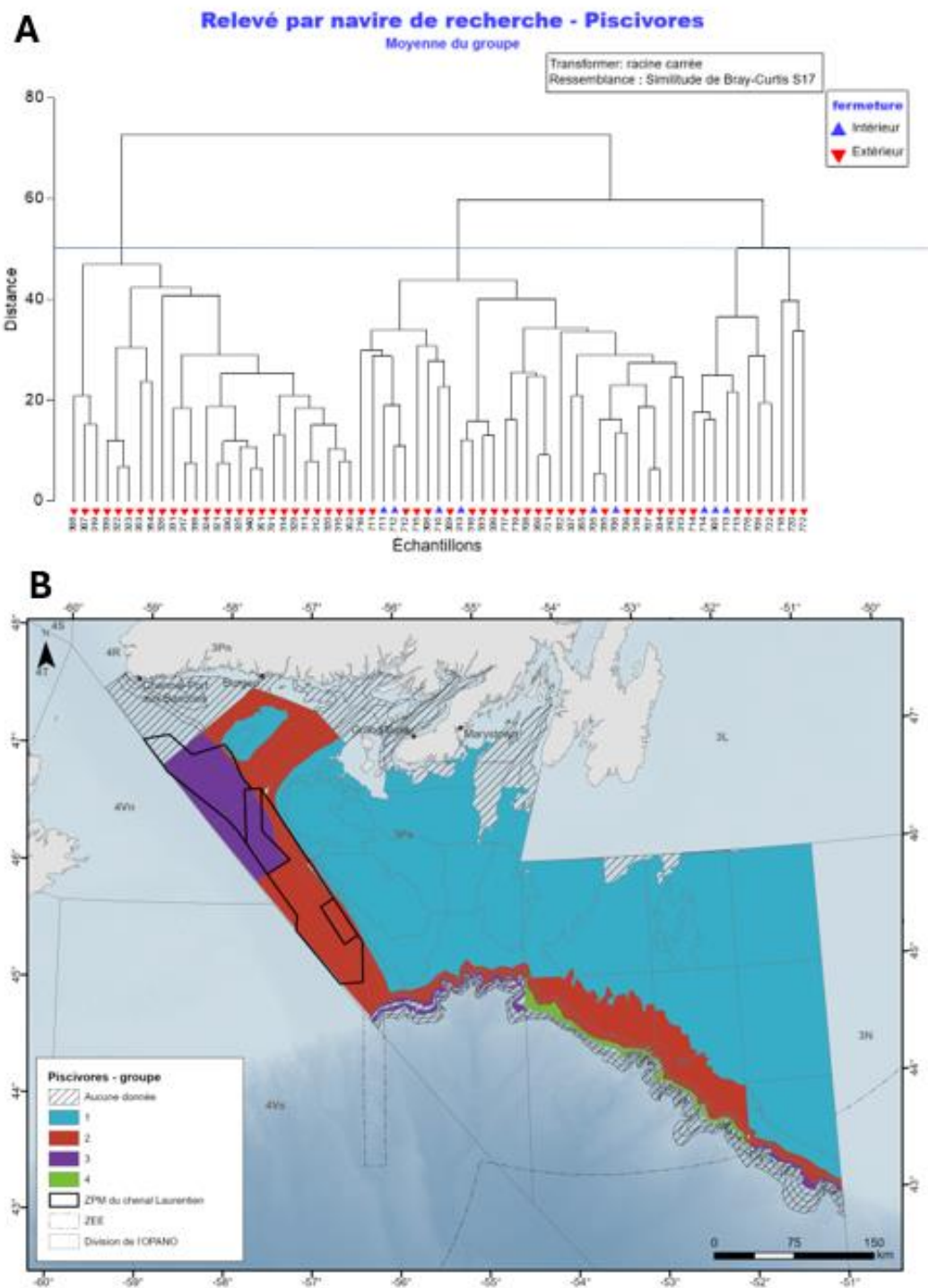


Figure 22. Analyse des communautés par strate pour le groupe fonctionnel des poissons piscivore. A) Dendrogramme de dissimilarité et B) carte des groupes avec plus de 50 valeurs de dissimilarité. La ligne bleue dans le panneau A indique les groupes qui ont des valeurs de distance de plus de 50.

