



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 2022/059

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Évitement des espèces de coraux et d'éponges et mesures d'atténuation pendant les activités de forage exploratoire au large de Terre-Neuve-et-Labrador

L. Gullage, V. Hayes, B.M. Neves, N. Wells, F. Cyr et F.J. Murillo

Direction des sciences
Pêches et Océans Canada
C.P. 5667
St. John's (T.-N.-L.) 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/index-fra.htm>
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2022

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-45238-8 N° cat. Fs70-5/2022-059F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Gullage, L., Hayes, V., Neves, B.M., Wells, N., Cyr, F., et Murillo, F.J. 2022. Évitement des espèces de coraux et d'éponges et mesures d'atténuation pendant les activités de forage exploratoire au large de Terre-Neuve-et-Labrador. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/059. vii + 161 p.

Also available in English:

Gullage, L., Hayes, V., Neves, B.M., Wells, N., Cyr, F., and Murillo, F.J. 2022. Avoidance and Mitigation of Coral and Sponge Species During Exploratory Drilling Activities Offshore Newfoundland and Labrador. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2022/059. vii + 141 p.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|-----|
| RÉSUMÉ..... | vii |
| 1. INTRODUCTION | 1 |
| 2. ESPÈCES DE CORAUX ET D'ÉPONGES À TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR..... | 2 |
| 2.1. LISTE DES ESPÈCES..... | 3 |
| 2.2. RÉPARTITION | 3 |
| 2.3. DENSITÉ..... | 13 |
| 2.4. BESOINS EN MATIÈRE D'HABITAT..... | 17 |
| 2.4.1. Contexte océanographique | 18 |
| 2.5. SENSIBILITÉS | 20 |
| 2.6. ZONES SPÉCIALES EXISTANTES..... | 21 |
| 3. FORAGE EXPLORATOIRE À TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR..... | 37 |
| 3.1. ACTIVITÉS POUVANT AVOIR DES EFFETS SUR LES CORAUX ET LES ÉPONGES..... | 38 |
| 3.1.1. Positionnement | 38 |
| 3.1.2. Forage..... | 40 |
| 3.1.3. Mise hors service | 42 |
| 3.1.4. Accidents..... | 43 |
| 3.2. EFFETS ET GRAVITÉ PRÉVUS POUR LES CORAUX ET LES ÉPONGES..... | 43 |
| 4. EFFETS DU FORAGE EXPLORATOIRE SUR LES CORAUX ET LES ÉPONGES..... | 46 |
| 4.1. EFFETS SUR LES CORAUX..... | 46 |
| 4.2. EFFETS SUR LES ÉPONGES | 49 |
| 4.3. EFFETS SUR LES ESPÈCES DE CORAUX ET D'ÉPONGES DANS LA RÉGION DE TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR..... | 50 |
| 5. PRÉVENTION ET ATTÉNUATION..... | 61 |
| 5.1. RELEVÉS PRÉALABLES AU FORAGE | 63 |
| 5.1.1. Données bathymétriques | 64 |
| 5.1.2. Relevés visuels | 65 |
| 5.1.3. Seuils de densité importante..... | 69 |
| 5.2. ACTIVITÉS DE FORAGE EXPLORATOIRE..... | 89 |
| 5.2.1. Positionnement | 89 |
| 5.2.2. Forage..... | 89 |
| 5.2.3. Mise hors service | 91 |
| 6. SURVEILLANCE ET SUIVI..... | 105 |
| 7. PRATIQUES EXEMPLAIRES RECOMMANDÉES..... | 113 |
| 8. CONCLUSION | 116 |
| 9. RÉFÉRENCES | 117 |
| ANNEXE A – LISTE DES ACRONYMES | 139 |
| ANNEXE B – DÉFINITIONS DES GROUPES DE CORAUX | 140 |
| ANNEXE C – ESPÈCES DE CORAUX ET D'ÉPONGES À TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR..... | 142 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| Tableau 1 : Paramètres déclarés des communautés de coraux et d'éponges formant des habitats, en fonction de leurs espèces dominantes. | 15 |
| Tableau 2 : Liste des zones benthiques importantes, des écosystèmes marins vulnérables, des ZIEB et des zones fermées (ZPM, refuges marins et fermetures des pêches pour protéger les écosystèmes marins vulnérables) existants dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador où les coraux ou les éponges sont définis comme des objectifs de conservation, des caractéristiques clés ou d'autres caractéristiques. À l'exception de la ZPM du chenal Laurentien (figure 16), le forage exploratoire n'est actuellement interdit nulle part ailleurs dans la zone extracôtière de Terre-Neuve. Plusieurs zones spéciales énumérées dans le tableau 2 pourraient donc être touchées par le forage exploratoire. | 23 |
| Tableau 3 : Effets documentés du forage exploratoire et d'autres activités (p. ex. le chalutage, la sédimentation) sur les espèces de coraux et d'éponges dont la présence est connue dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Remarque : Certains des effets documentés dans le tableau concernent des espèces qui n'ont pas été signalées dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, mais qui appartiennent à un genre qui a été documenté ici. | 51 |
| Tableau 4 : Seuils des coraux et des éponges utilisés pour définir les seuils de la biomasse des écosystèmes marins vulnérables et des zones benthiques importantes dans la zone réglementée de l'OPANO et dans les eaux canadiennes, respectivement. La zone balayée par les chaluts Lofoten et Campelen, ainsi que les seuils de densité estimés (N.100 m ⁻²) d'après l'efficacité des différents engins, sont également indiqués. Les seuils de densité importante recommandés dans cette étude sont en caractères gras. | 72 |
| Tableau 5 : Biomasse individuelle moyenne (+ET) (poids humide) par groupe de coraux et d'éponges capturés pendant le relevé au chalut de fond réalisé par l'Espagne et l'Union européenne en 2007. N ₁ : nombre de traits de chalut inclus dans l'analyse; N ₂ : nombre d'organismes (seuls les enregistrements d'organismes complets ont été pris en compte). Les espèces utilisées dans les calculs sont également indiquées. | 74 |
| Tableau 6 : Avantages et inconvénients des technologies, des méthodes et des seuils proposés pour les relevés préalables au forage aux sites de forage proposés. | 76 |
| Tableau 7 : Mesures d'évitement possibles à employer dans les zones où se trouvent des concentrations de coraux et d'éponges. | 93 |
| Tableau 8 : Mesures d'atténuation possibles à employer dans les zones où se trouvent des concentrations de coraux et d'éponges. | 94 |
| Tableau 9 : Examen des outils existants qui peuvent être utilisés pour surveiller la santé des coraux et des éponges pendant le forage exploratoire. | 107 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Grand spécimen de <i>Paragorgia arborea</i> provenant d'un trait infructueux du relevé de recherche par chalut effectué par le MPO en 2019 dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, dans la division 3Ps de l'OPANO..... | 4 |
| Figure 2 : Répartition des grandes gorgones et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. | 6 |
| Figure 3 : Répartition des petites gorgones et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. | 7 |
| Figure 4 : Répartition des pennatules et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador..... | 8 |
| Figure 5 : Répartition des coraux mous et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador..... | 9 |
| Figure 6 : Répartition des madréporaires et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador..... | 10 |
| Figure 7 : Répartition des coraux noirs et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador..... | 11 |
| Figure 8 : Répartition des espèces de coraux (celles qui n'ont pas été identifiées au niveau de l'espèce ou du groupe) et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. | 12 |
| Figure 9 : Répartition des éponges et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador..... | 13 |
| Figure 10 : Courants océanographiques généraux présents dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Carte modifiée d'après Cyr et al. (2020). Les flèches noires représentent les eaux subpolaires et les flèches gris foncé, les eaux subtropicales (p. ex. le Gulf Stream). | 19 |
| Figure 11 : Emplacement des zones benthiques importantes et des habitats d'écosystèmes marins vulnérables actuellement définis dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (description de chaque zone benthique importante et habitat de chaque zone benthique importante et écosystème marin vulnérable disponible dans le tableau 2). | 31 |
| Figure 12 : Emplacement des fermetures d'écosystèmes marins vulnérables mises en place dans la zone réglementée de l'OPANO où les coraux ou les éponges sont identifiés comme des caractéristiques clés (description des fermetures de chaque écosystème marin vulnérable disponible dans le tableau 2). | 32 |
| Figure 13 : Comparaison entre les habitats d'écosystèmes marins vulnérables existants et proposés pour les grandes gorgones (A), les pennatules (B), les éponges (C), les coraux noirs (D) et les petites gorgones (D) (adapté de Kenchington et al. 2019a). Les limites des habitats d'écosystème marin vulnérable des petites gorgones et des coraux noirs n'ont pas été fixées par le passé. | 33 |
| Figure 14 : Emplacement des refuges marins mis en place dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador où les coraux ou les éponges sont identifiés comme des objectifs de conservation (description de chaque refuge marin disponible dans le tableau 2)..... | 34 |
| Figure 15 : Emplacement des zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) désignées dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador où les coraux ou les éponges sont identifiés comme des objectifs de conservation ou d'autres caractéristiques (description de chaque ZIEB disponible dans le tableau 2). | 35 |

| | |
|---|----|
| Figure 16 : Emplacement des ZPM mises en place dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador où les coraux sont un objectif de conservation (description de chaque ZPM disponible dans le tableau 2). | 36 |
| Figure 17 : Emplacement des puits d'exploration et des permis dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, téléchargés sous forme de fichiers de forme à partir du site Web de l'OCTNHE en janvier 2020 (OCTNHE 2019a). | 37 |
| Figure 18 : Plateformes de forage utilisées pour l'exploration pétrolière et gazière en mer (adapté de MCI 2001). | 39 |
| Figure 19 : Illustration d'un réseau de transpondeurs étalonnés utilisé pour positionner dynamiquement une plateforme de forage. | 40 |
| Figure 20 : Étapes du forage d'exploration et du rejet correspondant de déblais ou de boues par les plateformes de forage semi-submersibles (adapté de Cordes et al. 2016). | 40 |
| Figure 21 : Effets, étendue et durée des activités de forage exploratoire sur les coraux et les éponges. (Remarque : La gravité temporelle fournit de l'information sur la durée de l'activité; la gravité spatiale renseigne sur la zone qui sera probablement touchée par l'activité). | 45 |
| Figure 22 : Comparaison des limites des refuges marins et des ZPM avec les zones benthiques importantes (graphique de gauche) et des zones de fermeture des pêches dans les écosystèmes marins vulnérables avec les habitats d'écosystèmes marins vulnérables (graphique de droite). Les zones représentées ici correspondent à celles où les coraux ou les éponges ont été désignés en tant qu'objectifs de conservation ou caractéristiques clés. Toutes les zones benthiques importantes et tous les habitats d'écosystèmes marins vulnérables sont colorés de la même façon, quel que soit l'objectif de conservation qu'ils représentent. | 62 |
| Figure 23 : Cadre décisionnel pour l'évitement des coraux et des éponges et les mesures d'atténuation connexes sur les sites de forage exploratoire proposés. | 63 |
| Figure 24 : Plans de relevés préalables au forage : (A) Relevé visuel suggéré par la NOROG des sites de coraux potentiels observés à l'aide du sonar à balayage latéral et des échosondeurs multifaisceaux; (B) Relevé à configuration radiale existant décrit dans les documents de relevés préalables au forage existants pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador; (C) Relevé à configuration en trèfle proposé dans Sward et al. (2019); et (D) Relevé hybride proposé combinant la configuration en trèfle et la vérification sur place des sites potentiels de coraux et d'éponges identifiés à partir des données acoustiques. | 66 |
| Figure 25 : Chevauchement des ZIEB contenant des coraux/éponges en tant que caractéristiques clés ou autres avec des zones benthiques importantes (à l'intérieur de la ZEE) et des écosystèmes marins vulnérables (à l'extérieur de la ZEE). Il convient de noter que sur cette carte, des couleurs différentes permettent de distinguer les zones benthiques importantes des écosystèmes marins vulnérables, mais aucune distinction n'a été faite pour identifier les espèces de coraux/éponges qu'ils doivent protéger. | 70 |

RÉSUMÉ

Une enquête a été menée sur les effets probables du forage exploratoire sur les espèces de coraux et d'éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, ainsi que sur les façons dont les mesures d'évitement et d'atténuation peuvent être appliquées pour les réduire. D'après les effets décrits dans la documentation existante, les espèces de coraux et d'éponges peuvent subir des changements de comportement (p. ex. l'alimentation, la reproduction), de valeur adaptative et de survie provoqués par les dommages physiques, l'exposition à des produits chimiques ou une sédimentation excessive résultant des activités de forage exploratoire. Conformément à la *Loi sur les pêches*, il est recommandé d'appliquer une « hiérarchie d'atténuation » consistant à : 1) éviter, 2) atténuer et 3) compenser pour réduire les risques pour la biodiversité. Toutefois, comme les effets compensatoires ne seraient généralement pas compatibles avec les objectifs de conservation des communautés benthiques, ils ne sont pas examinés de manière approfondie dans le présent rapport. Selon cette hiérarchie, il est essentiel d'éviter le forage exploratoire dans les zones spéciales existantes qui ont déjà été délimitées en fonction de la présence de fortes densités d'espèces de coraux ou d'éponges afin de préserver la biodiversité dans la région. Ces zones comprennent les zones benthiques importantes, les écosystèmes marins vulnérables et tous les sites où la zone d'influence du forage exploratoire chevaucherait les limites d'une zone benthique importante ou d'un écosystème marin vulnérable. Il est aussi particulièrement important d'éviter les zones à l'extérieur des zones benthiques importantes et des écosystèmes marins vulnérables où la densité des espèces de coraux et d'éponges observées pendant les relevés préalables au forage atteint les seuils utilisés pour définir les zones benthiques importantes et les écosystèmes marins vulnérables. Diverses modifications aux processus de forage exploratoire existants, visant à atténuer les effets sur les espèces de coraux et d'éponges sans tenir compte des effets techniques ou économiques, sont également décrites dans le rapport. Elles permettraient de réduire la zone des effets, la quantité de déblais produits et le rejet de boues de forage dans l'environnement, de façon à réduire les répercussions globales sur les espèces de coraux et d'éponges dans la zone.

1. INTRODUCTION

Le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH) du MPO évalue les ouvrages, entreprises et activités (OEA) proposés qui peuvent avoir des effets sur le poisson et son habitat et conseille les promoteurs à leur sujet (MPO 2019a). La plupart des recherches disponibles sur les effets des forages exploratoires sur les coraux portaient sur les effets touchant les grandes espèces de coraux formant des récifs comme *Lophelia pertusa* (maintenant appelée *Desmophyllum pertusum*) (Purser et Thomsen 2012, Bakke *et al.* 2013, Larsson *et al.* 2013) et les seuils d'atténuation établis par l'Office Canada-Terre-Neuve des hydrocarbures extracôtiers (OCTNHE) sont principalement fondés sur des recherches menées en dehors de l'Atlantique Nord-Ouest (DNV 2013). Ce document vise à tirer parti des avis scientifiques existants sur l'atténuation des effets nocifs sur les coraux et les éponges pendant les programmes de forage exploratoire dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador grâce à la présentation de renseignements propres à cette région pour aider le PPPH à élaborer des pratiques de gestion exemplaires pour orienter les processus d'examen.

En 2019, la Direction des sciences du MPO a produit un avis national sur l'évaluation de l'efficacité des mesures d'atténuation pour réduire les effets potentiels de l'exploration et de la production pétrolières et gazières sur les zones pour lesquelles des objectifs de conservation des communautés benthiques ont été définis (p. ex. les zones de protection marines et les autres mesures de conservation efficaces par zone [AMCEZ] [MPO 2019c]). Dans cet avis antérieur, on recommandait d'appliquer une plus grande aversion au risque pour gérer les activités d'exploration et de production pétrolières et gazières dans ces zones. Dans son examen de l'évaluation régionale des forages exploratoires d'hydrocarbures extracôtiers à l'est de Terre-Neuve (MPO 2020), la Direction des sciences du MPO a depuis recommandé de mettre en œuvre des mesures d'atténuation dans toutes les zones jugées spéciales par le MPO ou d'autres organisations scientifiques internationales comme l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), notamment les écosystèmes marins vulnérables, les zones benthiques importantes et les zones d'importance écologique et biologique (ZIEB), mais qui ne sont pas encore protégées par d'autres mesures de gestion (MPO 2020).

Compte tenu des plans visant à accroître les activités de forage exploratoire dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, l'exposition potentielle des coraux et des éponges aux effets devrait également augmenter. La présence de ces espèces est associée à des niveaux élevés de biodiversité dans les grands fonds (Gilkinson et Edinger 2009; Baker *et al.* 2012) et les effets sur leur santé peuvent se présenter en cascade (Pham *et al.* 2019). Afin de guider les futures recommandations, ce rapport vise à : 1) présenter un sommaire des espèces de coraux et d'éponges connues dans la zone extracôtière de Terre-Neuve-et-Labrador; 2) décrire les activités de forage exploratoire susceptibles d'avoir des effets sur les coraux et les éponges; 3) caractériser les effets du forage exploratoire sur les espèces de coraux et d'éponges connues dans la zone de Terre-Neuve-et-Labrador; 4) définir des seuils pour la mise en œuvre des mesures d'atténuation; 5) recommander les outils d'atténuation les mieux adaptés à cette région; 6) déterminer les méthodes recommandées pour les relevés préalables au forage, le forage, la surveillance et le suivi pour les coraux et les éponges; et 7) mettre en évidence les zones dans lesquelles d'autres recherches sont nécessaires. En fin de compte, ces travaux visent à orienter l'élaboration de pratiques de gestion exemplaires pour appuyer la conservation des espèces de coraux et d'éponges pendant les activités d'exploration pétrolière et gazière à Terre-Neuve-et-Labrador.

2. ESPÈCES DE CORAUX ET D'ÉPONGES À TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR

On sait que plus de 160 espèces de coraux et d'éponges sont présentes dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Elles ont été observées le long du plateau continental, dans des cuvettes, des vallées et des canyons, ainsi que le long de la bordure du plateau continental (Wareham et Edinger 2007, Murillo *et al.* 2011, Baker *et al.* 2012, Murillo *et al.* 2012, Hayes *et al.* 2019). Elles ont diverses formes et tailles; certaines sont présentes en fortes densités, tandis que d'autres sont plus dispersées.

Dans toute leur aire de répartition, ces espèces représentent des structures tridimensionnelles complexes qui peuvent fournir des habitats à grande et à petite échelle dans les grands fonds. Des données probantes montrent qu'elles représentent des points chauds de la diversité (Kunzmann 1996, Klitgaard et Tendal 2004, Henry et Roberts 2007, Hogg *et al.* 2010, Beazley 2013a), car des zones de grande richesse en espèces de coraux sont corrélées positivement avec des zones de grande richesse en espèces de poissons (Edinger *et al.* 2009, Komyakova *et al.* 2018). Dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, on sait que diverses espèces s'associent aux coraux (Buhl-Mortensen et Mortensen 2004, Buhl-Mortensen et Mortensen 2005, Mortensen et Buhl-Mortensen 2005, Edinger *et al.* 2009, Baillon *et al.* 2012, Baillon *et al.* 2014, Hamel *et al.* 2015, Rooper *et al.* 2019) et aux éponges (Hogg *et al.* 2010, Kenchington *et al.* 2013, Rooper *et al.* 2019) (p. ex. poissons, crustacés, mollusques, échinodermes, cnidaires et vers polychètes) et utilisent les habitats à grande échelle qu'ils fournissent pour se nourrir, se reposer, éviter les prédateurs ou comme zones de croissance pour les poissons et les invertébrés juvéniles (Freese et Wing 2003, Ryer 2004, Auster 2005, Costello *et al.* 2005, Auster 2007, Amsler *et al.* 2009, Beazley *et al.* 2013a, Hayes *et al.* 2017, Neves *et al.* 2020). À plus petite échelle, le squelette, les tissus et le mucus de certaines espèces de coraux et d'éponges servent également d'habitat pour diverses bactéries (Schöttner *et al.* 2009, Hogg *et al.* 2010, Schöttner *et al.* 2013, Kennedy *et al.* 2014, Kellogg *et al.* 2016, Verhoeven *et al.* 2016, Verhoeven et Dufour 2017, Weiler *et al.* 2018).

Les espèces de coraux et d'éponges jouent des rôles importants dans le traitement du carbone et le cycle biogéochimique dans les grands fonds (Pham *et al.* 2019, Pierrejean *et al.* 2020); certains auteurs décrivent les zones qu'ils occupent comme des points chauds pour le cycle biologique (Cathalot *et al.* 2015). Des recherches sur les lits d'éponges du bonnet Flamand donnent à penser que, par l'élimination des bactéries, l'absorption d'ammonium (NH_4^+) et de nitrite (NO_2^-), la consommation de carbone organique dissous et la production de nitrate (NO_3^-), ces espèces enrichissent les écosystèmes des eaux profondes et favorisent la productivité primaire dans les zones de remontée (Pham *et al.* 2019).

En général, les renseignements complets sur le cycle biologique, la reproduction, la répartition et la sensibilité des espèces de coraux et d'éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador sont encore limités. Pour en tenir compte, on classe souvent les espèces en groupes selon la taille du corps, la forme, les préférences en matière d'habitat (c.-à-d. le substrat) ou les caractéristiques du cycle biologique (annexe B). En l'absence d'information au niveau de l'espèce, on peut appliquer les effets au niveau du groupe plus largement à toutes les espèces d'un groupe. De même, en raison des données limitées sur la diversité taxonomique des éponges dans l'Atlantique Nord-Ouest, une grande partie de l'information contenue dans le présent document s'applique aux éponges en tant que groupe. Il est reconnu que ces hypothèses représentent de vastes généralisations, mais cette approche a été jugée nécessaire pour compiler suffisamment d'information sur les effets du forage exploratoire pour les espèces autrement sous-représentées dans la documentation. Pour les espèces qui ont été jugées particulièrement importantes (p. ex. les espèces formant un habitat) ou pour lesquelles les données étaient suffisantes, les renseignements au niveau de l'espèce ont été fournis.

2.1. LISTE DES ESPÈCES

Pour compiler un inventaire complet des espèces de coraux et d'éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, nous avons eu recours à plusieurs sources de données. L'information provenait principalement de la base de données des relevés de recherche par chalut effectués dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO; elle comprenait également des observations tirées des relevés de la Northern Shrimp Research Foundation (NSRF), des relevés de recherche par chalut effectués dans la région du Centre et de l'Arctique du MPO, ainsi que les observations historiques documentées. En outre, les données recueillies dans le cadre des relevés au chalut de fond réalisés par l'Espagne et l'Union européenne, ainsi que la documentation publiée dans la zone réglementée de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), ont également été intégrées pour représenter les espèces observées au-delà de la zone économique exclusive. Des observations indépendantes ont aussi été incluses à la suite d'une analyse documentaire exhaustive menée pour la région. Toutes les espèces mentionnées dans la documentation sont décrites à l'annexe C, ainsi que la source de l'observation.

2.2. RÉPARTITION

Pour illustrer la répartition de ces espèces, nous avons compilé plusieurs ensembles de données : les relevés de recherche effectués par chalut effectués par le MPO dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (1995 à 2019) et dans la région du Centre et de l'Arctique (2006 à 2017), les relevés de la NSRF (2005 à 2018), ainsi que les données inédites des relevés de recherche historiques du MPO (1948 à 1994) qui ont été réalisés à l'aide de divers types d'engins (V.Hayes, comm. pers.). Au-delà de la zone économique exclusive (ZEE), une grande partie des données provenaient des relevés au chalut de fond effectués par Espagne et l'Union européenne (2002 à 2013) dans la zone réglementée de l'OPANO, certaines de ces zones chevauchant les relevés de recherche par chalut effectués par le MPO dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (p. ex. les divisions 3LNO). Afin d'illustrer la répartition des coraux et des éponges, nous avons combiné ces données par groupe, et nous les avons entrées dans le logiciel ArcGIS 10.4 (ESRI 2011) et cartographiées. Les poids des prises ont été affichés à l'aide de symboles gradués avec des coupures naturelles pour représenter les variations dans toute la région. Seuls les traits de chaluts contenant des coraux sont indiqués. Nous étudions aussi les données sur la répartition en tenant compte des données tirées de la documentation et des observations de levés fortuits des fonds marins (p. ex. l'utilisation d'images). Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 2 à 9.

Quelques mises en garde importantes s'imposent concernant les données sur les chaluts :

1. Les observations sont biaisées en faveur des emplacements où le chalutage est possible, ce qui signifie que les connaissances sur la répartition et la biomasse des espèces dans les eaux moins profondes, les zones de substrats durs, les parois rocheuses verticales et les eaux de plus de 1 500 m de profondeur sont limitées.
2. En raison de la nature du chalutage, bon nombre des spécimens sont endommagés (p. ex. fragmentés) au moment de la collecte. Par conséquent, il est difficile d'obtenir des données fiables sur l'abondance et la biomasse de certains taxons (p. ex. les gorgones).
3. Dans certains cas, des spécimens (notamment des gorgones exceptionnellement grandes) (figure 1) ont été capturés dans des traits des relevés de recherche effectués par le MPO dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador qui ont été jugés infructueux parce que le rendement des engins était compromis (p. ex. filet endommagé) et qui n'ont donc pas été inclus dans la base de données des relevés effectués par les navires de recherche. Des images ou des échantillons de ces spécimens ont parfois été recueillis,

mais leur poids estimé n'a pas été intégré dans les cartes de la répartition (figures 2 à 9).

4. Les données fournies par les relevés au chalut de fond réalisés par l'Espagne et l'Union européenne au-delà de la ZEE canadienne ne contiennent que des descriptions au niveau du groupe (grandes gorgones, petites gorgones, pennatules et éponges) pour les espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables. De plus, l'identification récente des spécimens de corail n'a été fournie qu'au niveau de la classe (classe *Anthozoa*) pour les relevés de la NSRF, qui se déroulent dans les eaux intérieures des divisions 0B et 2G de l'OPANO. Ainsi, les données complètes sur la répartition pour ces zones sont limitées aux niveaux taxonomiques déclarés. Cela ne veut pas dire que les autres groupes de coraux n'existent pas dans ces zones.

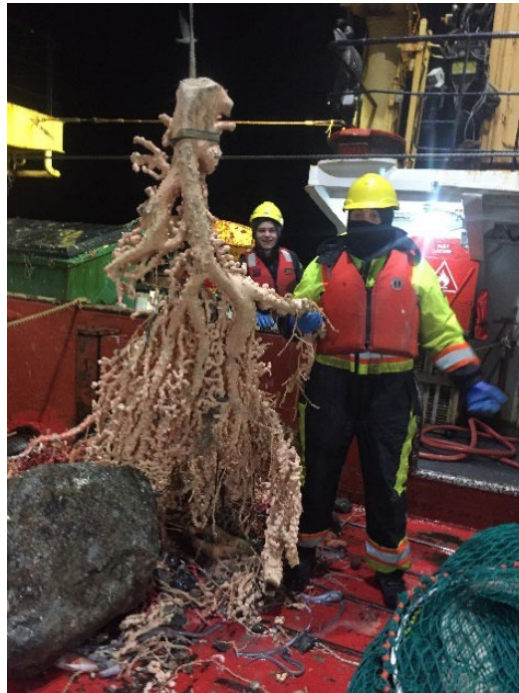


Figure 1 : Grand spécimen de *Paragorgia arborea* provenant d'un trait infructueux du relevé de recherche par chalut effectué par le MPO en 2019 dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, dans la division 3Ps de l'OPANO.

En général, et en tenant compte des mises en garde ci-dessus, les grandes gorgones, les petites gorgones, les pennatules, les madréporaires et les coraux noirs sont largement répartis, dans certains cas de façon discontinue, le long de la bordure du plateau continental, ainsi que le long des bordures des chenaux et des canyons présents sur le plateau (figures 2 à 4, figure 6 et figure 7). Bien qu'il n'ait pas été possible d'établir des comparaisons directes avec la répartition des madréporaires et des coraux noirs à partir des ensembles de données utilisés dans le présent rapport (figure 6 et figure 7), les observations existantes de madréporaires et de coraux noirs au-delà de la ZEE (illustrées dans Murillo *et al.* 2011) permettent de penser que ces espèces occupent des aires de répartition semblables à celles des gorgones sur la bordure du bonnet Flamand. Par contraste, les coraux mous (figure 5), qui peuvent tolérer une grande plage de températures (Cimberg *et al.* 1981), ont une répartition spatiale plus vaste et sont présents sur une grande partie du plateau continental, avec une répartition presque continue à la bordure du plateau. Les éponges (figure 9) semblent présenter une vaste aire de répartition similaire; cependant, il faut noter qu'elles n'ont pas été identifiées à des niveaux taxonomiques

inférieurs et que la répartition de certains taxons d'éponges est plus restreinte que celle qui est illustrée à la figure 9. Comparativement aux autres groupes, les coraux noirs ont été observés moins fréquemment dans les relevés de recherche par chalut effectués par le MPO dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador et sont habituellement dominés par une seule espèce (*Stauropathes arctica*). Lorsque les zones ont été explorées au-delà de 1 500 m, la profondeur maximale des engins des relevés au chalut, la diversité des coraux noirs augmentait et cinq espèces supplémentaires ont été décrites, selon un relevé effectué en 2010 à l'aide d'un véhicule téléguidé sur le bonnet Flamand et le dôme Orphan (V. Hayes, comm. pers.).

Les prises les plus importantes documentées de grandes gorgones (figure 2) ont eu lieu sur la bordure du plateau (nord-est du banc Saglek), dans la partie nord de la division 2G de l'OPANO. Des prises plus petites, mais tout de même importantes, ont également été déclarées dans la passe Flamande. Les grandes prises de petites gorgones (figure 3) sont réparties plus largement sur la majeure partie de la limite sud du Grand Banc, ainsi que sur des parties de la bordure du plateau continental, dans les divisions 2GHJ3K de l'OPANO. Un petit nombre ont également eu lieu sur le plateau continental dans toute la région. Le poids des prises de pennatules (figure 4) présente une tendance quelque peu discontinue dans toute la région, avec de nombreuses prises importantes observées dans le chenal Laurentien, à la limite sud-ouest du Grand Banc, dans toute la passe Flamande et le long de la limite nord du bonnet Flamand. Dans ces zones, les communautés de pennatules peuvent être dominées par différentes espèces, dont la taille et le poids varient (voir l'annexe C). De grandes prises de pennatules ont également été documentées sur la bordure du plateau dans la division 2G de l'OPANO et dans les canyons du plateau, dans la division 2H. Les coraux mous sont le seul groupe de coraux réparti dans la plus grande partie de la région, y compris le plateau continental, la bordure et le talus. Le poids des prises de coraux mous (figure 5) est le plus élevé le long de la limite est du Grand Banc, en poursuivant vers le nord le long de la passe Flamande et sur le bonnet Flamand (Murillo *et al.* 2008), ainsi qu'à la limite sud du bassin Orphan. D'autres prises importantes de coraux mous ont été relevées sur la bordure du plateau dans la division 2G, ainsi que dans des zones comme la partie sud de la division 2H de l'OPANO (ensellement Hopedale). Les prises documentées de madréporaires (figure 6), qu'on trouve moins fréquemment dans les relevés au chalut du MPO à Terre-Neuve-et-Labrador, sont les plus importantes à la limite sud-ouest des Grands Bancs et relativement importantes dans le chenal Laurentien. La base de données sur les chaluts contient un nombre limité d'observations de coraux noirs dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador et, par conséquent, la fourchette des poids des prises est assez petite. De ce fait, les prises définies comme grandes sont encore limitées (de 1 à 6 kg) comparativement aux autres groupes décrits. Néanmoins, un nombre limité de prises importantes ont été déterminées de manière intermittente sur la bordure du plateau dans la plupart des divisions de l'OPANO. Les plus grandes se trouvent dans les parties les plus au nord de la division 2G de l'OPANO, ainsi que dans le sud de la passe Flamande (figure 7). Dans le cas des coraux qui n'ont pas été identifiés au niveau de l'espèce ou du groupe, de grands poids de captures ont été enregistrés sur la bordure du plateau dans la division 2G de l'OPANO (probablement de grandes gorgones), ainsi que dans des parties des divisions 2J3KL (figure 8). Les prises d'éponges documentées (figure 9) sont le plus élevées sur la bordure sud-est du plateau du Grand Banc, en allant vers le nord dans la passe Flamande et le long de la moitié nord du bonnet Flamand. D'autres prises importantes ont été déterminées sur la bordure du plateau continental dans les divisions 2GJ3K de l'OPANO. Le poids des prises pour les éponges est le plus élevé de tous les groupes, avec une prise maximale de 12 000 kg déclarée pour un seul trait de chalut.

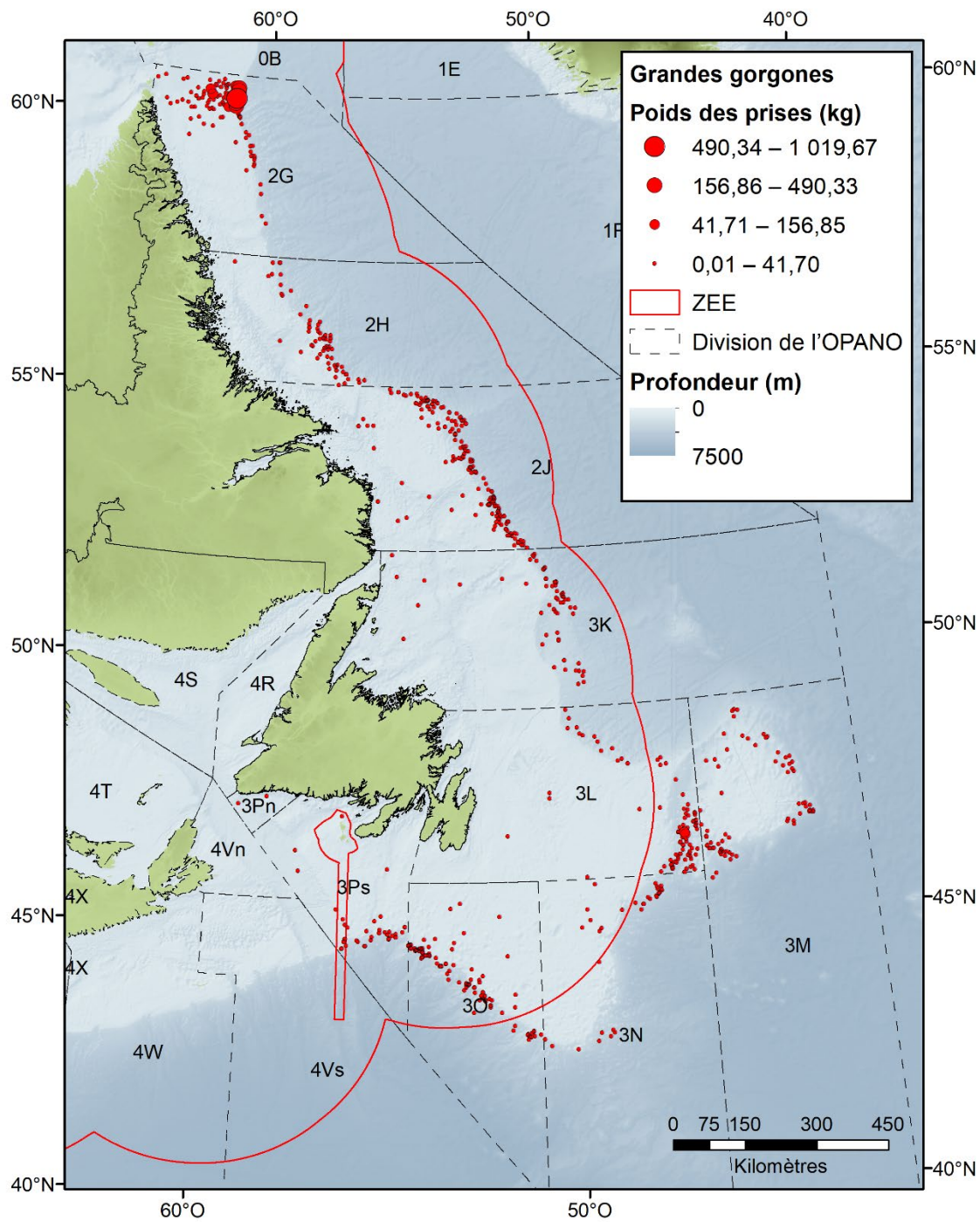


Figure 2 : Répartition des grandes gorgones et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