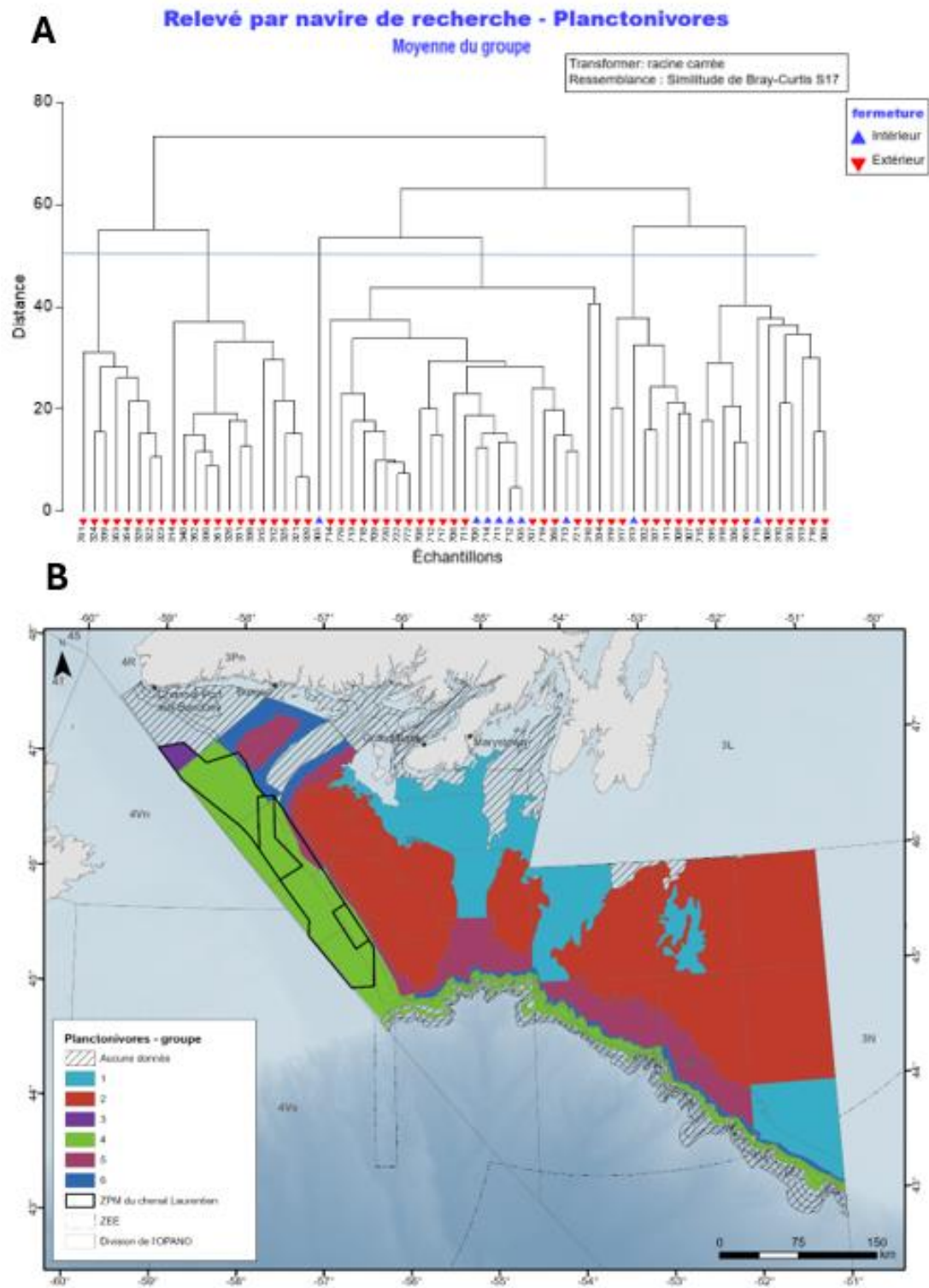


Figure 23. Analyse des communautés par strates pour le groupe fonctionnel des poissons planctonophages. A) Dendrogramme de dissimilarité et B) carte des groupes avec plus de 50 valeurs de dissimilarité. La ligne bleue dans le panneau A indique les groupes qui ont des valeurs de distance de plus de 50.