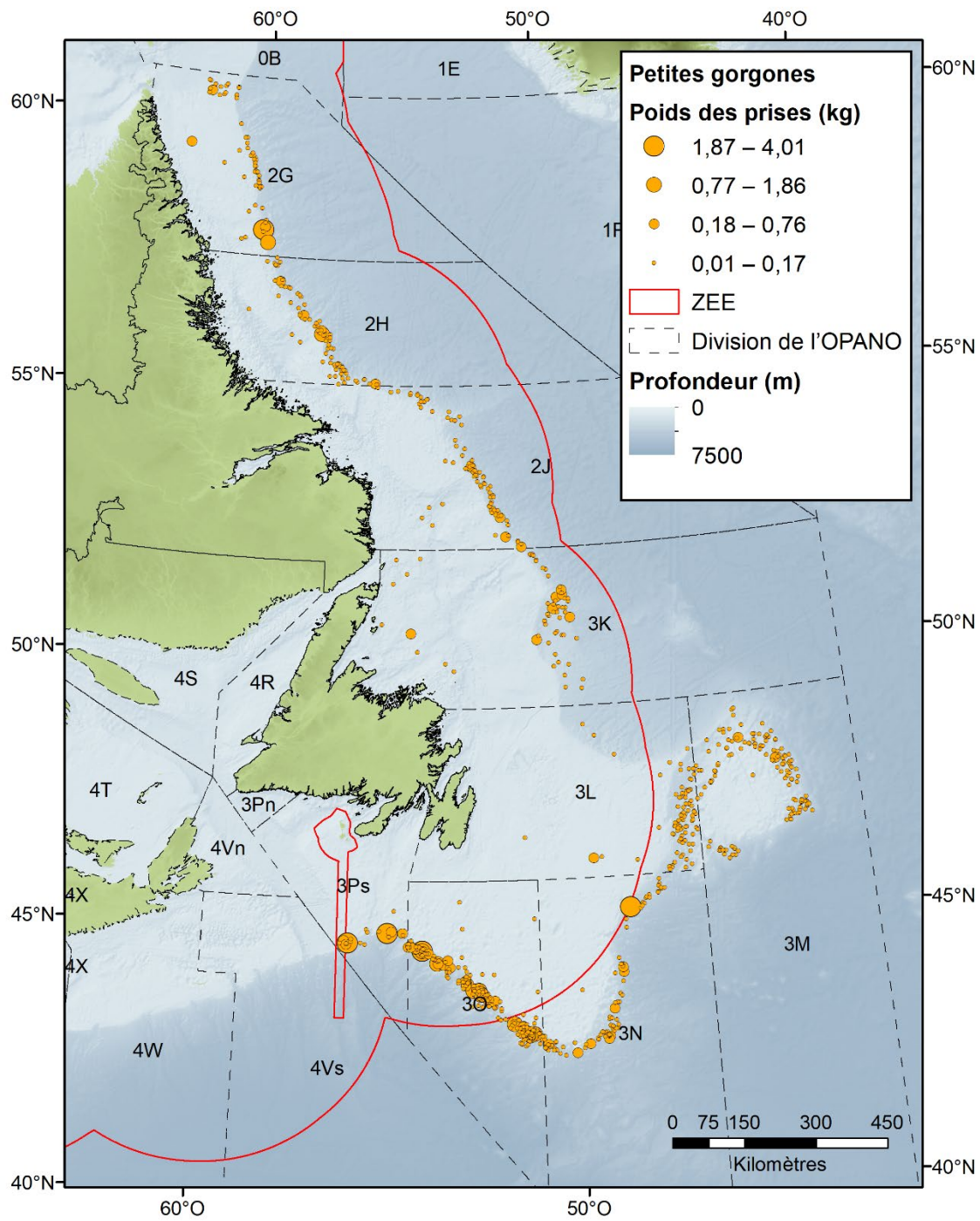


Figure 3 : Répartition des petites gorgones et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

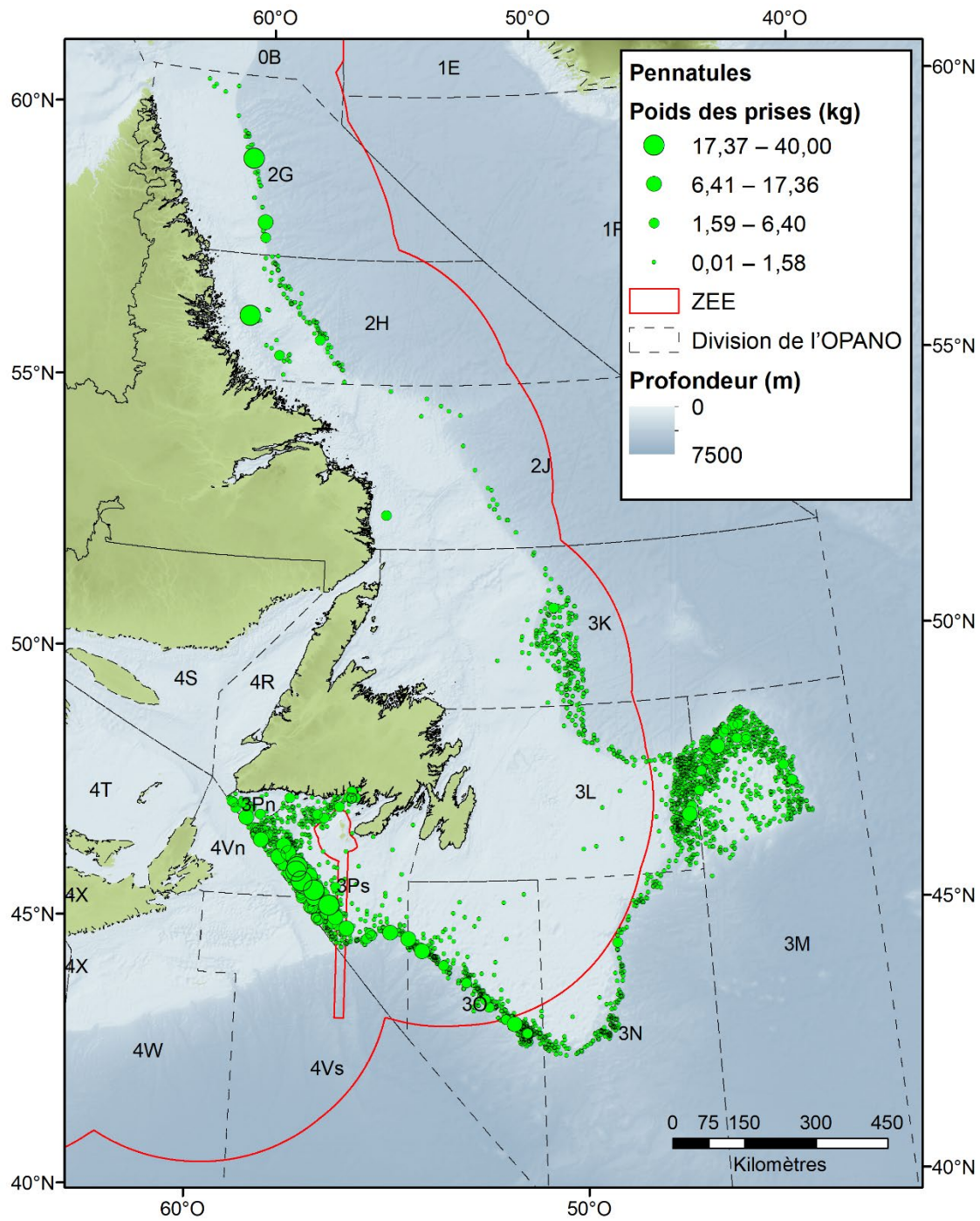


Figure 4 : Répartition des pennatules et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

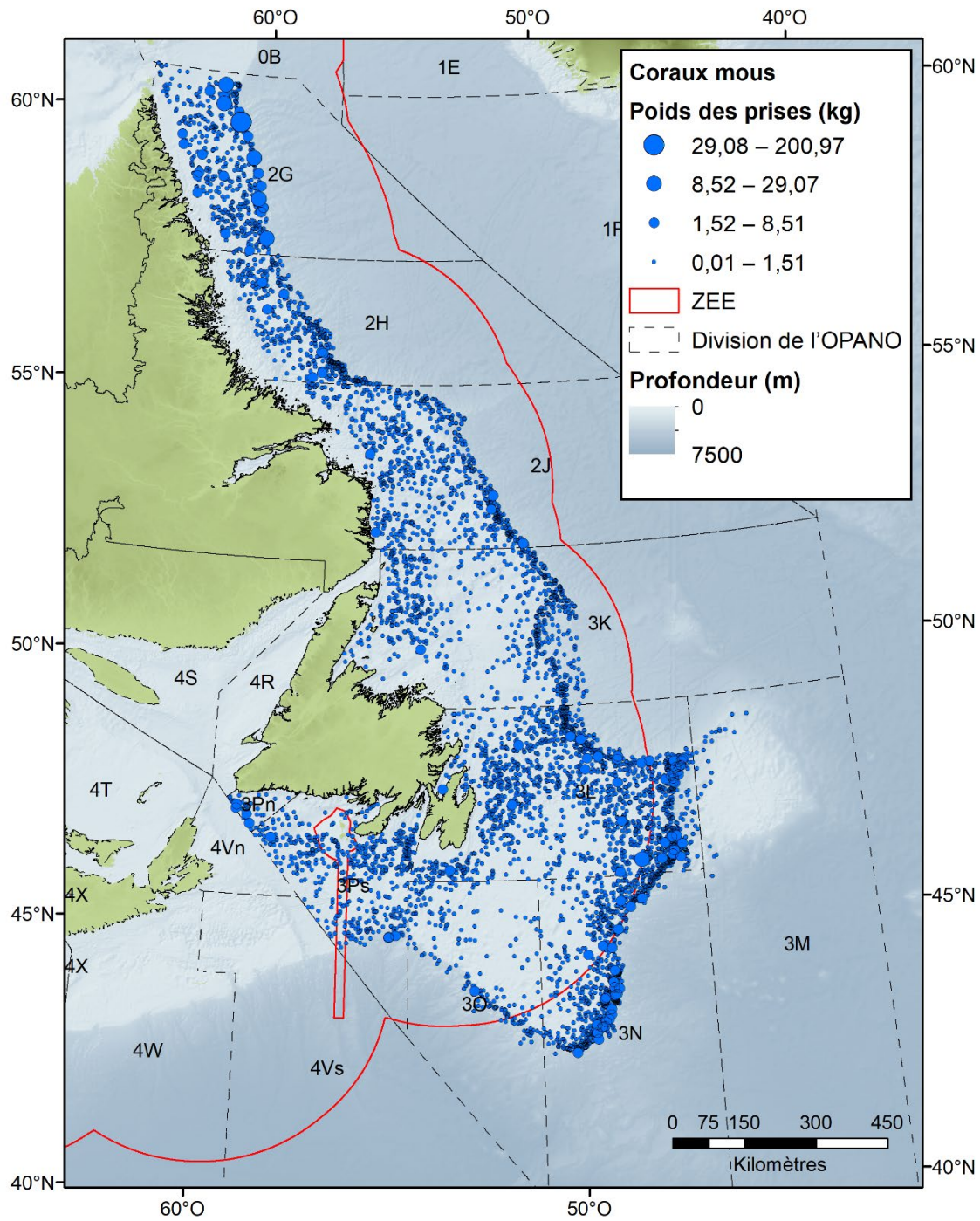


Figure 5 : Répartition des coraux mous et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

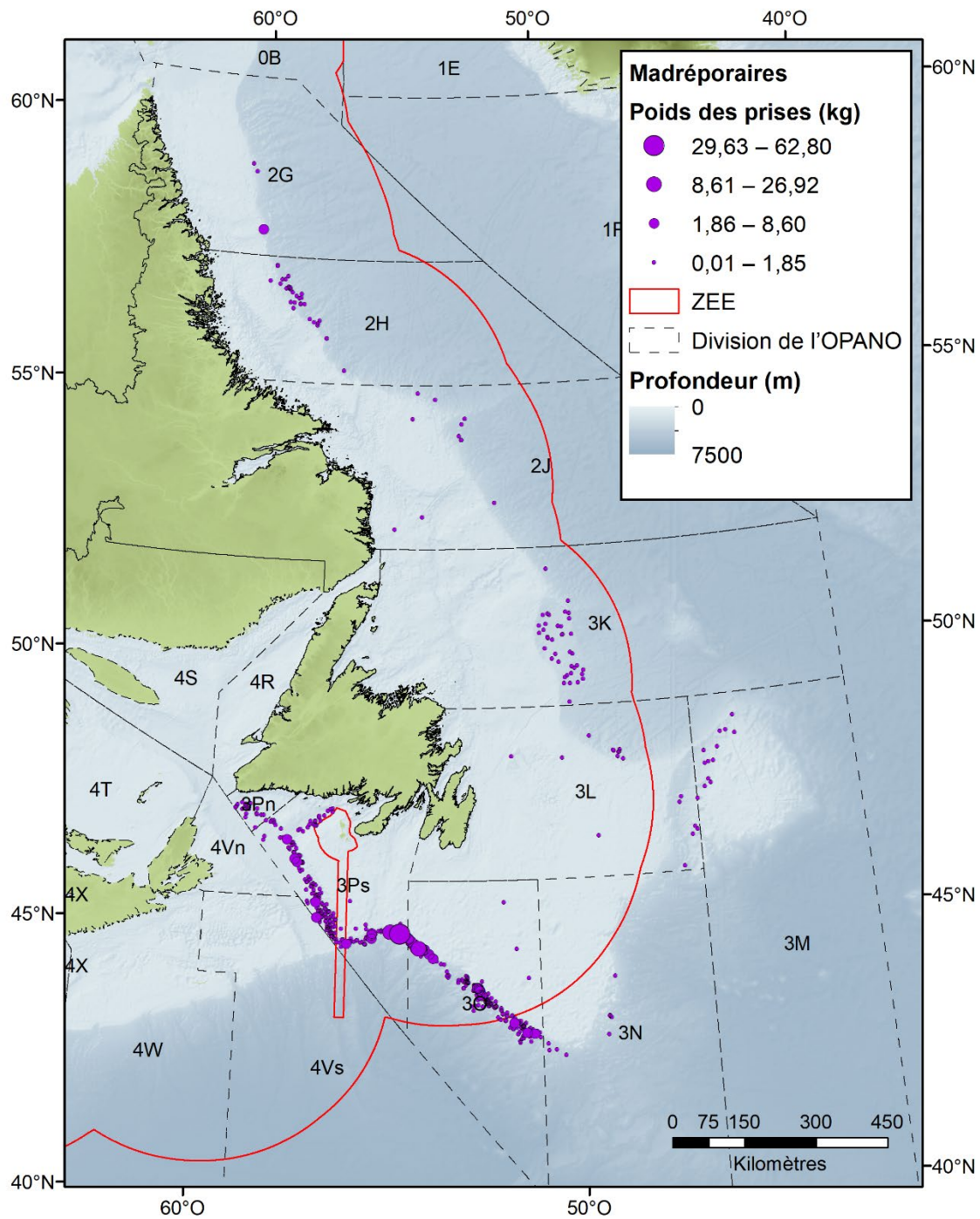


Figure 6 : Répartition des madréporaires et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

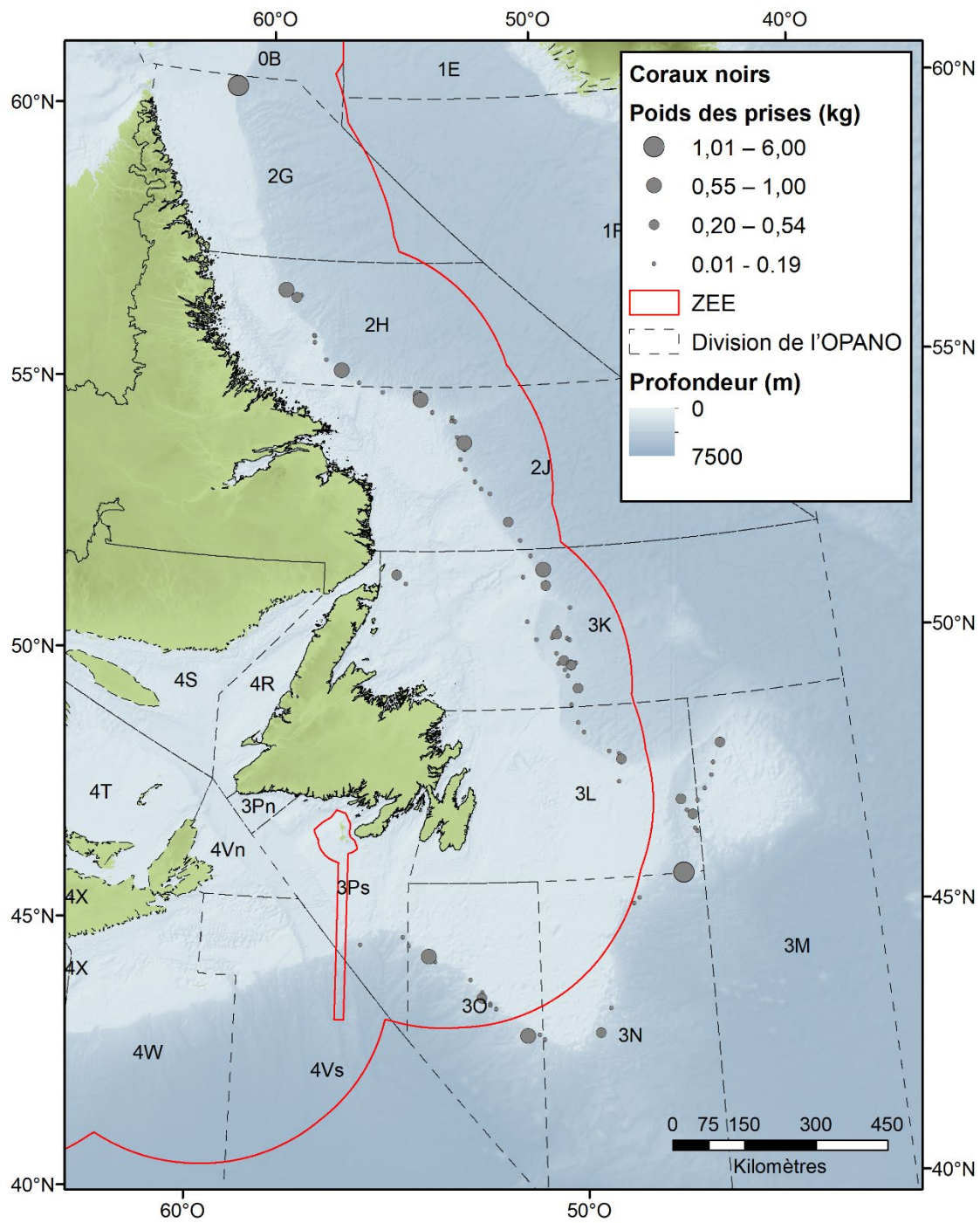


Figure 7 : Répartition des coraux noirs et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

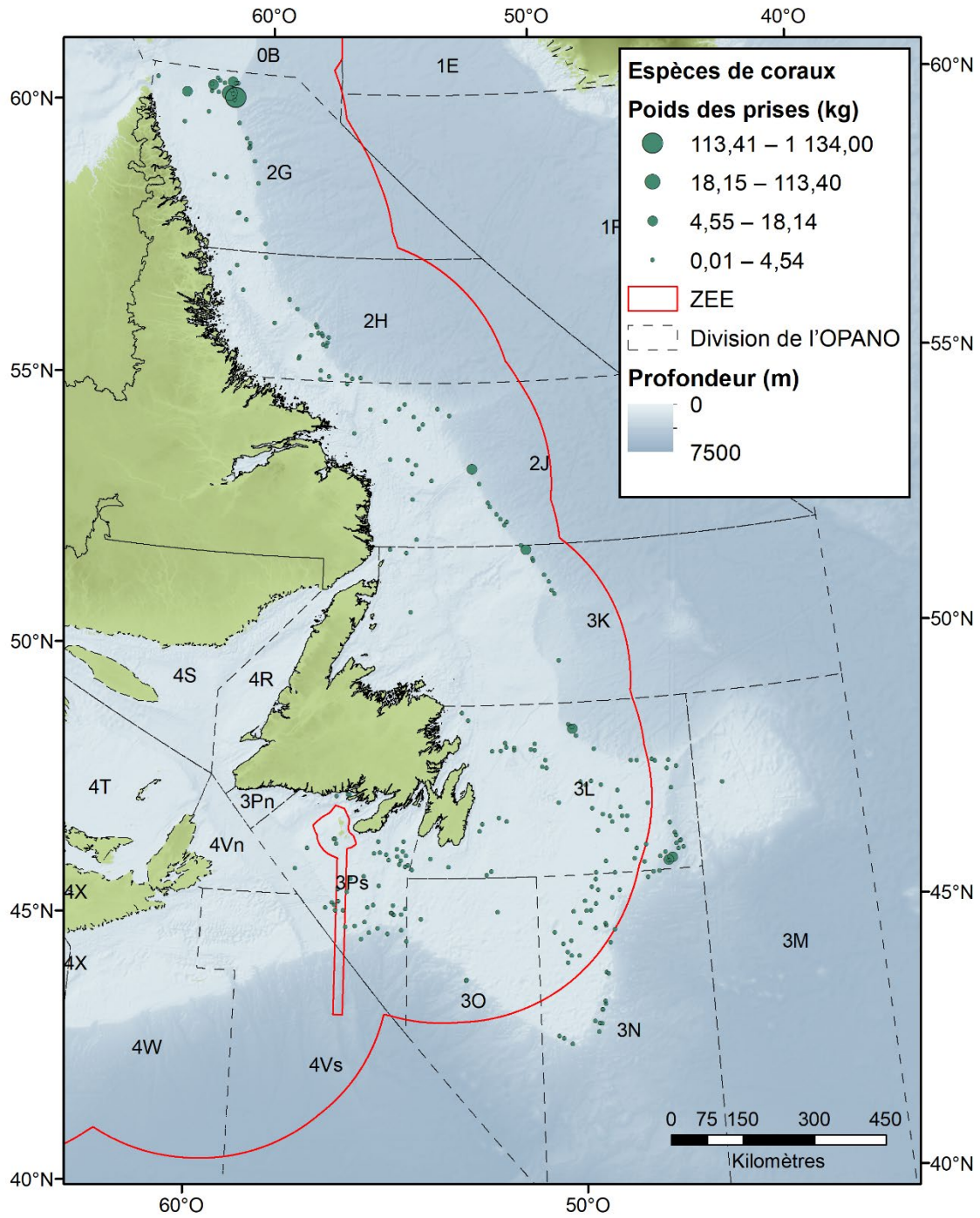


Figure 8 : Répartition des espèces de coraux (celles qui n'ont pas été identifiées au niveau de l'espèce ou du groupe) et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

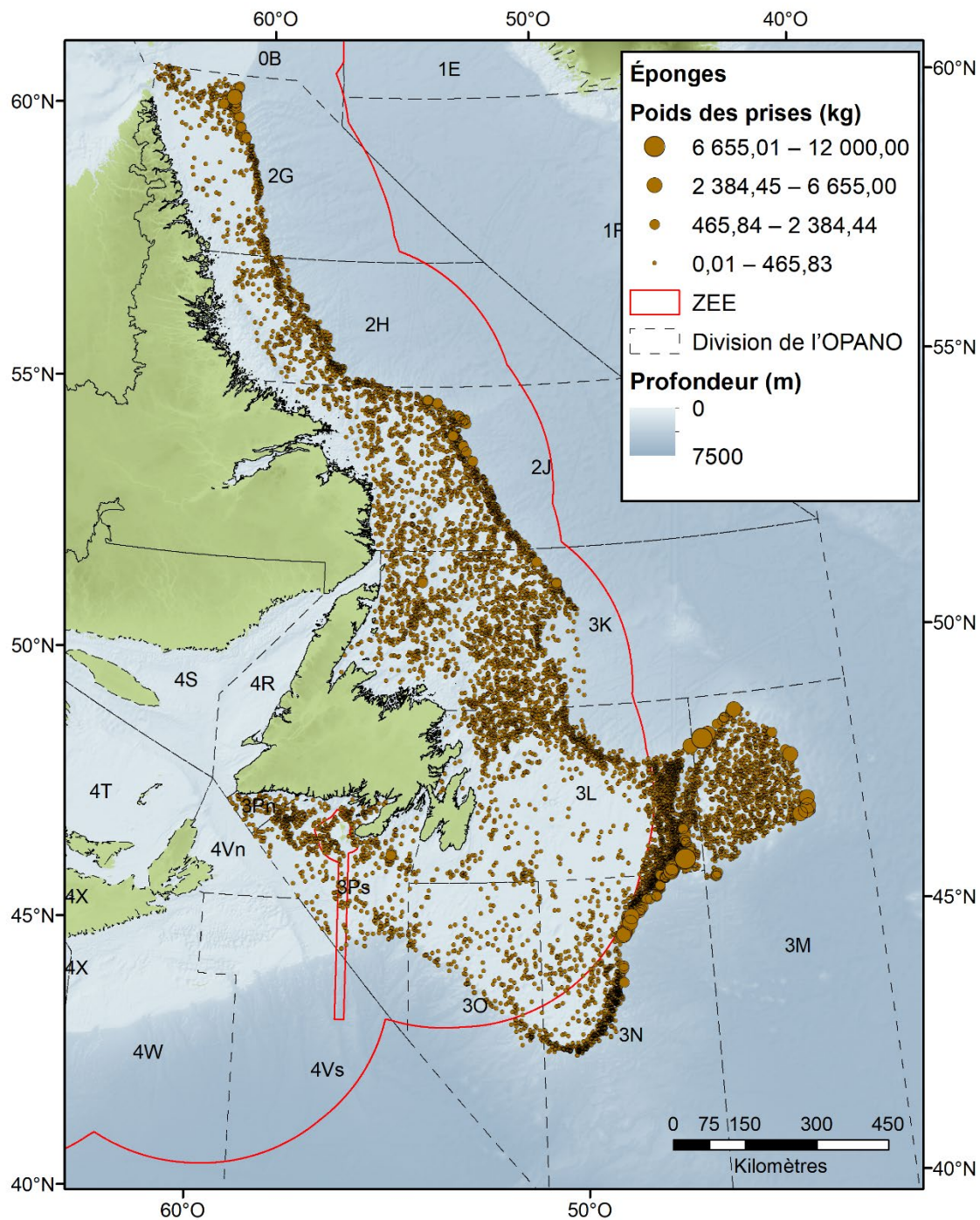


Figure 9 : Répartition des éponges et poids des prises dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

2.3. DENSITÉ

Bien que les relevés de recherche par chalut effectués par le MPO représentent la plus grande source d'information sur les coraux et les éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, les dommages physiques causés aux spécimens pendant le processus de chalutage compliquent la détermination précise de l'abondance des espèces. Néanmoins, certains travaux ont été effectués à l'aide d'autres méthodes, comme les véhicules téléguidés (p. ex. Baker *et al.*

2012), et ont fourni des renseignements sur la densité de certaines espèces dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Le tableau 1 dresse une liste non exhaustive des paramètres des communautés qui ont été déclarés dans les ouvrages scientifiques à ce jour, mais il faut souligner que les travaux se poursuivent dans ce domaine de recherche.

Bien que les espèces de coraux et d'éponges puissent être présentes en fortes concentrations (Baker *et al.* 2012, Knudby *et al.* 2013), bon nombre d'entre elles sont observées sporadiquement. Dans les eaux tempérées de l'Atlantique Nord-Ouest, on trouve des éponges qui forment des agrégations denses connues sous le nom de « lits d'éponges » (Kenchington *et al.* 2013). Dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, de tels lits d'éponges ont été décrits sur les pentes des Grands Bancs, de la passe Flamande et du bonnet Flamand (Murillo *et al.* 2012), ainsi que sur le plateau du Labrador (Knudby *et al.* 2013). Dans l'Atlantique Nord-Ouest, la densité des lits d'éponges varie généralement de 5 à 25 éponges/m² (Maldonado *et al.* 2017), atteignant des concentrations de plus de 3 tonnes métriques/hectare dans les lits de *Geodia* (Murillo *et al.* 2016a). Ces lits d'éponges, parfois appelés « ostur », peuvent contenir jusqu'à 50 espèces différentes, mais sont généralement dominés par quelques-unes seulement (*Geodia barretti*, *G. phlegraei*, *G. macandrewii*, *Stryphnus Fortis* (publication sous le nom de *S. ponderosus*) et *Stelletta Normani* (Klitgaard et Tendal 2004). Il existe des preuves que ces communautés de *Geodia* existent depuis des milliers d'années, dans certains cas depuis le dernier maximum glaciaire (Murillo *et al.* 2016a).

Les espèces des jardins de coraux sont celles qui forment les champs de coraux, plutôt que les récifs. Ces jardins peuvent être composés de nombreuses espèces de coraux et d'autres espèces benthiques et constituent des zones de haute biodiversité dans les grands fonds. Dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, des champs de pennatules ont été répertoriés dans le chenal Laurentien, le chenal Haddock et le canyon Desbarres, couvrant des zones de plus de 1 km (Gilkinson et Edinger 2009; Baker *et al.* 2012). Tout comme les lits d'éponges, les champs de pennatules sont habituellement dominés par un petit nombre d'espèces, mais la densité précise des champs de pennatules dans l'Atlantique Nord-Ouest n'est pas bien documentée (MPO 2018). D'après les observations *in situ* des images, la pennatule *Halipterus finmarchica* domine les champs sur le plateau néo-écossais, tandis que l'espèce *Pennatula aculeata* est plus courante dans le chenal Laurentien, le chenal Haddock et le canyon Desbarres, et semble limitée aux régions méridionales de la région de Terre-Neuve-et-Labrador (Hayes, données inédites). *Pennatula grandis* est habituellement considérée comme une espèce secondaire et ne domine pas les habitats dans toute la région de Terre-Neuve-et-Labrador; cependant, on sait qu'elle est plus prévalente dans la région de l'est de la baie de Baffin (est de l'Arctique canadien, données inédites de Hayes) ainsi qu'à l'embouchure du chenal Laurentien et dans le golfe du Saint-Laurent (MPO 2018, Murillo *et al.* 2018). Les espèces *Anthoptilum* sont également courantes dans le chenal Laurentien (B. Neves, comm. pers.).

Des champs du corail bambou *Acanella arbuscula* ont été signalés dans la passe Flamande, ainsi que sur le talus du sud-ouest du Grand Banc et dans le nord de la mer du Labrador (Baker *et al.* 2012, MPO 2018, données inédites de Hayes). On considère qu'ils représentent des habitats uniques dans des milieux dominés par la vase (Baker *et al.* 2012). Les bancs de coraux bambous et d'éponges observés dans la baie de Baffin, dans la passe Flamande, dans le nord-est du bonnet Flamand, ainsi que dans les chenaux de l'Églefin et du Flétan, juste à l'est du chenal Laurentien, sont un peu plus diversifiés (Wareham 2009, Baker *et al.* 2012, Neves *et al.* 2015, MPO 2018). On sait que ces concentrations sont principalement constituées d'*Asconema* spp. (éponge siliceuse) et de *Keratoisis* sp. (*Keratoisis* cf. *flexibilus*) (Saucier 2016). Dans l'est de l'Arctique canadien, les regroupements de *Keratoisis* sp. ont été associés à des niveaux élevés de diversité endofaunique (Pierrejean *et al.* 2020). D'après les informations recueillies lors des relevés effectués en 2010 par la plateforme océanographique télécommandée

(ROPOS), les bancs de coraux bambous dépendent de la profondeur, en particulier sur le nord-est du bonnet Flamand, et les recherches existantes indiquent qu'ils se trouvent en fortes concentrations entre 1 200 et 1 300 m de profondeur et qu'ils peuvent coexister avec une abondance élevée d'éponges (Murillo *et al.* 2011, Miles 2018). Cependant, à mesure que les profondeurs diminuent, les communautés cèdent la place à un mélange d'autres éponges et de *Geodia* (p. ex. au nord-est du bonnet Flamand; Miles 2018). En revanche, à des profondeurs de plus de 1 300 m, les communautés sont largement dominées par *Geodia* (Beazley *et al.* 2013a, Murillo *et al.* 2016a, Miles 2018, MPO 2018).

Tableau 1 : Paramètres déclarés des communautés de coraux et d'éponges formant des habitats, en fonction de leurs espèces dominantes.

| Type de communauté | Genre ou espèce | Paramètres déclarés à l'échelle de la communauté |
|---|---|---|
| Champs de pennatules | <i>Pennatula aculeata</i> <i>Pennatula grandis</i> <i>Anthoptilum grandiflorum</i> <i>Halipterus finmarchica</i> | Taille des parcelles : Les champs peuvent atteindre plusieurs kilomètres (Baker <i>et al.</i> 2012); des dizaines de kilomètres (Murillo <i>et al.</i> 2018). Densité/abondance : 622 colonies de <i>Pennatula</i> spp. dans un segment de 10 m (Baker <i>et al.</i> 2012); 100 kg de pennatules dans un trait de chalut de 1 km (Kenchington <i>et al.</i> 2016a, 2016b); 0 à 8 colonies/m ² de <i>P. aculeata</i> dans le Golfe du Maine (Langton <i>et al.</i> 1990); 4,7 colonies/m ² de <i>H. finmarchica</i> dans les zones chalutées de l'ouest du Groenland (Long <i>et al.</i> 2018). |
| Prés d' <i>Acanella</i> | <i>Acanella arbuscula</i> | Taille des parcelles : Grands champs de coraux sur le sud-ouest des Grands Bancs (Baker <i>et al.</i> 2012), et décrits comme étant presque continus sur le talus du sud du bonnet Flamand (OPANO 2013); parcelles de moins de 500 m (Beazley 2008). Densité/abondance : 77 colonies dans un transect vidéo de 10 m (Baker <i>et al.</i> 2012); 0,5 colonie/m ² dans l'ouest du Groenland (Long <i>et al.</i> 2018). |
| Lits d'éponges <i>Geodia</i> (ostur) | <i>Geodia</i> | Taille des parcelles : Les lits d'éponges du côté canadien sont très étendus et semblent dominés par <i>Geodia</i> . (Hogg <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011). Densité/abondance : 5 à 25 éponges/m ² (Maldonado <i>et al.</i> 2017). |
| | <i>Stryphnus</i> | Densité/abondance : 5 à 25 éponges/m ² (Maldonado <i>et al.</i> 2017). |

| Type de communauté | Genre ou espèce | Paramètres déclarés à l'échelle de la communauté |
|--------------------------------------|---|---|
| | <i>Stelletta</i> | Densité/abondance : 5 à 25 éponges/m ² (Maldonado <i>et al.</i> 2017). |
| Bancs de coraux bambous et d'éponges | <i>Asconema</i> spp. | Densité/abondance : 5 à 25 éponges/m ² (Maldonado <i>et al.</i> 2017). |
| | <i>Keratoisis grayi</i> | Densité/abondance : 43 colonies dans un transect vidéo de 10 m (Baker <i>et al.</i> 2012). |
| | <i>Keratoisis</i> sp. | Taille des parcelles : 55 m (Neves <i>et al.</i> 2015). Densité/abondance : Les colonies sont considérées comme denses parce qu'elles semblaient surpeuplées, de sorte qu'il n'était pas possible de distinguer les différentes colonies. (Neves <i>et al.</i> 2015) |
| Coraux mous | <i>Nephtheidae</i> spp. | Densité/abondance : > 500 colonies par 100 m ² (Mortensen <i>et al.</i> 2006). |
| | <i>Clavularia</i> spp. (Îles Aléoutiennes, Alaska) | Densité/abondance : 1,7 colonie par m ² (Stone 2006). |
| Grandes gorgones | <i>Paragorgia arborea</i> | Taille des parcelles : 10 à 100 m (Mortensen et Buhl-Mortensen 2004). Densité/abondance : 49 colonies par 100 m ² |
| Gorgones | Espèces de gorgones (Îles Aléoutiennes, Alaska) | Densité/abondance : 2,32 colonie par m ² (Stone 2006). |
| Pennatules | <i>Protoptilum</i> sp. (Îles Aléoutiennes, Alaska) | Densité/abondance : 16 colonies par m ² (Stone 2005). |
| Coraux noirs | Antipathaires | Densité/abondance : 1 colonie par m ² (Stone et Shotwell 2007). |

| Type de communauté | Genre ou espèce | Paramètres déclarés à l'échelle de la communauté |
|--------------------|--|--|
| | Espèces de léiopathes (Atlantique Nord-Est) | Densité/abondance : Colonies < 30 cm; 9,436 ind. par m ² Colonies entre 30 et 100 cm; 0,125 ind. par m ² Colonies >100 cm; 0,364 ind. par m ² (De Clippele <i>et al.</i> 2019) |
| Hydrocoralliaires | Espèces de stylastéridés (Îles Aléoutiennes, Alaska) | Densité/abondance : 3,65 colonies par m ² (Stone 2006). |

2.4. BESOINS EN MATIÈRE D'HABITAT

Bien que certaines variables associées à la répartition des espèces de coraux et d'éponges puissent être liées (p. ex. le talus et le type de substrat) (Bryan et Metaxas 2007; Edinger *et al.* 2011), la qualité de l'habitat varie généralement en fonction de la profondeur, de la température, de la salinité, de la pente, de la productivité à la surface, de la force du courant, du type de substrat et de la topographie locale (Roberts *et al.* 2009). En raison de la quantité de pêche au large des côtes de Terre-Neuve-et-Labrador, une incertitude entoure l'influence de la pêche entrant en contact avec le fond sur les tranches d'eau observées pour les coraux et les éponges (Murillo *et al.* 2016a). D'après les données existantes, les espèces de coraux existent à des profondeurs allant de moins de 100 m à plus de 2 000 m, bien que la plupart des observations aient été limitées par la profondeur minimale et maximale des relevés au chalut effectués par les navires de recherche (Kenchington *et al.* 2009, Edinger *et al.* 2011, Baker *et al.* 2012), les concentrations les plus élevées ayant été signalées dans la zone réglementée de l'OPANO (le bonnet Flamand, la passe Flamande et certaines parties des Grands Bancs) à des profondeurs comprises entre 600 et 1 470 m (Murillo *et al.* 2011, Hayes, données inédites). Des images des Grands Bancs, du bonnet Flamand et du dôme Orphan prises par des véhicules téléguidés ont révélé la présence de coraux à des profondeurs de plus de 2 000 m et jusqu'à 2 900 m (Baker *et al.* 2012, Miles 2018, Meredyk *et al.* 2020). À l'échelle mondiale, des éponges marines ont été observées à des profondeurs allant jusqu'à 8 000 m (Hogg *et al.* 2010). De plus, des espèces ont été observées à aussi peu que 105 m dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (Kenchington *et al.* 2010), et même dans des zones côtières moins profondes (B. Neves, comm. pers.). Dans la zone réglementée de l'OPANO, les prises ont lieu entre 950 et 1 470 m (Murillo *et al.* 2012), mais des individus ont été observés à 138 m (Murillo, comm. pers.).