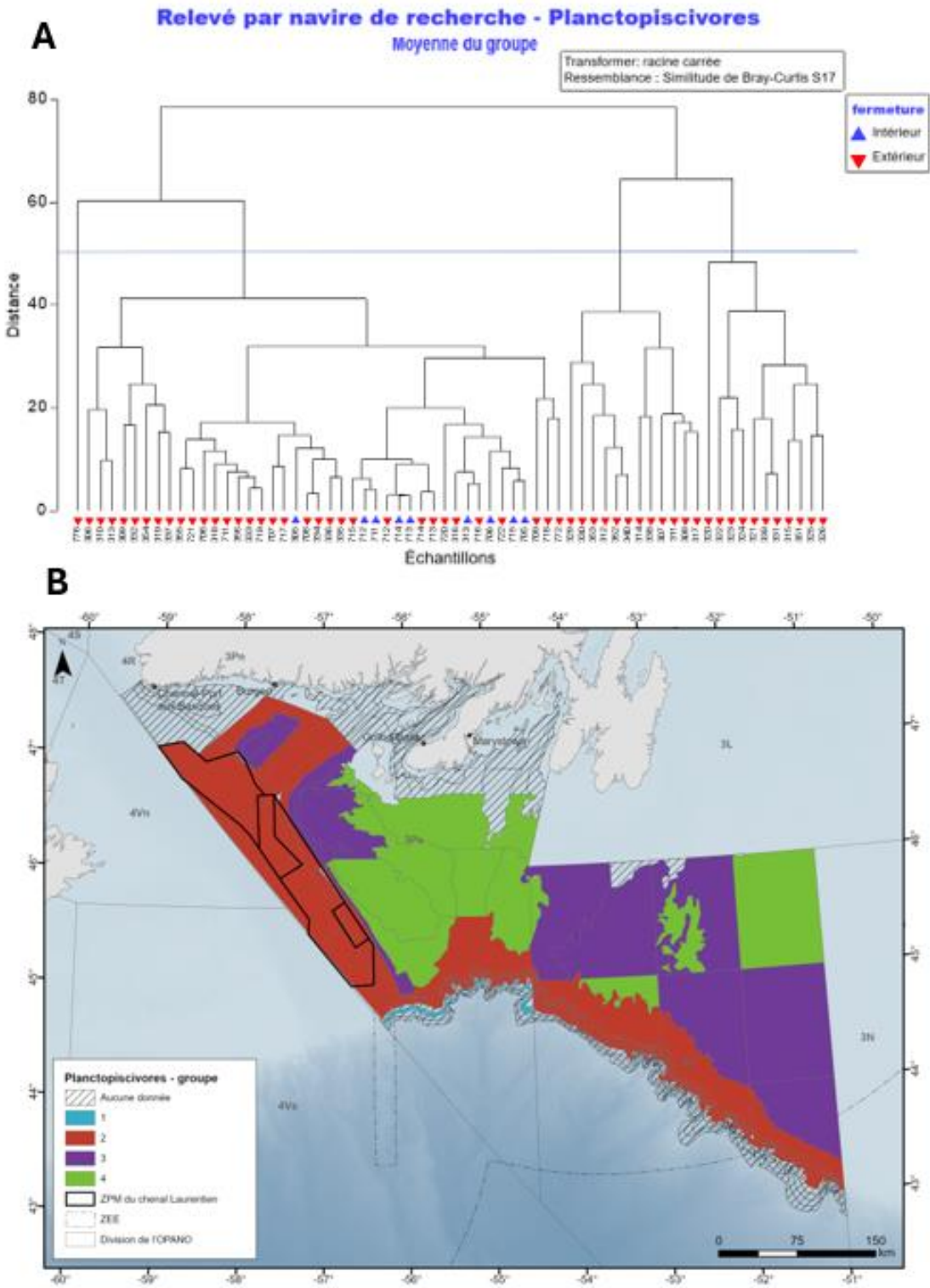


Figure 24. Analyse des communautés par strates pour le groupe fonctionnel des poissons planctopiscivores. A) Dendrogramme de dissimilarité et B) carte des groupes avec plus de 50 valeurs de dissimilarité. La ligne bleue dans le panneau A indique les groupes qui ont des valeurs de distance de plus de 50.