Dans toute leur étendue géographique, différentes espèces de coraux et d'éponges s'associent également à différents types de substrats. En général, les coraux mous sont attachés à des graviers ou à des fragments de coquille sur un substrat de sable ou de vase, les madréporaires sont libres sur de la vase ou du sable ou attachés au substrat rocheux ou à des cailloux, tandis que les petites gorgones et les pennatules sont généralement associées à des substrats meubles. En revanche, la répartition des grandes gorgones et des coraux noirs dépend surtout de la présence de substrats durs (Edinger *et al.* 2011), bien que certaines grandes gorgones (p. ex. *Keratoisis* spp.) puissent aussi pousser directement sur des substrats meubles (Neves *et al.* 2015). Comme les coraux, la plupart des éponges affichent une préférence pour les substrats durs; cependant, certaines ont développé des adaptations morphologiques qui leur permettent

d'occuper des zones avec des substrats meubles et une sédimentation importante (Hogg *et al.* 2010).

Des travaux de modélisation récents ont également montré que les niveaux élevés de productivité associés aux concentrations de chlorophylle-*a* en surface sont aussi de bons prédicteurs de la qualité de l'habitat pour les espèces de coraux et d'éponges (Edinger *et al.* 2011, Knudby *et al.* 2013, Beazley *et al.* 2016, Guijarro *et al.* 2016, Gullage *et al.* 2017). De plus, comme la plupart des espèces de coraux et d'éponges d'eaux froides sont sessiles, elles dépendent de la présence de courants pour maintenir la suspension des matières particulaires dans la colonne d'eau et empêcher l'accumulation de sédiments fins qui pourraient les étouffer (Roberts *et al.* 2006, Bryan and Metaxas 2007, Edinger *et al.* 2007, Hogg *et al.* 2010). Dans les zones où les courants sont relativement forts, la suspension constante et la redistribution des sédiments fins exposent les substrats durs (Edinger *et al.* 2011). On pense donc que les espèces qui s'ancrent sur des substrats durs (p. ex. les grandes gorgones, les coraux noirs) dépendent le plus des courants (Bryan et Metaxas 2007; Edinger *et al.* 2011). En revanche, les espèces présentes dans les milieux dominés par des substrats meubles sont plus susceptibles de résister à des périodes de faible courant et à la sédimentation subséquente (Edinger *et al.* 2011).

2.4.1. Contexte océanographique

L'environnement physique des plateaux de Terre-Neuve et du Labrador est unique dans le sens où il abrite l'interaction des eaux subpolaires et subtropicales (figure 10). Le système du courant du Labrador, qui coule vers le sud, est une caractéristique clé de la circulation océanique dans la région. Ce courant est habituellement séparé en deux branches distinctes, une côtière et une hauturière. La branche côtière prend naissance près de la pointe nord du Labrador, où le débit sortant du détroit d'Hudson se combine au courant de l'est de l'île de Baffin et s'écoule vers le sud en longeant le Labrador, remplissant le plateau d'eau froide et douce. La branche hauturière et principale du courant du Labrador comprend des eaux subpolaires plus chaudes et plus salées et suit la rupture du plateau, formant la limite ouest de la mer du Labrador. Ce courant fait partie de la circulation à grande échelle de l'Atlantique Nord en formant la partie ouest du tourbillon subpolaire. Au sud de 50° N, la branche intérieure moins profonde devient plus large et moins définie, circulant dans le sens antihoraire autour de l'île de Terre-Neuve par le chenal d'Avalon, la principale branche du courant du Labrador atteignant la passe Flamande et le bonnet Flamand. Alors qu'une fraction importante du courant du Labrador traverse directement par la passe Flamande pour atteindre la queue du Grand Banc, une autre fraction est déviée vers l'est et circule dans le sens horaire autour du bonnet Flamand.

La région de la passe Flamande/du bonnet Flamand et de la queue du Grand Banc est aussi l'endroit où le courant du Labrador rencontre une autre caractéristique océanographique clé, le courant de l'Atlantique Nord, le prolongement du Gulf Stream au large des côtes. Le courant de l'Atlantique Nord transporte des eaux subtropicales plus chaudes et très salines vers le nord-est, jusqu'au milieu de l'Atlantique Nord, et forme la partie sud du tourbillon subpolaire. Une partie des eaux du courant de l'Atlantique Nord pénètre également dans la partie est de la passe Flamande, renforçant un tourbillon anticyclonique induit par la topographie sur la partie centrale du bonnet Flamand.

La force des courants décrits ci-dessus, et donc celle du tourbillon subpolaire de l'Atlantique Nord, varie selon des échelles de temps saisonnières, interannuelles et décennales (p. ex. Buckley et Marshall 2016). Ces changements peuvent avoir une incidence importante sur les environnements physiques et biologiques, la composition des masses d'eau et la capacité des courants à potentiellement disperser les matières dans la région. Ces courants sont également sensibles aux changements climatiques (p. ex. Seidov *et al.* 2017).

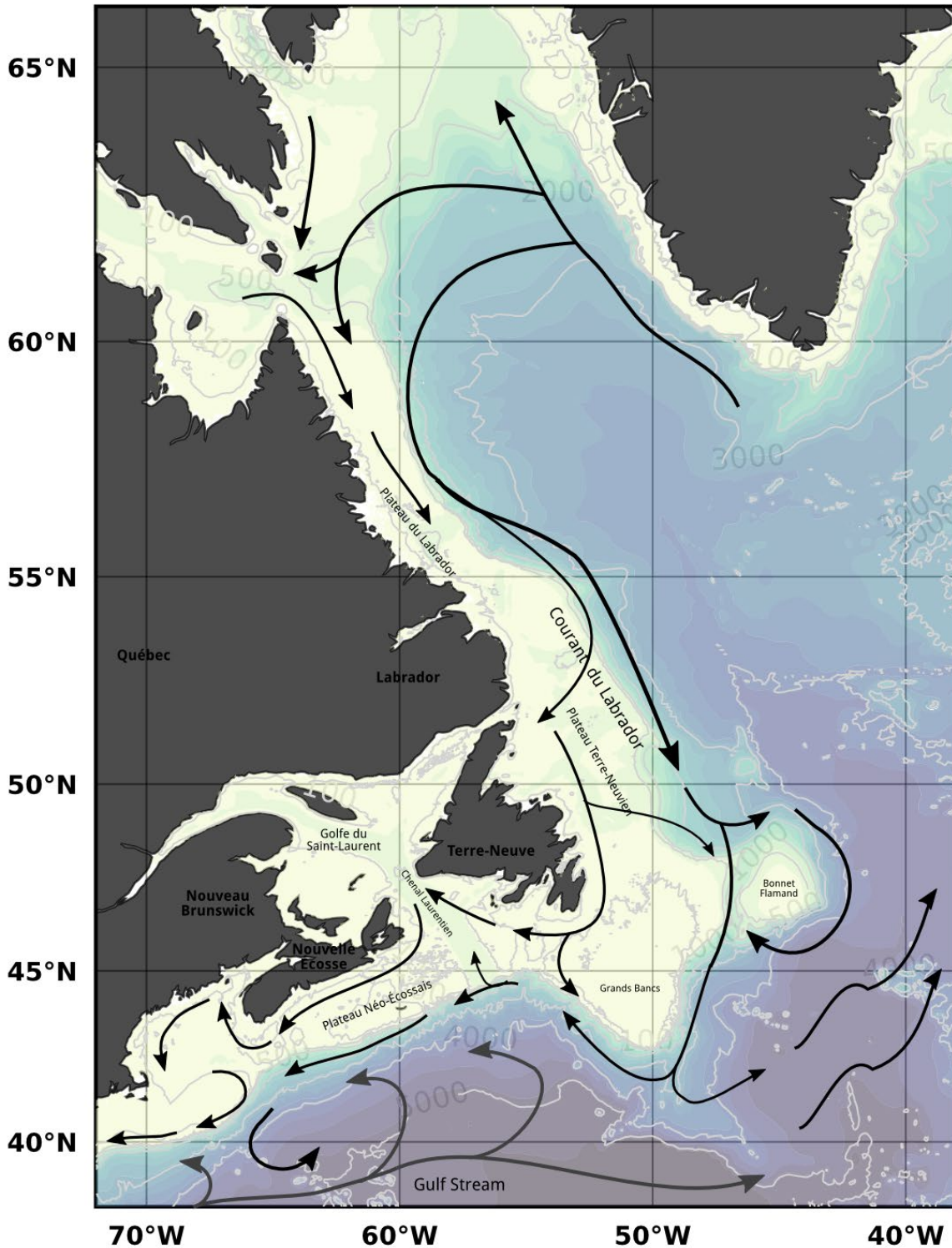


Figure 10 : Courants océanographiques généraux présents dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Carte modifiée d'après Cyr et al. (2020). Les flèches noires représentent les eaux subpolaires et les flèches gris foncé, les eaux subtropicales (p. ex. le Gulf Stream).

2.5. SENSIBILITÉS

En raison de leur faible croissance, de leur longévité et de leur nature sessile, les espèces de coraux et d'éponges peuvent être particulièrement vulnérables aux perturbations (Wareham et Edinger 2007; Heifetz *et al.* 2009, Roberts *et al.* 2009). Toutefois, leur sensibilité dépend en grande partie de la nature de la perturbation et de l'espèce touchée. La pêche entrant en contact avec le fond, l'installation d'infrastructures sous-marines, le dragage, l'exploitation minière, l'aquaculture et l'exploration pétrolière et gazière en mer peuvent toutes avoir des effets sur les coraux et les éponges (Roberts *et al.* 2006, Wilding 2011, Ragnarsson *et al.* 2016, Schönberg 2016). Non seulement ces activités augmentent le risque de dommages physiques à l'espèce, mais elles l'exposent également à une sédimentation/turbidité accrue et, dans certains cas, à des produits chimiques nocifs (Ragnarsson *et al.* 2016).

En raison de leur squelette plutôt rigide et de leur longévité, les grandes gorgones et les coraux noirs sont les plus à risque de dommages physiques et de mortalité. En revanche, ce risque est probablement plus faible pour les colonies plus petites et plus souples, qui ont des taux de croissance plus rapides et une durée de vie plus courte, comme certaines espèces de coraux mous, de pennatules et d'éponges (Austin *et al.* 2007, Edinger *et al.* 2007). Cependant, même les espèces les plus résilientes peuvent subir une diminution à long terme de leur survie et de leur santé après des dommages physiques. Malecha et Stone (2009) ont constaté que même si certaines colonies de la pennatule *Halipterus willemoesi* étaient capables de s'enfouir à nouveau et de se redresser après un délogement induit, elles couraient un risque accru de délogements futurs, même sans être exposées à des perturbations supplémentaires; les niveaux de prédation étaient aussi plus élevés sur les colonies délogées.

Étant donné que la plupart des espèces de coraux et d'éponges d'eaux froides tirent les nutriments et la nourriture directement de la colonne d'eau, bon nombre d'entre elles sont également sensibles à des taux accrus de sédimentation (Ragnarsson *et al.* 2016, Schönberg 2016) et à l'exposition à des produits chimiques présents dans l'eau après des activités anthropiques (White *et al.* 2012, Edge *et al.* 2016, Ragnarsson *et al.* 2016, Fang *et al.* 2018). Selon la quantité et la durée de la sédimentation accrue, les effets varient d'une réduction des taux d'alimentation et de respiration (Tjensvoll *et al.* 2013, Bell *et al.* 2015a, 2015 b, Grant *et al.* 2018) à l'étouffement et à la mortalité (Freiwald et Roberts 2005, Wulff 2008, Bell *et al.* 2015a, 2015b). Les effets de l'exposition aux produits chimiques ont été associés à des changements du comportement, de la valeur adaptative et de la survie (Edge *et al.* 2016, Ragnarsson *et al.* 2016, Fang *et al.* 2018), et on a décrit des gorgones présentant une production excessive de mucus, des polypes rétractables, une perte de tissus, un grossissement des sclérites et des taux accrus de colonisation par les hydroïdes parasites après l'exposition à des matériaux floculants (White *et al.* 2012, Hsing *et al.* 2013). En général, les espèces d'éponges que l'on croit plus résistantes à la sédimentation sont celles dont la superficie des tissus horizontaux est plus faible, celles dont les pores sont situés sur des parties élevées du corps ou celles qui peuvent maintenir leur surface exempte de sédiments avec un effort limité (Schönberg 2016). Néanmoins, le risque peut être plus grand chez les éponges pendant leur phase larvaire (Schönberg 2016), car des niveaux élevés de sédimentation réduisent la quantité d'habitats propices à l'établissement (Hogg *et al.* 2010) et le stade post-établissement peut comporter un aplatissement et un étalement, qui augmentent la superficie et la probabilité d'étouffement (Leys et Degnan 2002, Maldonado 2008). On a également constaté que la sédimentation des déblais de forage obstruait les cils des larves de corail, avec des répercussions sur les activités de nage et d'alimentation, et elle a été associée à des niveaux élevés de mortalité (Järnægren 2017). À l'heure actuelle, on sait très peu de choses sur les habitudes de reproduction des espèces d'éponges d'eaux froides, mais on pense qu'elles sont saisonnières et peu fréquentes

(Klitgaard et Tendal 2004), ce qui suggère une vulnérabilité exceptionnelle aux activités anthropiques pendant ces périodes (Hogg *et al.* 2010).

2.6. ZONES SPÉCIALES EXISTANTES

Plusieurs zones spéciales ont été désignées dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador en fonction de concentrations importantes de coraux et d'éponges (tableau 2). Certaines sont également protégées au moyen de divers instruments juridiques, notamment la *Loi sur les pêches* et la *Loi sur les océans*. Le gouvernement du Canada a élaboré des normes de protection pour les zones de protection marines (ZPM) et les AMCEZ (y compris les refuges marins) afin de conserver les parties sensibles et importantes de l'océan. Pour toutes les zones de protection marine, quatre activités industrielles principales sont interdites : les activités pétrolières et gazières, l'exploitation minière, le déversement et le chalutage par le fond. Pour les AMCEZ, les activités qui y sont proposées seront évaluées au cas par cas. Certaines peuvent être autorisées si elles sont conformes aux objectifs de conservation de la zone en question, mais avant qu'une activité proposée puisse avoir lieu, le ministre des Pêches, des Océans et de la Garde côtière canadienne devra être convaincu que les risques pour la zone ont été évités ou atténués efficacement. Une fois que l'extraction de pétrole et de gaz commence à l'intérieur d'une AMCEZ, la partie de la licence ou du permis qui chevauche l'AMCEZ ne sera plus prise en compte dans les objectifs de conservation marine du Canada.

L'expression « zones spéciales », dans le contexte du présent document, désigne des zones spéciales pour les coraux et les éponges, et comprend les zones benthiques importantes, les habitats et les fermetures d'écosystèmes marins vulnérables, les ZIEB, les AMCEZ (y compris les refuges marins) et les ZPM. En 2009, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a défini les concentrations d'espèces de coraux ou d'éponges en tant qu'écosystèmes marins vulnérables (FAO 2009), ce qui a mené à la délimitation éventuelle de 30 habitats d'écosystèmes marins vulnérables (9 écosystèmes marins vulnérables de grandes gorgones, 14 écosystèmes marins vulnérables d'éponges et 7 écosystèmes marins vulnérables de pennatules; OPANO 2013, 2017; Figure 11) et à la fermeture subséquente de 20 zones aux engins de pêche entrant en contact avec le fond dans la zone réglementée de l'OPANO (figure 12; OPANO 2019a). Les zones benthiques importantes sont semblables aux écosystèmes marins vulnérables dans leur définition, mais sont situées dans les eaux nationales. Des travaux supplémentaires de la Direction des sciences du MPO ont mené à la désignation de zones benthiques importantes (figure 11). Bien que la désignation et la délimitation des écosystèmes marins vulnérables et des zones benthiques importantes n'entraînent pas automatiquement leur protection, des fermetures de pêche ont été établies dans la zone réglementée de l'OPANO pour protéger des parties de certains habitats d'écosystèmes marins vulnérables, et des AMCEZ ont été établies dans la ZEE pour protéger des parties de certaines zones benthiques importantes.

On a utilisé le poids des prises (kg) des relevés au chalut par les navires de recherche pour déterminer les zones qui abritent des concentrations particulièrement élevées d'espèces de coraux et d'éponges (p. ex. les zones benthiques importantes et les habitats d'écosystèmes marins vulnérables). Diverses approches ont été adoptées, notamment l'analyse de la densité de noyau, les modèles de répartition des espèces et les connaissances spécialisées (Kenchington 2014, 2016ab, 2019a, Guijarro *et al.* 2016). Certaines zones d'habitat des écosystèmes marins vulnérables ont été étendues en fonction des données d'imagerie (p. ex. le nord-est du bonnet Flamand; OPANO 2019b). En 2019a, Kenchington et ses collaborateurs ont effectué des analyses de la densité de noyau sur des données au-delà de la ZEE canadienne afin d'étayer la création d'habitats actualisés d'écosystèmes marins vulnérables pour les grandes gorgones, les petites gorgones, les pennatules et les éponges dans la zone

réglementée de l'OPANO, ainsi que de nouveaux habitats d'écosystèmes marins vulnérables pour les coraux noirs (figure 13). Étant donné que les coraux mous et les madréporaires ne sont pas considérés comme des espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables dans l'Atlantique Nord-Ouest, les zones contenant des concentrations importantes de ces coraux n'ont pas été définies pour le moment. Bien que de nouveaux habitats d'écosystèmes marins vulnérables aient récemment été proposés pour les coraux noirs au-delà de la ZEE (Kenchington *et al.* 2019a), les observations limitées de coraux noirs dans la ZEE ont empêché la délimitation de zones benthiques importantes dans les eaux canadiennes.

Le MPO a établi cinq refuges marins en tant qu'AMCEZ, en leur fixant des objectifs de conservation liés à la protection des coraux et des éponges dans la biorégion de Terre-Neuve-et-Labrador (figure 14; MPO 2019b). Trois de ces zones (le talus nord-est de Terre-Neuve, l'ensellement Hopedale et le bassin Hatton) étaient fondées sur des zones benthiques importantes, mais les aires protégées ne représentent qu'une partie de la zone benthique importante délimitée.