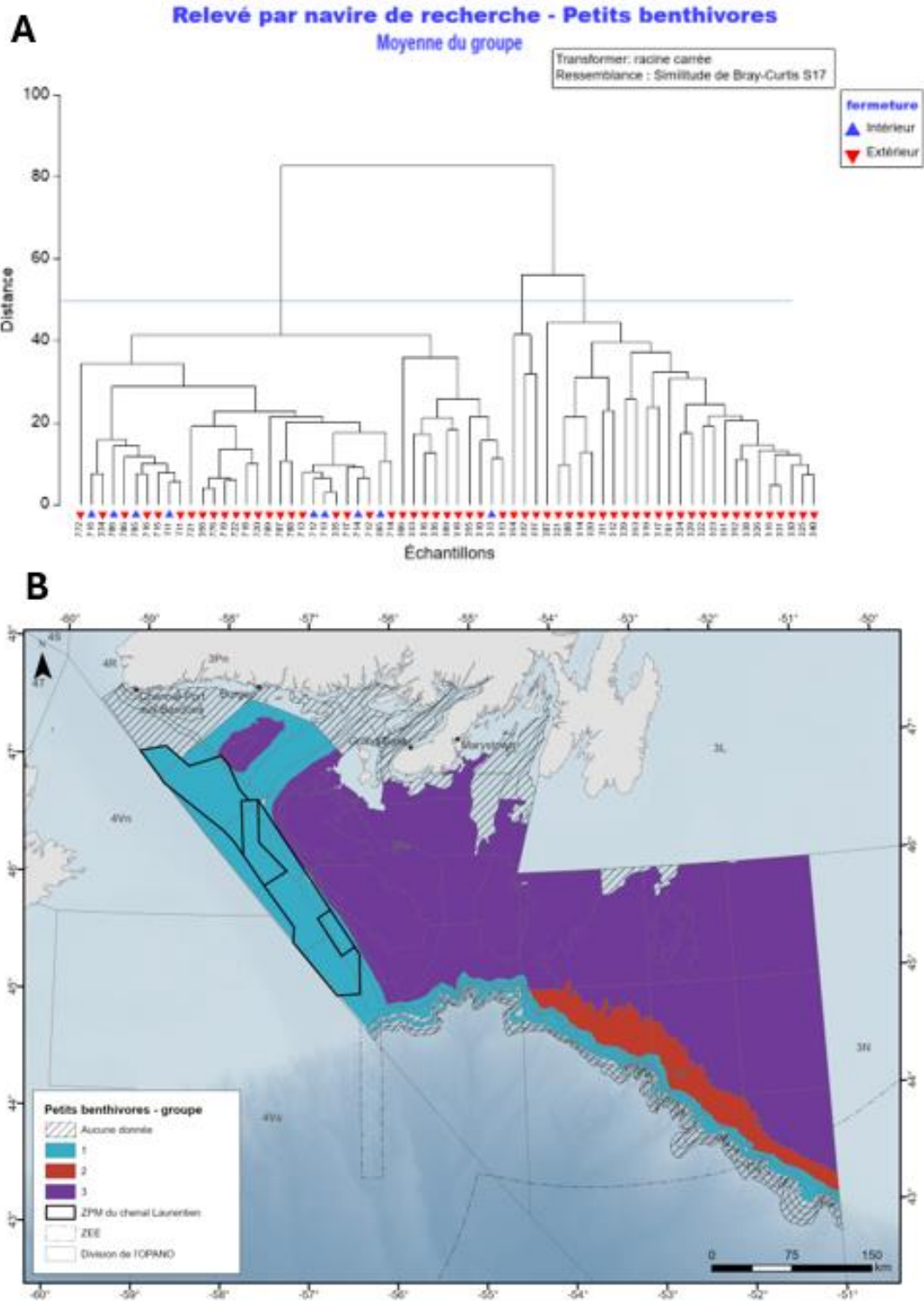


Figure 25. Analyse des communautés par strate pour le groupe fonctionnel des poissons benthivores de petite taille. A) Dendrogramme de dissimilarité et B) carte des groupes avec plus de 50 valeurs de dissimilarité. La ligne bleue dans le panneau A indique les groupes qui ont des valeurs de distance de plus de 50.