Dans le cadre de processus distincts, des ZIEB ont également été désignées dans l'ensemble de la région de Terre-Neuve-et-Labrador, dont certaines sont fondées sur des concentrations importantes d'espèces de coraux et d'éponges (figure 15; DFO 2013, 2019b, 2019c, Wells *et al.* 2017). Le chenal Laurentien a été désigné à l'origine comme ZIEB (Templeman 2007) et a été officiellement désigné à titre de ZPM en vertu de la *Loi sur les océans* en 2019, l'un des objectifs de conservation étant la protection des coraux, en particulier des concentrations importantes de pennatules, contre les dommages causés par les activités humaines. Bien qu'aucune autre zone d'intérêt n'ait été officiellement annoncée dans la biorégion de Terre-Neuve-et-Labrador à ce jour, les ZIEB sont une priorité pour assurer la protection dans le cadre de la planification du réseau de ZPM.

En raison des concentrations accrues de coraux et d'éponges dans les zones spéciales décrites ci-dessus, les effets des activités anthropiques y seront probablement graves (MPO 2019d). Par conséquent, il est recommandé d'assujettir automatiquement les activités de forage exploratoire menées à l'intérieur de leurs limites à des mesures d'évitement et d'atténuation spéciales, que les zones soient protégées ou non contre d'autres activités humaines.

Tableau 2 : Liste des zones benthiques importantes, des écosystèmes marins vulnérables, des ZIEB et des zones fermées (ZPM, refuges marins et fermetures des pêches pour protéger les écosystèmes marins vulnérables) existants dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador où les coraux ou les éponges sont définis comme des objectifs de conservation, des caractéristiques clés ou d'autres caractéristiques. À l'exception de la ZPM du chenal Laurentien (figure 16), le forage exploratoire n'est actuellement interdit nulle part ailleurs dans la zone extracôtière de Terre-Neuve. Plusieurs zones spéciales énumérées dans le tableau 2 pourraient donc être touchées par le forage exploratoire.

| ID de la carte correspondante | Nom | Type | Désignation par | Objectifs de conservation ou caractéristiques clés (pour les ZIEB) |
|-------------------------------|--|--|-----------------|--|
| - | Chenal Laurentien | ZPM | MPO | Protéger les coraux (en particulier les pennatules), l'aiguillat noir, la raie à queue de velours, les maraîches, le loup à tête large |
| 1 | Fermeture du bassin Hatton | Refuge marin | MPO | Conserver les zones benthiques sensibles (p. ex. les grandes gorgones et les éponges <i>Geodia</i>) |
| 2 | Fermeture de l'ensellement Hopedale | Refuge marin | MPO | Protéger les coraux et les éponges et contribuer à la conservation de la biodiversité à long terme |
| 3 | Fermeture 1 du talus nord-est de Terre-Neuve | Refuge marin | MPO | Protéger les coraux et les éponges et contribuer à la conservation de la biodiversité à long terme |
| 4 | Fermeture 2 du talus nord-est de Terre-Neuve | Refuge marin | MPO | Protéger les coraux et les éponges et contribuer à la conservation de la biodiversité à long terme |
| 5 | Zone corallienne fermée 3O | Refuge marin | MPO | Protéger les coraux et les éponges (p. ex. la biodiversité des coraux) |
| 1 | Dôme Orphan | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les coraux et les éponges, y compris les madréporaires |

| ID de la carte correspondante | Nom | Type | Désignation par | Objectifs de conservation ou caractéristiques clés (pour les ZIEB) |
|-------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|---|
| 2 | Éperon de Sackville | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les lits d'éponges (p. ex. les communautés de <i>Geodia</i>) |
| 3 | Nord du bonnet Flamand | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les champs de pennatules |
| 4 | Nord du bonnet Flamand | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les pennatules, les crinoïdes, les cérianthides et les coraux noirs |
| 5 | Nord du bonnet Flamand | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les pennatules, les crinoïdes, les cérianthides et les coraux noirs |
| 6 | Zone nord-est du bonnet Flamand | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les coraux et les éponges (p. ex. les grandes gorgones et les éponges) |
| 7 | Zone est du bonnet Flamand | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les grandes gorgones et les lits d'éponges |
| 8 | Zone nord-ouest du bonnet Flamand | Fermeture de l'écosystème | OPANO | Protéger les pennatules, les crinoïdes, les cérianthides et les coraux noirs |

| ID de la carte correspondante | Nom | Type | Désignation par | Objectifs de conservation ou caractéristiques clés (pour les ZIEB) |
|-------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------|--|
| | | marin vulnérable | | |
| 9 | Zone nord-ouest du bonnet Flamand | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les pennatules, les crinoïdes, les cérianthides et les coraux noirs |
| 10 | Zone nord-ouest du bonnet Flamand | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les pennatules, les crinoïdes, les cérianthides et les coraux noirs |
| 11 | Passé Flamande/canyon de l'Est | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les lits d'éponges et les grandes gorgones |
| 12 | Dôme Beothuk | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les grandes gorgones et les éponges |
| 13 | Dôme Beothuk | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les lits d'éponges |
| 14 | Queue du Grand Banc | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les lits d'éponges, les petites gorgones |

| ID de la carte correspondante | Nom | Type | Désignation par | Objectifs de conservation ou caractéristiques clés (pour les ZIEB) |
|--------------------------------------|---|--|------------------------|---|
| 15 | Zone corallienne fermée 3O | Fermeture de l'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les coraux et les éponges (p. ex. la biodiversité des coraux) |
| - | Zone benthique importante pour les grandes gorgones | Zone benthique importante | MPO | Protéger les grandes gorgones |
| - | Zone benthique importante pour les petites gorgones | Zone benthique importante | MPO | Protéger les petites gorgones |
| - | Zone benthique importante pour les pennatules | Zone benthique importante | MPO | Protéger les pennatules |
| - | Zone benthique importante pour les éponges | Zone benthique importante | MPO | Protéger les éponges |
| - | Écosystème marin vulnérable de grandes gorgones | Habitat d'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les grandes gorgones |
| - | Écosystème marin vulnérable de petites gorgones | Habitat d'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les petites gorgones |

| ID de la carte correspondante | Nom | Type | Désignation par | Objectifs de conservation ou caractéristiques clés (pour les ZIEB) |
|-------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------|--|
| - | Écosystème marin vulnérable de pennatules | Habitat d'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les pennatules |
| - | Écosystème marin vulnérable d'éponges | Habitat d'écosystème marin vulnérable | OPANO | Protéger les éponges |
| 1 | Plateau extérieur du banc Saglek | ZIEB | MPO | Pennatules, grandes gorgones, éponges, phoques du Groenland, phoques à capuchon, cétacés, oiseaux de mer, Mouette blanche |
| 2 | Plateau extérieur du banc Nain | ZIEB | MPO | Pennatules, coraux noirs, coraux mous, madréporaires, petits benthivores, benthivores moyens, planctons, phoques à capuchon, oiseaux de mer, Mouette blanche |
| 3 | Ensellement Hopedale* | ZIEB | MPO | Béluga* |
| 4 | Talus du Labrador | ZIEB | MPO | Éponges, coraux mous, coraux noirs, loup atlantique, loup tacheté, loup à tête large, grenadier de roche, raies, crevettes, flétan du Groenland, sébastes, morue franche, plie canadienne, petits benthivores, benthivores moyens, grands benthivores, planctonophages, plancto-piscivores, piscivores |
| 5 | Baie Gilbert* | ZIEB | MPO | Population résidente génétiquement distincte de morue franche* |

| ID de la carte correspondante | Nom | Type | Désignation par | Objectifs de conservation ou caractéristiques clés (pour les ZIEB) |
|-------------------------------|----------------|------|-----------------|--|
| 6 | Îles Grey* | ZIEB | MPO | Arlequin plongeur, canards de mer, sauvagine, oiseaux de mer, colonies d'oiseaux de mer * |
| 7 | Éperon Orphan | ZIEB | MPO | Divers coraux, coraux mous, pennatules, coraux noirs, madréporaires, petites gorgones, grenadier de roche, raies, loup à tête large, loup tacheté, loup atlantique, plie canadienne, sébastes, morue franche, plie grise, petits benthiques, benthiques moyens, grands benthiques, piscivores |
| 8 | Talus Nord-Est | ZIEB | MPO | Grandes gorgones, pennatules, coraux noirs, coraux mous, éponges, crevettes, flétan du Groenland, loup à tête large, loup tacheté, grenadier berglax, capelan, plie grise, plie canadienne, morue franche, loup atlantique, raie épineuse, raie à queue de velours, piscivores, planctonophages, plancto-piscivores, petits benthivores, benthivores moyens, grands benthivores, Guillemot marmette, Guillemots de Brünnich, phoque à capuchon |
| 9 | Côte Sud | ZIEB | MPO | Pennatules, éponges, colonies d'Eiders à duvet, habitat de zostère, crevettes, morue franche, sébastes, piscivores, planctonophages, plancto-piscivores, aiguillat noir, raie à queue de velours, piscivores côtiers plongeant en surface, piscivores plongeant en surface et à faible profondeur, rorqual bleu, phoque à capuchon, phoque gris |
| 10 | Baie Placentia | ZIEB | MPO | Grandes gorgones, éponges, tortue luth, habitat de zostère, saumon, phoque à capuchon, |

| ID de la carte correspondante | Nom | Type | Désignation par | Objectifs de conservation ou caractéristiques clés (pour les ZIEB) |
|-------------------------------|-------------------|------|-----------------|--|
| | | | | mysticètes, rorqual bleu, piscivores plongeurs pêchant en profondeur, espèces de puffins, ichtyoplancton, mammifères marins, zone de frai du capelan, Guillemot marmette, Petit Pingouin, Mouette tridactyle, Fou de Bassan, espèces de sternes |
| 11 | Baie St. Mary's* | ZIEB | MPO | Colonies de Guillemots marmettes, colonies de Fous de Bassan, Arlequin plongeur, habitat de zostère, saumon, Eider à duvet, capelan, mysticètes, phoque à capuchon, piscivores plongeurs pêchant en profondeur, zone de frai du capelan, colonies de Petits Pingouins, colonies de Mouettes tridactyles, tortue luth |
| 12 | Avalon Est* | ZIEB | MPO | Colonies de Macareux moines, colonies de Guillemots marmettes, colonies de Guillemots de Brünnich, colonies de Fulmars boréaux, colonies de Petits Pingouins, Mouette tridactyle, habitat de zostère, capelan, plie canadienne, épaulard, groupe fonctionnel des mysticètes, piscivores plongeurs pêchant en profondeur, piscivores plongeurs en piqué, piscivores plongeant en surface et à faible profondeur |
| 13 | Chenal Laurentien | ZIEB | MPO | Pennatules, petites gorgones, flétan du Groenland, raie tachetée, plie grise, raie à queue de velours, loup tacheté, raie épineuse, merluche blanche, aiguillat noir, aiguillat commun, petits benthiques, benthiques moyens, grands benthiques, planctonophages, plancto-piscivores, piscivores, rorqual bleu |

| ID de la carte correspondante | Nom | Type | Désignation par | Objectifs de conservation ou caractéristiques clés (pour les ZIEB) |
|-------------------------------|--------------------------------|------|-----------------|---|
| 14 | Éponges du chenal de l'Églefin | ZIEB | MPO | Plus grande zone benthique vulnérable d'éponges sur le plateau dans la zone d'étude, éponges, capelan, plie canadienne |
| 15 | Talus sud-ouest | ZIEB | MPO | Petites gorgones, coraux noirs, grandes gorgones, madréporaires, pennatules, grenadier de roche, zone d'alimentation et de frai de l'aiglefin, zone de frai du sébaste, plie grise, flétan de l'Atlantique, plie canadienne, morue franche, loup à tête large, sébastes, raie à queue de velours, raie épineuse, merluche blanche, raie tachetée, petits benthivores, grands benthivores, planctonophages, plancto-piscivores, piscivores, piscivores plongeant en surface et à faible profondeur, rorqual bleu, zone de frai de la plie canadienne |
| 16 | Canyons Lilly et Carson | ZIEB | MPO | Coraux mous, éponges, grenadier berglax, crabe des neiges, flétan du Groenland, plie canadienne, sébastes, raie épineuse, petits benthiques, Guillemot marmette, Puffin fuligineux, généralistes en piqué à faible profondeur, piscivores plongeant en surface et à faible profondeur, rorqual bleu, phoque du Groenland (alimentation hivernale) |

*Bien que les coraux et les éponges ne soient pas des caractéristiques clés menant à la désignation et à la délimitation de ces ZIEB, ils y ont été trouvés et ont été inclus dans la liste des « autres caractéristiques » pour chaque ZIEB.

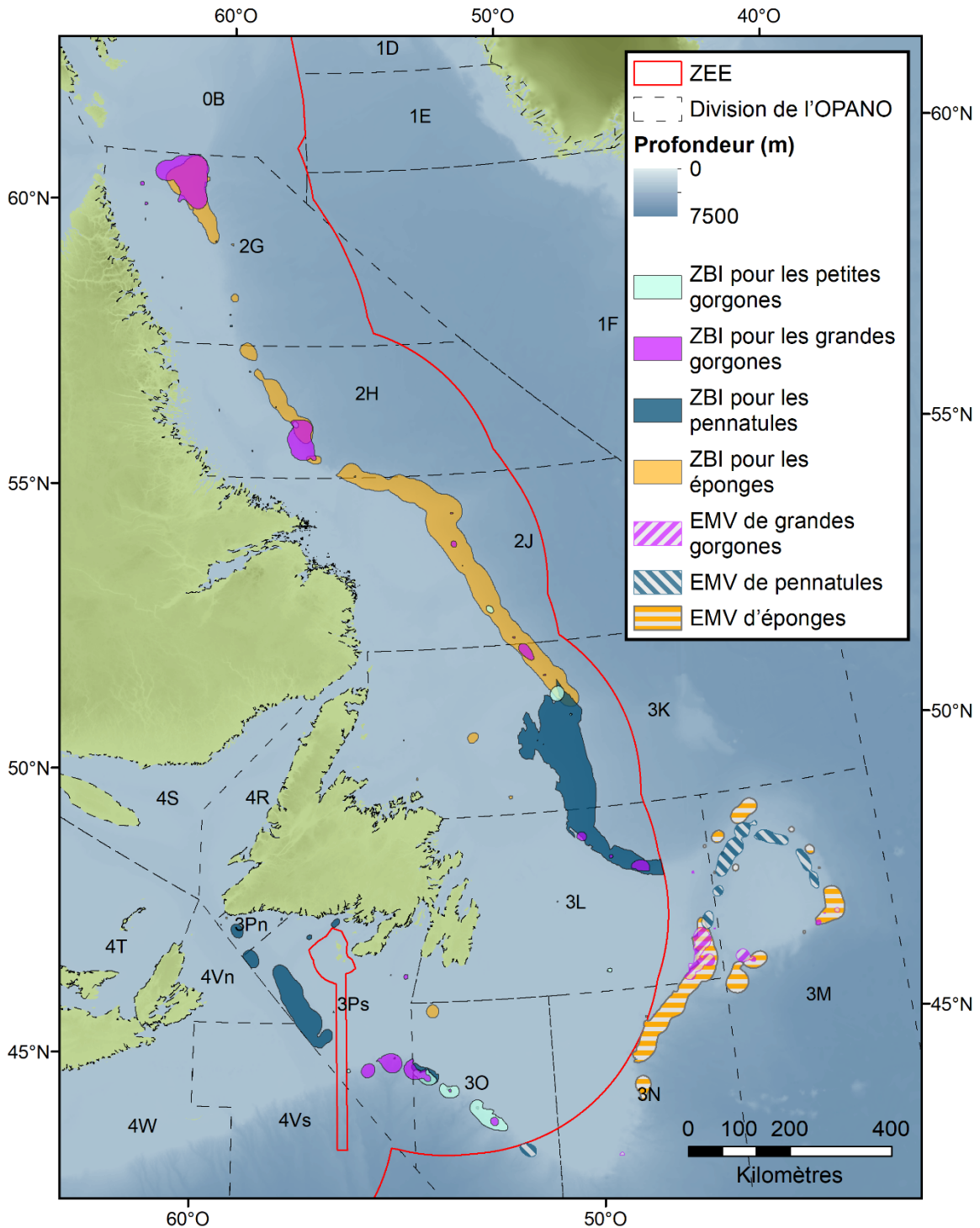


Figure 11 : Emplacement des zones benthiques importantes et des habitats d'écosystèmes marins vulnérables actuellement définis dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (description de chaque zone benthique importante et habitat de chaque zone benthique importante et écosystème marin vulnérable disponible dans le tableau 2).

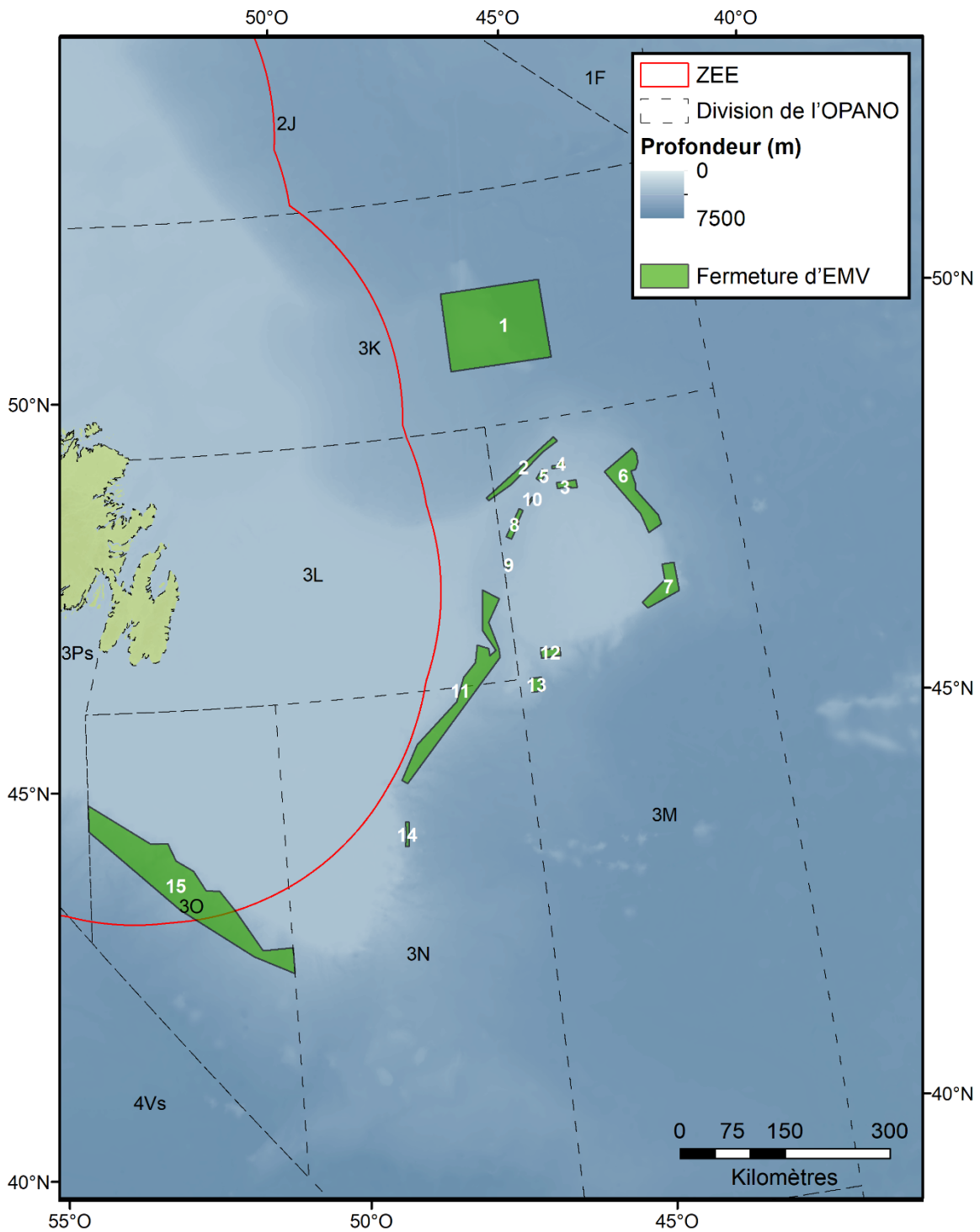


Figure 12 : Emplacement des fermetures d'écosystèmes marins vulnérables mises en place dans la zone réglementée de l'OPANO où les coraux ou les éponges sont identifiés comme des caractéristiques clés (description des fermetures de chaque écosystème marin vulnérable disponible dans le tableau 2).