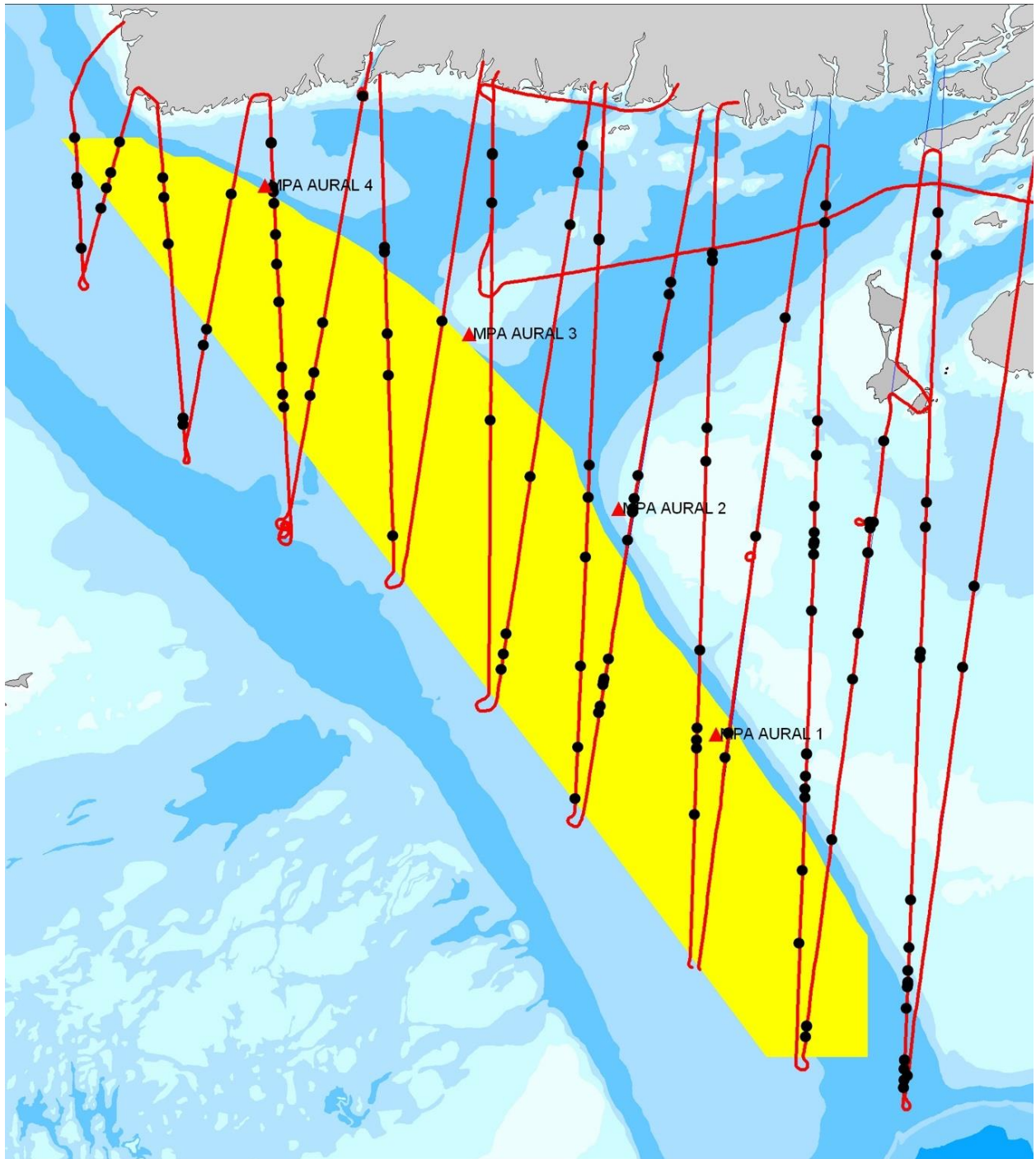


Figure 26. Traits de transects de relevé aérien (en rouge) réalisées par une équipe scientifique du MPO à bord d'un avion DeHavilland Twin Otter 300 affrété au cours de l'été 2014. Ces transects ont traversé la ZPM du chenal Laurentien (le polygone jaune correspond au site d'intérêt du chenal Laurentien) à une altitude de 183 m et à une vitesse au sol de 185 km/heure. Les observations visuelles sont représentées par des points noirs. Les triangles rouges indiquent les positions des enregistreurs acoustiques AURAL montés sur le fond.



Figure 27. Ancrage d'un enregistreur acoustique autonome AMAR avant son déploiement sur le fond marin.

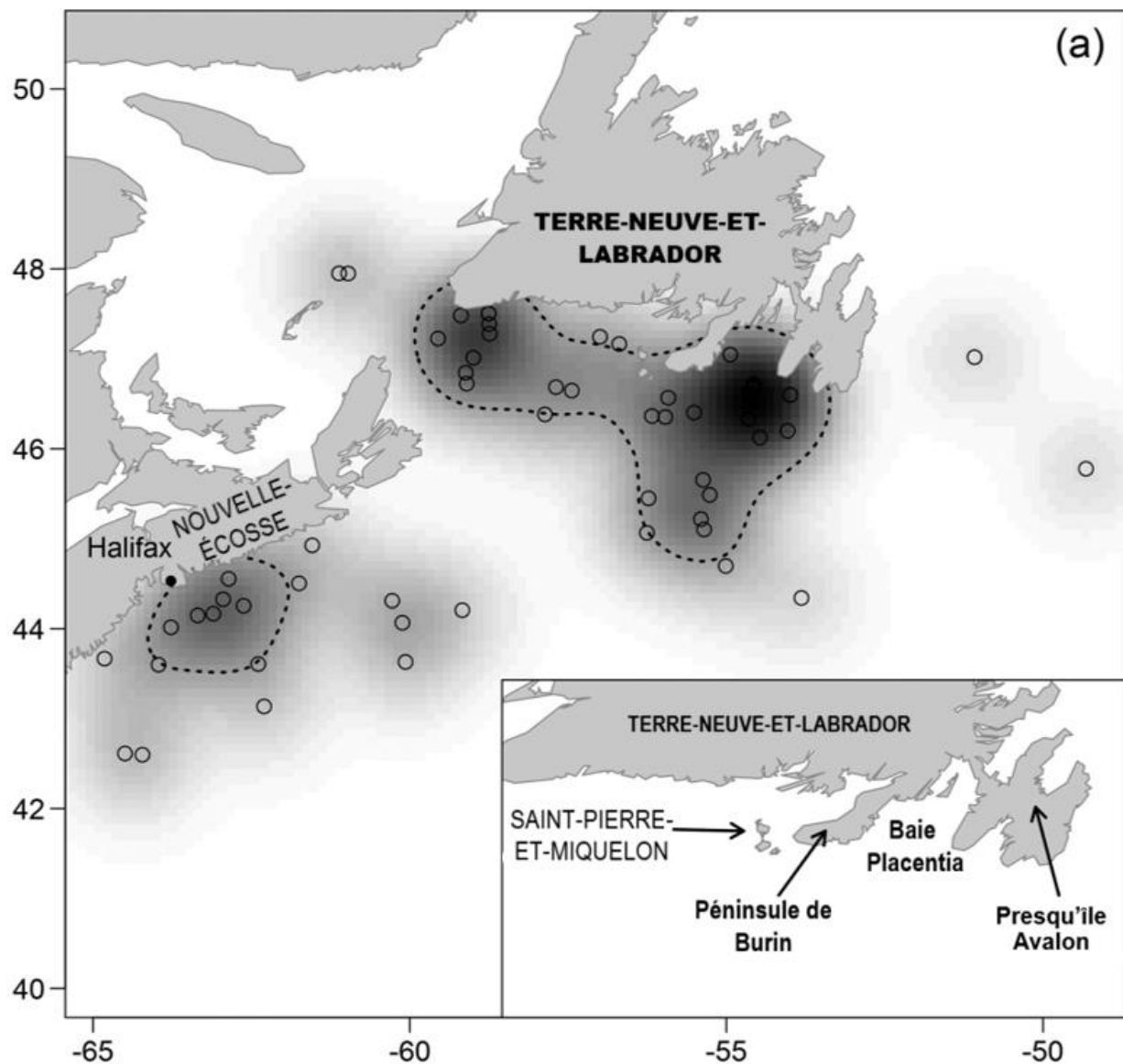


Figure 28. Représentation du noyau de la densité des observations de tortues luths au mois d'août (cercles) en utilisant a) la méthode de validation croisée de la vraisemblance appliquée aux données TNASS. Plus l'ombrage est foncé, plus la densité de tortues est importante; les courbes en pointillés représentent le contour de la densité du noyau à 50 % (d'après Mosnier et al. 2018).