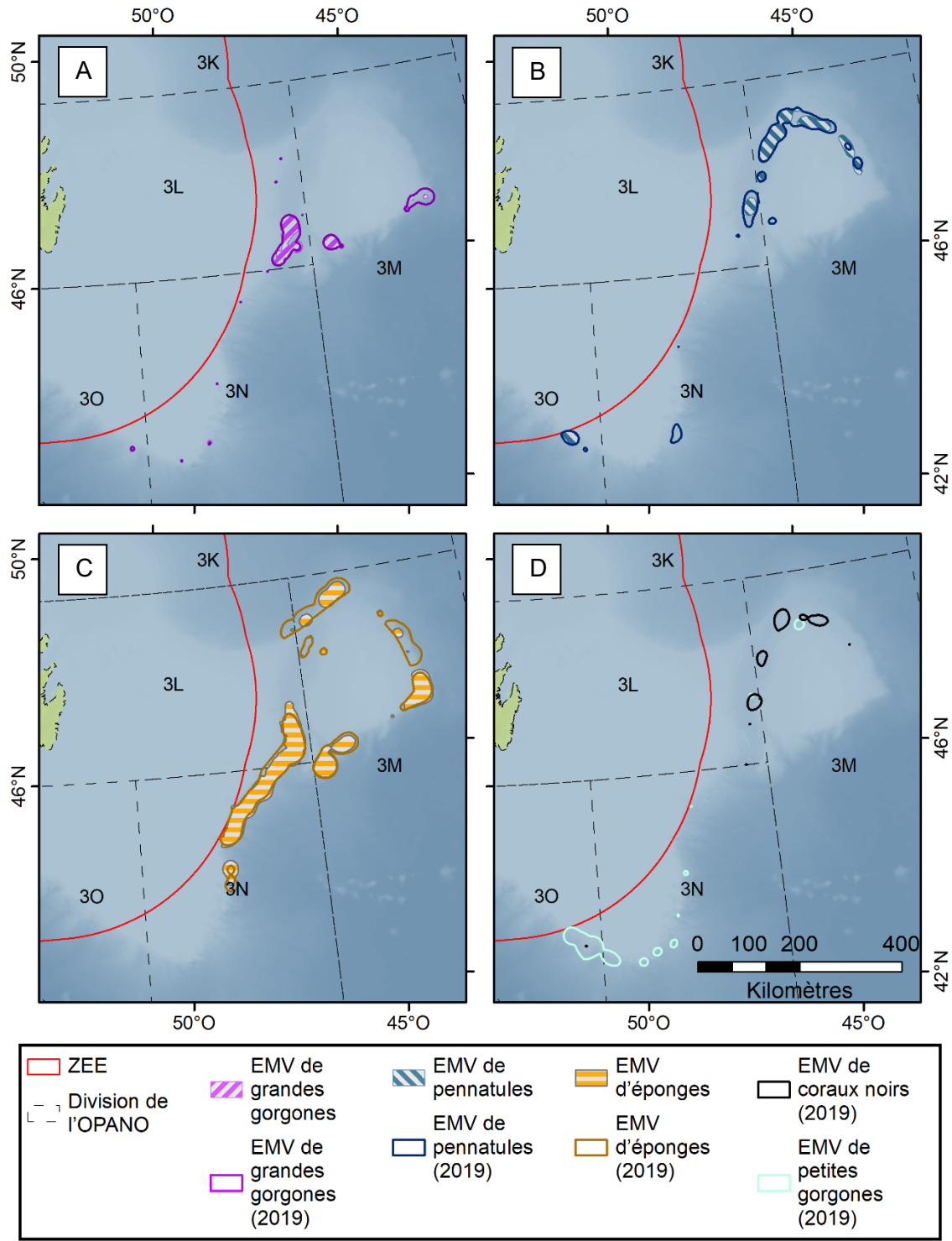


Figure 13 : Comparaison entre les habitats d'écosystèmes marins vulnérables existants et proposés pour les grandes gorgones (A), les pennatules (B), les éponges (C), les coraux noirs (D) et les petites gorgones (D) (adapté de Kenchington et al. 2019a). Les limites des habitats d'écosystème marin vulnérable des petites gorgones et des coraux noirs n'ont pas été fixées par le passé.

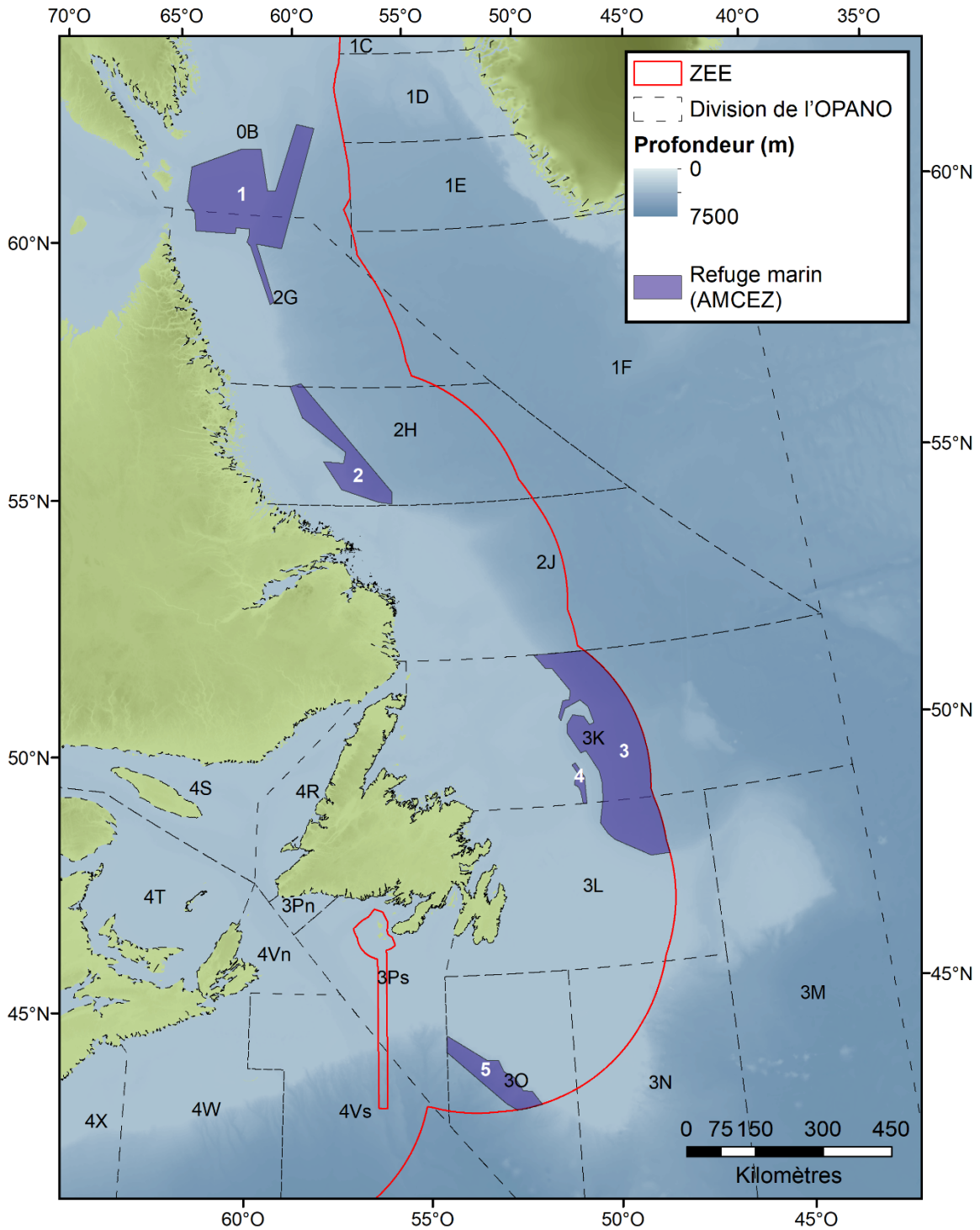


Figure 14 : Emplacement des refuges marins mis en place dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador où les coraux ou les éponges sont identifiés comme des objectifs de conservation (description de chaque refuge marin disponible dans le tableau 2).

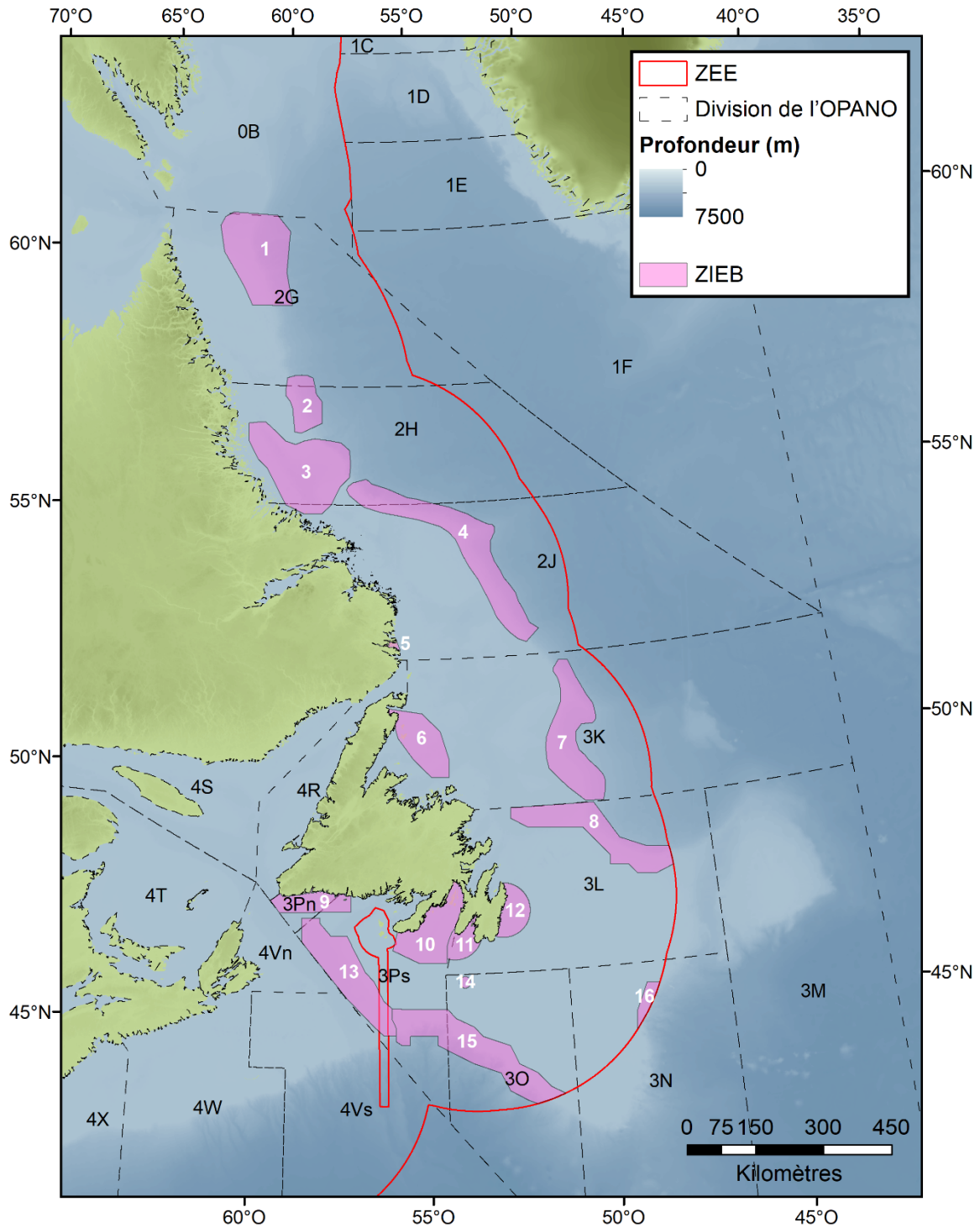


Figure 15 : Emplacement des zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) désignées dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador où les coraux ou les éponges sont identifiés comme des objectifs de conservation ou d'autres caractéristiques (description de chaque ZIEB disponible dans le tableau 2).

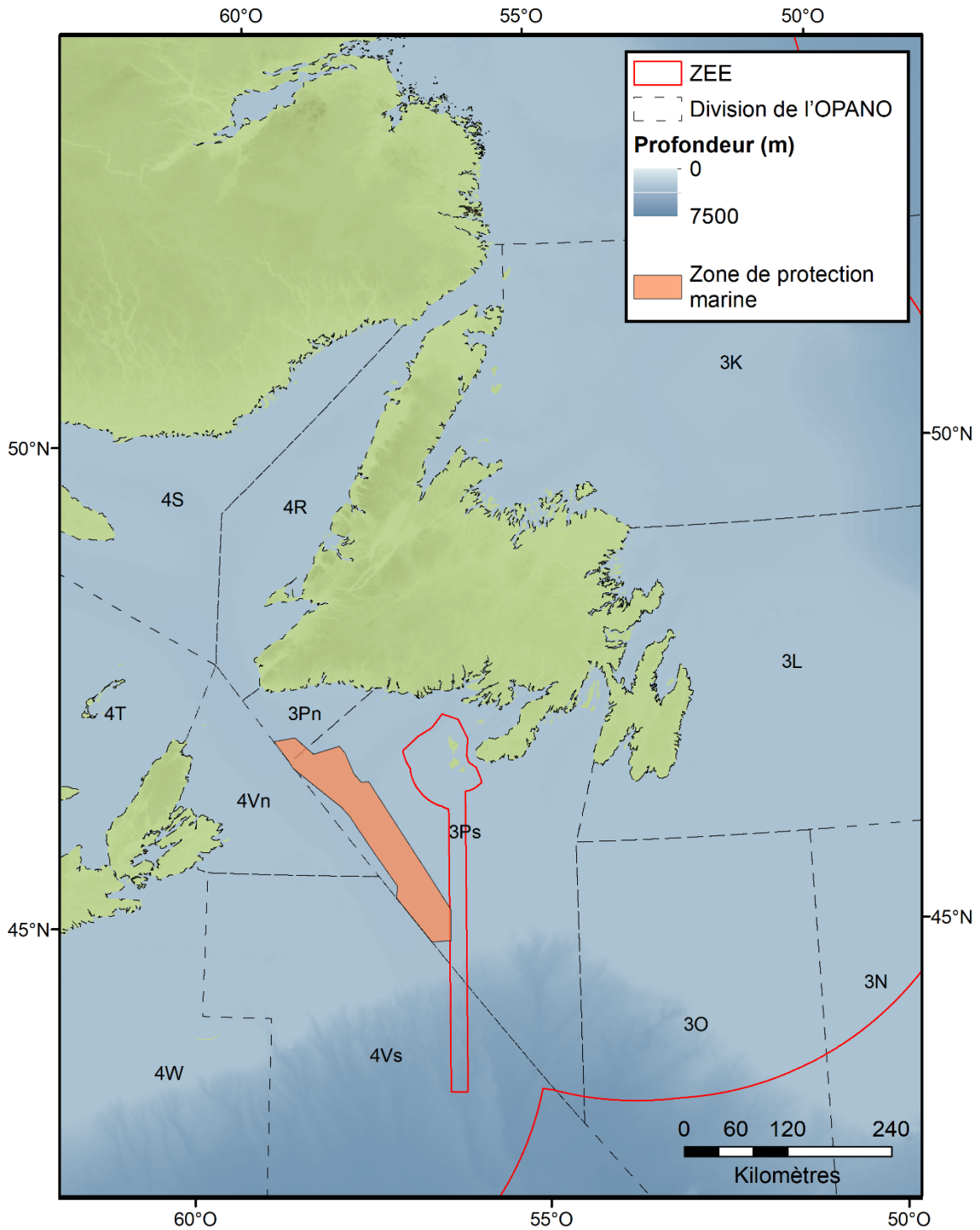


Figure 16 : Emplacement des ZPM mises en place dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador où les coraux sont un objectif de conservation (description de chaque ZPM disponible dans le tableau 2).

3. FORAGE EXPLORATOIRE À TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR

L'industrie pétrolière et gazière joue un rôle important dans l'économie de Terre-Neuve-et-Labrador depuis le début du forage des premiers puits d'exploration, en mai 1966. En janvier 2020, 172 puits d'exploration avaient été forés et 30 permis d'exploration actifs avaient été délivrés dans la région (OCTNHE 2019a, 2019b) (figure 17) pour offrir à l'industrie la possibilité de poursuivre sa recherche de gisements de pétrole et de gaz commercialement viables grâce à la mise en valeur de nouveaux puits d'exploration (DNR 2019).

L'Office Canada–Terre-Neuve des hydrocarbures extracôtiers (OCTNHE) est le principal organisme de réglementation des activités pétrolières dans la zone extracôtière de Terre-Neuve-et-Labrador au Canada depuis 1986.