ANNEXE A

Tableau A1. Liste des espèces du groupe fonctionnel des benthivores de petite taille.

Nom commun (tel qu'affiché dans les archives de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO)	Nom scientifique
ALFONSINO (SANS NOM COMMUN [SNC]) CAU.LON.	<i>Caulolepis longidens</i>
POISSON-ALLIGATOR (NON SPÉCIFIQUE [NS])	<i>Agonidae</i>
POISSON-ALLIGATOR, ARCTIQUE	<i>Aspidophoroides olriki</i>
POISSON-ALLIGATOR, COMMUN	<i>Aspidophoroides monopterygius</i>
AGONE ATLANTIQUE	<i>Agonus decagonus</i>
GONOSTOMES (NS)	<i>Cyclothone sp.</i>
GONOSTOMES (NS)	<i>Gonostoma sp.</i>
SERPE DU GROENLAND	<i>Nansenia groenlandica</i>
GYMNASTE ATLANTIQUE	<i>Xenodermichthys (aleposomus) copei</i>
MALTHE ATLANTIQUE	<i>Dibranchius atlanticus</i>
POISSONS-HEAUMES, TÊTES-À-CRÊTE	<i>Melamphaidae</i>
GRAND AVALEUR	<i>Chiasmodon niger</i>
GARCETTE-GOÎTRE	<i>Bathylagus euryops</i>
GARCETTES (NS)	<i>Bathylagus sp.</i>
STROMATÉ (NS)	<i>Stromateidae</i>
APOGON DE SHERBORN	<i>Rhectogramma sherborni</i>
COTTE BLÊME	<i>Cottunculus thompsoni</i>
COTTE POLAIRE	<i>Cottunculus microps</i>
MOLLASSE ATLANTIQUE	<i>Melanostigma atlanticum</i>
OGRE	<i>Anoplogaster cornuta</i>
FILAMENTEUX DE FOND	<i>Bathypterois dubius</i>
MOTELLE À QUATRE BARBILLONS	<i>Enchelyopus cimbrius</i>
QUATRE-LIGNES ATLANTIQUE	<i>Eumesogrammus praecisus</i>
GRENADIER DU GRAND BANC	<i>Nezumia bairdi</i>
GRENADIER-SCIE	<i>Trachyrhynchus murrayi</i>
GRENADIER (NS)	<i>Macrouridae</i>
CHABOISSEAU BRONZÉ	<i>Myoxocephalus aeneus</i>
GONNELLES (NS)	<i>Pholidae</i>
HACHES (NS)	<i>Sternoptychidae</i>
HAMEÇON (NS)	<i>Arteidiellus sp.</i>
LÉPIDION À GRANDS YEUX (SNC)	<i>Lepidion (haloporphyrus) eques</i>
LANTERNES (NS)	<i>Gonostomidae</i>
POISSON-LÉZARD	<i>Malacosteus niger</i>
LOMPE (NS) EUM.SP.	<i>Eumicrotremus sp.</i>
FAUX-TRIGLES (NS)	<i>Triglops sp.</i>
CARISTE DU GROENLAND	<i>Caristius groenlandicus</i>
PLATYTROCTES APUS	<i>Platytrectes apus</i>
CHABOISSEAU ARCTIQUE	<i>Myoxocephalus scorpioides</i>
TRICORNE ARCTIQUE	<i>Gymnocanthus tricuspis</i>
ICÈLE SPATULÉE	<i>Spatule Icelus</i>
CHABOISSEAUX (NS)	<i>Cottidés</i>
PÊCHEUR À TRÉFLE	<i>Cryptosaras couesi</i>
LIMACES (NS)	<i>Liparidae</i>
LOMPÉNIE TACHETÉE	<i>Lumpenus maculatus</i>
HOPLOSTÈTE	<i>Hoplostethus sp.</i>
GARCETTES (NS)	<i>Bathylagidae</i>
RAYON ÉPINEUX	<i>Diretmus argenteus</i>
TAPIR À PETITES ÉPINES	<i>Macdonaldia rostrata</i>
MUSTÈLE ARCTIQUE À TROIS BARBILLONS (NS)	<i>Gaidropsarus sp.</i>
ICÈLE À DEUX CORNES (NS)	<i>Icelus sp.</i>
LYCODE (NS)	<i>Lycenchelys sp.</i>

Tableau A2. Liste des espèces du groupe fonctionnel des benthivores de taille moyenne.

Nom commun (tel qu'affiché dans les archives de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO)	Nom scientifique
BEAUCLAIRES (NS)	<i>Priacanthidae</i>
LOMPÉNIÉS (NS)	<i>Lumpenus sp.</i>
NESSO	<i>Nessorhamphus ingolfianus</i>
LYCODES (NS)	<i>Lycodes sp.</i>
LYCODE ARCTIQUE	<i>Lycodes reticulatus</i>
LYCODE D'ESMARK	<i>Lycodes esmarki</i>
LYCODE À CARREAUX	<i>Lycodes vahlii</i>
UNERNAK CAMÉLÉON	<i>Gymnelus viridis</i>
PLIE ROUGE	<i>Pseudoplueronectes americanus</i>
GRENADIER À LONG NEZ	<i>Coelorhynchus carminatus</i>
GRENADIER DE ROCHE	<i>Coryphaenoides rupestris</i>
HOKI	<i>Antimora rostrata</i>
MERLUCHE-ÉCUREUIL	<i>Urophycis chuss</i>
HALOSAURE (NS)	<i>Halosauridae</i>
TAPIR À DORSALE	<i>Lipogenys gillii</i>
ANGUILLE ÉGORGÉE BÉCUE	<i>Synaphobranchus kaupi</i>
GROSSE POULE DE MER	<i>Cyclopterus lumpus</i>
MORE (SNC) HAL.AFF.	<i>Halargyreus affinis</i>
MORE DÉLICAT (SNC) HAL.JOH.	<i>Halargyreus johnsonii</i>
MORES	<i>Moridae</i>
FAUX-TRINGLE BARDÉ	<i>Myoxocephalus sp.</i>
CHABOISSEAU À QUATRE CORNES	<i>Myoxocephalus quadricornis</i>
CHABOISSEAU À DIX-HUIT ÉPINES	<i>Myoxocephalus octodecemspinus</i>
CHABOISSEAU À ÉPINES COURTES	<i>Myoxocephalus scorpius</i>
HÉMITRIPTÈRE ATLANTIQUE	<i>Hemitripterus americanus</i>
ROUSSETTE DE PROFONDEUR	<i>Apristurus profundorum</i>
RAIE RONDE	<i>Raja fyllae</i>
RAIE HÉRISSON	<i>Raja erinacea</i>
RAIE MOLLE	<i>Raja mollis</i>
RAIE À QUEUE DE VELOURS	<i>Malacoraja senta</i>
LOMPÉNIE-SERPENT	<i>Lumpenus lumpretaeformis</i>
AVOCETTE RUBAN (SNC)	<i>Serrivomer brevidentatus</i>
SERRIVOMER À NAGEOIRE LONGUE	<i>Serrivomer beani</i>
ANGUILLE À NEZ COURT	<i>Simenchelys parasiticus</i>
POUTASSOU	<i>Micromesistius poutassou</i>
PLIE GRISE	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>
LIMANDE À QUEUE JAUNE	<i>Limanda ferruginea</i>

Tableau A3. Liste des espèces du groupe fonctionnel des grands benthivores.

Nom commun (tel qu'affiché dans les archives de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO)	Nom scientifique
PLIE CANADIENNE	<i>Hippoglossoides platessoides</i>
BAUDROIE D'AMÉRIQUE	<i>Lophius americanus</i>
CHIMÈRE DE PROFONDEURS	<i>Hydrolagus affinis</i>
CHIMÈRE-COUTEAU	<i>Rhinochimaera atlantica</i>
CHIMÈRE-SPATULE	<i>Harriotta raleighana</i>
CHIMÈRES (NS)	<i>Chimérimorphes (holocéphales) (ordre)</i>
BROSME	<i>Brosme brosme</i>
PÊCHEUR À DEUX MASSETTES	<i>Ceratius holboelli</i>
GRENADIER BERGLAX	<i>Macrourus berglax</i>
AIGLEFIN	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>
MYXINE DU NORD	<i>Myxine glutinosa</i>
LOQUETTE D'AMÉRIQUE	<i>Macrozoarces americanus</i>
POISSONS-PÊCHEURS (NS)	<i>Ceratiidae</i>
RAIE ABYSSALE	<i>Raja bathyphila</i>

Nom commun (tel qu'affiché dans les archives de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO)	Nom scientifique
RAIE BORÉALE	<i>Raja hyperborea</i>
GRANDE RAIE	<i>Raja laevis</i>
RAIE DE JENSEN	<i>Raja jenseni</i>
RAIE À QUEUE ÉPINEUSE	<i>Raja (bathyrāja) spinicauda</i>
RAIE ÉPINEUSE	<i>Raja radiata</i>
RAIE LINON	<i>Raja lintea</i>
RAIE TACHETÉE	<i>Leucoraja ocellata</i>
RAIES (NS) RAJA SP.	<i>Raja sp.</i>
ALÉPOCÉPHALES (NS)	<i>Alepocephalidae</i>
AVOCETTE RUBAN	<i>Nemichthys scolopaceus</i>
POISSONS-TAPIRS À ÉPINES (NS)	<i>Notacanthidae</i>
ESTURGEON NOIR	<i>Acipenser oxyrinchus</i>
TAPIR À GRANDES ÉCAILLES	<i>Notacanthus nasus</i>
LOUP ATLANTIQUE	<i>Anarchichas lupus</i>
LOUP À TÊTE LARGE	<i>Anarchichas denticulatus</i>
LOUP TACHETÉ	<i>Anarchichas minor</i>
LOUPS (NS)	<i>Anarchichadidae</i>
TERRASSIER TACHETÉ	<i>Cryptacanthodes maculatus</i>

Tableau A4. Liste des espèces du groupe fonctionnel des piscivores.

Nom commun (tel qu'affiché dans les archives de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO)	Nom scientifique
PÊCHEURS	<i>Lophiiformes (pediculati) (ordre)</i>
LUSSIONS (NS)	<i>Paralepididae</i>
MORUE FRANCHE	<i>Gadus morhua</i>
OGAC	<i>Gadus ogac</i>
MORUE POLAIRE	<i>Arctogadus glacialis</i>
MORUES, MERLUS, MERLUCHES, ETC.	<i>Gadiformes (anacanthiens) (ordre)</i>
PHARAON	<i>Anotopterus pharao</i>
SQUALIDÉS (NS)	<i>Squalidae</i>
AIGUILLAT NOIR	<i>Centroscyllium fabricii</i>
AIGUILLAT COMMUN	<i>Squalus acanthias</i>
DRAGON-BOA	<i>Stomias boa ferox</i>
DRAGONS À ÉCAILLES (NS)	<i>Stomiidae</i>
POISSON SABRE LONG	<i>Benthodesmus simonyi</i>
GADIDÉS (NS)	<i>Gadidae</i>
ŒIL-VERT À LONG NEZ	<i>Parasudis truculentus</i>
GRANDGOUSIERS (SNC) SAC.AMP.	<i>Saccopharynx ampullaceus</i>
MERLU (NS) MER.SP.	<i>Merluccius sp.</i>
MERLU ARGENTÉ DU LARGE	<i>Merluccius albidus</i>
MERLU ARGENTÉ	<i>Merluccius bilinearis</i>
MERLUCHE BLANCHE (COMMUNE)	<i>Urophycis tenuis</i>
FLÉTAN ATLANTIQUE	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>
GRANDE LAMPROIE MARINE	<i>Petromyzon marinus</i>
LANCIER À NEZ COURT	<i>Alepisaurus brevirostis</i>
LANCIER LONGNEZ	<i>Alepisaurus ferox</i>
CAVALOS (NS)	<i>Alepisauridae (plagyodontidae)</i>
LINGUE BLEUE	<i>Molva brykelange</i>
REQUIN-TAUPE BLEU	<i>Isurus oxyrinchus</i>
GOBERGE	<i>Pollachius virens</i>
MARAÎCHE	<i>Lamna nasus</i>
SABRE NOIR	<i>Aphanopus carbo</i>
PÉLERIN	<i>Cetorhinus maximus</i>
LAIMARGUE ATLANTIQUE	<i>Somniosus microcephalus</i>
PAILONA	<i>Centroscymnus coelolepis</i>
REQUINS-TAUPES (NS)	<i>Lamnidae</i>
TURBOT (FLÉTAN DU GROENLAND)	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>

Nom commun (tel qu'affiché dans les archives de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO)	Nom scientifique
CHAULIODE TRÈS LUMINEUX	<i>Chauliodus sloani</i>

Tableau A5. Liste des espèces du groupe fonctionnel des piscivores.

Nom commun (tel qu'affiché dans les archives de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO)	Nom scientifique
POINSSONS À BARBE (NS)	<i>Polymixiidae</i>
MORUE POLAIRE	<i>Boreogadus saida</i>
GRANDGOUSIER PÉLICAN	<i>Eurypharynx pelecanoïdes</i>
MERLUCHE À LONGUES NAGEOIRES	<i>Urophycis chesteri</i>
SÉBASTE ATLANTIQUE	<i>Sebastes mentella</i>
SÉBASTE ACADIEN	<i>Sebastes fasciatus</i>
SÉBASTE ORANGÉ	<i>Sebastes marinus</i>
SÉBASTES (NS)	<i>Scorpenidés</i>
SCOPELOSAURUS (NS)	<i>Scopelosauridae</i>
LIMACES (NS) CAR.SP.	<i>Careproctus sp.</i>

Tableau A6. Liste des espèces du groupe fonctionnel des planctivores.

Nom commun (tel qu'affiché dans les archives de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO)	Nom scientifique
GASPAREAU	<i>Alosa pseudoharengus</i>
GRANDE ARGENTINE	<i>Argentine silus</i>
ARGENTINE STRIÉE	<i>Argentine striata</i>
ARGENTINES (NS)	<i>Argentinidae</i>
VOILIER	<i>Scomberesox saurus</i>
CAPELAN	<i>Mallotus villosus</i>
HARENG ATLANTIQUE	<i>Clupea harengus</i>
HARENG	<i>Bathytroctes sp.</i>
POISSONS-LANTERNES (NS)	<i>Myctophidae</i>
MAQUEREAU BLEU	<i>Scomber scombrus</i>
ALOSE TYRAN	<i>Brevoortia tyrannus</i>
RONDELETIIDAE	<i>Poisson-baleine diable</i>
LANÇON	<i>Ammodytes dubius</i>
ALOSE SAVOUREUSE	<i>Alosa sapidissima</i>
ULVAIRE DEUX-LIGNES	<i>Ulvaria subbifurcata</i>
ÉPINOCHÉ À QUATRE ÉPINES	<i>Apeltes quadracus</i>
ÉPINOCHÉ À TROIS ÉPINES	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
ÉPINOCHES (NS)	<i>Gastérostéiformes (ordre)</i>