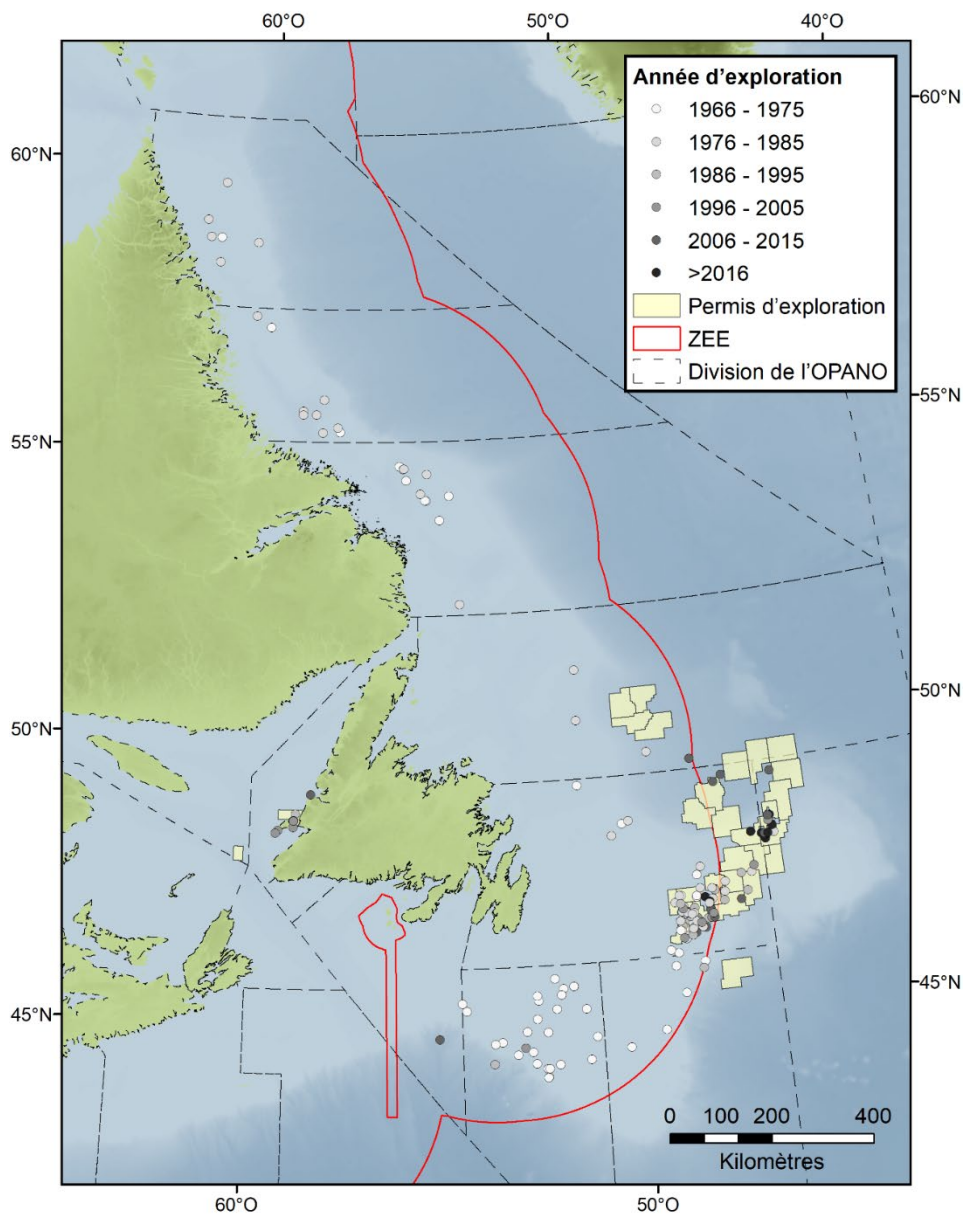


Figure 17 : Emplacement des puits d'exploration et des permis dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, téléchargés sous forme de fichiers de forme à partir du site Web de l'OCTNHE en janvier 2020 (OCTNHE 2019a).

3.1. ACTIVITÉS POUVANT AVOIR DES EFFETS SUR LES CORAUX ET LES ÉPONGES

Le forage exploratoire est effectué dans des zones où des levés sismiques ont indiqué qu'il existe un fort potentiel de gisements d'hydrocarbures (Cordes *et al.* 2016). Le forage dans ces zones est nécessaire pour confirmer la présence de réserves d'hydrocarbures commercialement viables qui pourraient soutenir des puits de production (MCI 2001), et les activités de forage dureront habituellement d'un à quatre mois (ACPP 2017). Dans la plupart des cas, les puits d'exploration en haute mer, en particulier en eaux profondes, se trouvent dans des zones du milieu marin où les répercussions anthropiques passées ont été minimales, et on connaît mal les effets de ces activités (Ramirez-Llodra *et al.* 2011, Kark *et al.* 2015). Bien que l'importance des écosystèmes des grands fonds soit reconnue, leur valeur n'a pas été bien quantifiée (Thurber *et al.* 2014). On a constaté que diverses activités courantes associées au forage exploratoire avaient une incidence sur les milieux des grands fonds (Cordes *et al.* 2016) et la documentation existante indique que, bien que certains des effets soient de courte durée, les effets peuvent durer plus longtemps pour les écosystèmes contenant des espèces fragiles comme les coraux (Cordes *et al.* 2016) et les éponges d'eaux froides (Jones *et al.* 2012, Hsing *et al.* 2013, Vad *et al.* 2018). En général, les principales activités associées au forage exploratoire qui peuvent avoir une incidence sur les espèces de coraux et d'éponges sont le positionnement, le forage, la mise hors service et les accidents.

3.1.1. Positionnement

Dans le Canada atlantique, les activités de forage exploratoire sont habituellement effectuées à partir de trois plateformes principales : les autoélévateurs, les plateformes semi-submersibles et les navires de forage (figure 18). Les autoélévateurs sont habituellement limités à une profondeur de l'eau de 100 m ou moins, tandis que les plateformes semi-submersibles et les navires de forage sont utilisés en eaux plus profondes. Les autoélévateurs sont équipés de trois ou quatre pattes, d'environ 15 m de diamètre (Zahra et Rouhollah 2016), qui soutiennent la plateforme directement sur le fond marin. Les plateformes semi-submersibles sont soutenues par des colonnes verticales assises sur des pontons qui flottent sous la surface de l'eau et stabilisent la plateforme contre l'action des vagues et, comme les navires de forage, peuvent être maintenues en place pendant les opérations de forage par l'ancrage ou le positionnement dynamique. Le choix d'une plateforme pour les opérations de forage repose en grande partie sur la profondeur de l'eau, la profondeur de forage, les conditions météorologiques et l'état des glaces, ainsi que sur les capacités techniques de la plateforme (ACPP 2017).

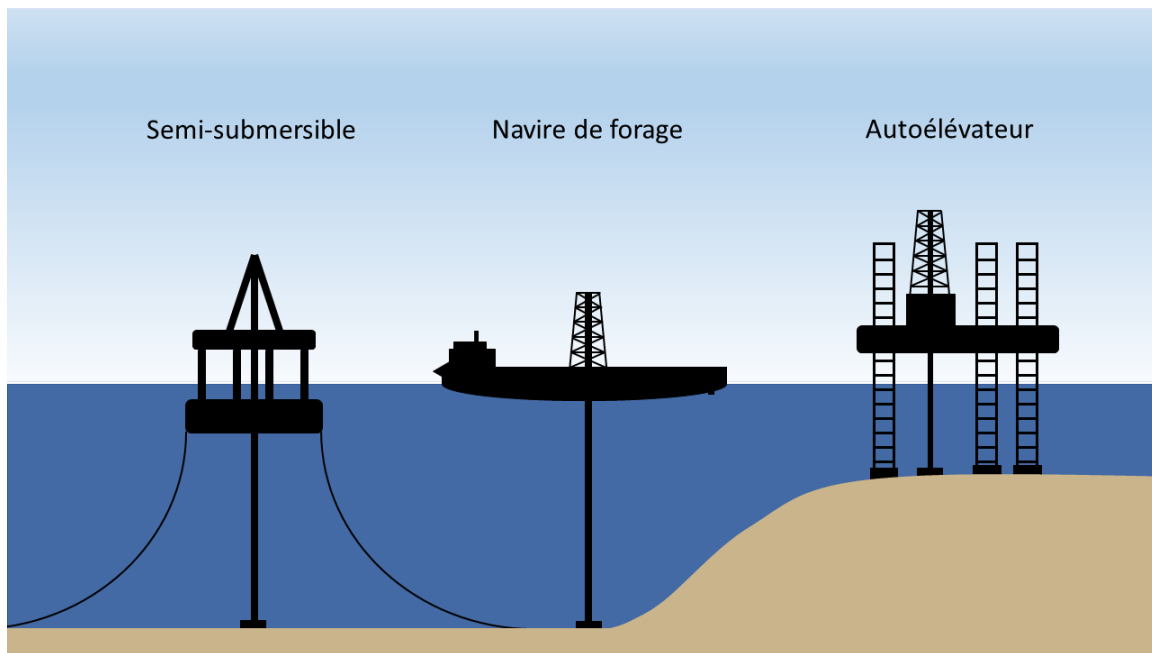


Figure 18 : Plateformes de forage utilisées pour l'exploration pétrolière et gazière en mer (adapté de MCI 2001).

Les effets potentiels sur les coraux et les éponges varieront selon la plateforme de forage choisie. Si un autoélévateur est retenu comme étant la plateforme la plus appropriée, il y a un risque de dommages pour les espèces aux endroits où les pattes de la plateforme rejoignent le fond marin, ainsi qu'à ceux où une stabilité supplémentaire est fournie à l'aide de caissons de support (structures lourdes attachées aux pattes de la plateforme et enfoncées dans le fond marin) ou en déversant du gravier ou de la roche autour de la base des pattes. Une stabilité accrue est particulièrement importante dans les zones où les courants de fond sont forts et peuvent causer un affouillement des sédiments autour des pattes de la plateforme (MCI 2001). Pour ces plateformes, les espèces de coraux et d'éponges dans la zone risquent d'entrer en contact physique avec l'équipement, ainsi que d'être étouffées ou enterrées par des roches ou des sédiments remis en suspension.

Dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, les plateformes semi-submersibles sont normalement ancrées en place (Buchanan *et al.* 2003). L'utilisation des ancres est généralement limitée à des profondeurs de l'eau de 1 000 m ou moins, avec 8 à 12 ancres placées par des navires-mouilleurs et fixées à la plateforme par des amarres (Yamamoto et Morooka 2005). Pour le positionnement dynamique, on place un réseau de transpondeurs (figure 19) sur le fond marin et on procède à des étalonnages pour déterminer leur position exacte les uns par rapport aux autres. Une fois en place, les transpondeurs communiquent entre eux ainsi qu'avec le navire pour s'assurer qu'il demeure positionné exactement au-dessus du site tout au long de la période de forage. Tout comme l'ancrage, il est possible que les différents transpondeurs entrent en contact physique avec des coraux et des éponges; toutefois, l'empreinte des effets serait beaucoup plus petite.

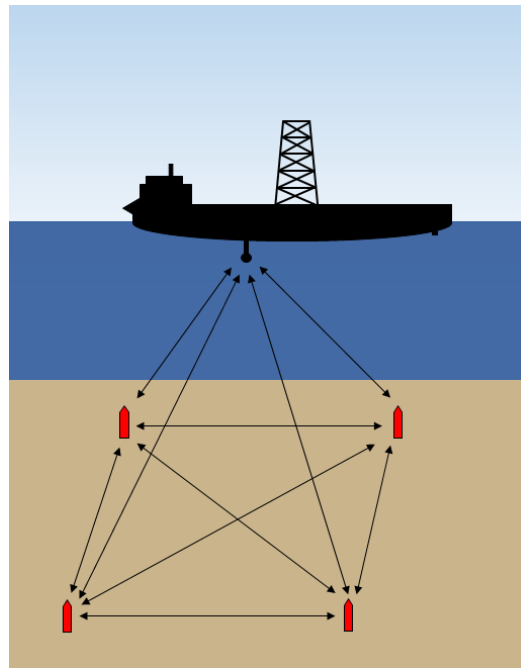


Figure 19 : Illustration d'un réseau de transpondeurs étalonnés utilisé pour positionner dynamiquement une plateforme de forage.

3.1.2. Forage

Le forage des puits d'exploration se fait en deux étapes : le forage des trous supérieurs et le forage d'exploration, comme illustré ci-après à la figure 20.

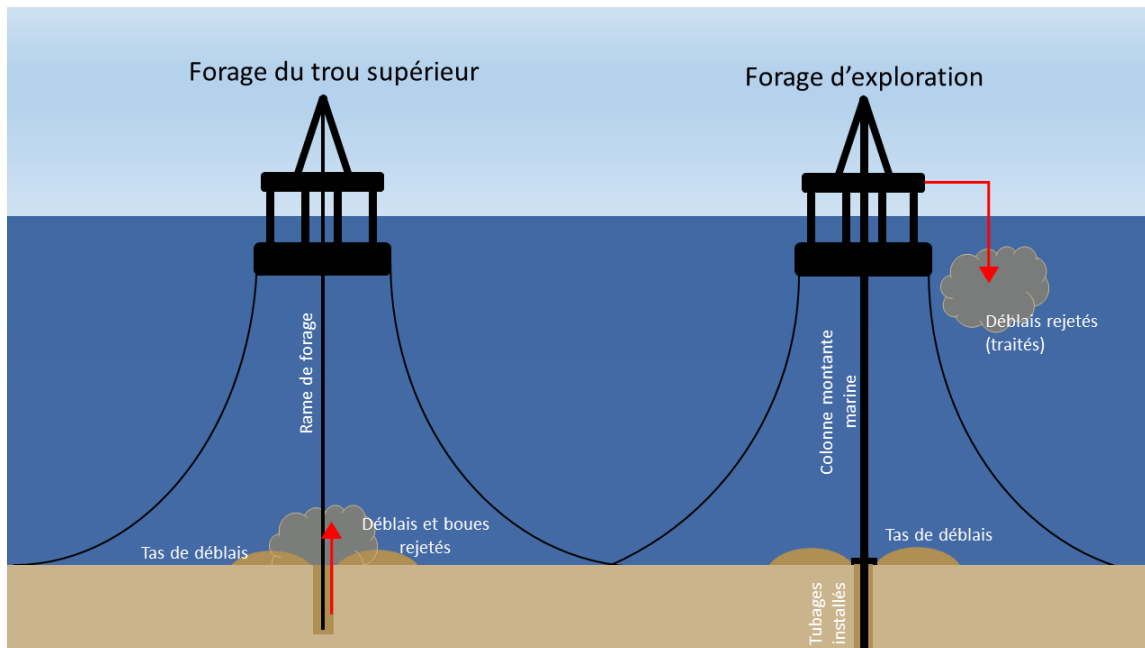


Figure 20 : Étapes du forage d'exploration et du rejet correspondant de déblais ou de boues par les plateformes de forage semi-submersibles (adapté de Cordes et al. 2016).

3.1.2.1. Forage du trou supérieur

Une fois la plateforme de forage stabilisée sur le site d'exploration, le forage peut commencer. Le forage d'un trou supérieur fait référence à l'étape de forage sans colonne montante des deux premières sections du puits (habituellement des sections de 36 po et de 26 po de diamètre). Cette étape est effectuée avant l'installation de la colonne montante marine (la structure qui transporte la boue et les déblais créés par le forage vers la plateforme pour le traitement) (figure 20). Elle contient les sections les plus larges du puits, généralement d'une largeur de 90 cm (~35 po), les sections suivantes diminuant progressivement (MCI 2001). Comme cette partie du puits est installée avant que la colonne montante marine ne soit en place, les déblais, les fluides de forage et l'excès de ciment sont déposés directement sur le fond marin, formant une pile de déblais entourant le trou de forage (Cordes *et al.* 2016). La composition particulière des déblais de forage varie d'un site à l'autre, mais ils contiennent habituellement des métaux lourds, de la baryte, de la bentonite, des hydrocarbures, des contaminants organiques et des radio-isotopes (Lakhal *et al.* 2009). Cette phase du forage pose des risques pour les coraux et les éponges en raison du contact physique direct avec l'équipement de forage, de l'exposition aux boues de forage et aux produits chimiques connexes, ainsi que des niveaux élevés de remise en suspension des sédiments, particulièrement lors du lancement (l'injection d'eau à haute pression utilisée pour perturber la structure des sédiments) (MCI 2001). Les particules plus grosses se déposent relativement rapidement près du site de forage pour former des couches de dépôt plus épaisses, tandis que les particules plus fines sont transportées plus loin par les courants locaux et se déposent plus finement sur une plus grande surface (Pivel *et al.* 2009). Une fois cette section du puits terminée, un tube conducteur est installé et cimenté en place pour empêcher les parois du puits de céder. Une fois que le ciment a pris, un bloc obturateur de puits est installé et la tête de puits est reliée à la plateforme par une colonne montante marine (MCI 2001).

3.1.2.2. Forage d'exploration

Les sections suivantes du puits sont réalisées à l'aide d'un foret qui va de la plateforme au puits à travers la colonne montante marine (figure 20). Au fur et à mesure que le forage avance, les boues usagées et les déblais produits sont acheminés du puits à la plateforme par la colonne montante pour être séparés et traités. Les risques pour les coraux et les éponges à cette étape du forage sont considérés comme plus faibles que pendant le forage des trous supérieurs, car les déblais sont traités avant d'être rejetés dans l'environnement et les boues sont conservées dans un système confiné.

3.1.2.3. Application de ciment

Une fois chaque section du puits terminée, le foret est retiré et un tubage est mis en place pour fournir un support structural aux parois du puits. Le ciment est ajouté à l'intérieur du tubage, puis on pose un bouchon. La boue appliquée derrière le bouchon le pousse vers le bas dans le tubage, forçant par la suite le ciment au fond du puits et dans l'annulaire (zone entre l'extérieur du tubage et la paroi du puits), où il se dépose (MCI 2001). Le matériau d'obturation le plus courant est connu sous le nom de ciment Portland, qui est principalement composé d'hydroxyde de calcium et de diverses phases silicatées, mais contient également des additifs (Vrålstad *et al.* 2019). Comparativement aux conditions marines typiques, le ciment Portland est très alcalin et certains de ses additifs sont reconnus comme toxiques pour la vie marine, y compris les coraux et les éponges (EPA 2002; Lukens et Selberg 2004; Perkol-Finkel et Stella 2014).

3.1.2.4. Injection des boues de forage

Pendant le processus de forage, on utilise des boues de forage pour lubrifier et refroidir le foret, transporter les déblais à la surface et contrôler la pression dans le puits (ACPP 2017). Les

boues de forage sont classées dans trois grandes catégories selon leur composition : les boues à base d'huile, les boues à base d'eau et les boues synthétiques. Au Canada atlantique, tous les forages exploratoires sont effectués à l'aide de boues à base d'eau ou de boues synthétiques, car elles sont moins toxiques que les boues à base d'huile (Buchanan *et al.* 2003); cependant, la documentation indique que les boues enrichies en minéraux ou les boues à base d'huile peuvent être utilisées à la place des boues synthétiques en cas de justifications techniques suffisantes (AMEC 2014, OCTNHE 2019c). De nombreux produits chimiques sont ajoutés à ces boues afin qu'elles conservent les propriétés chimiques et physiques appropriées (Breuer *et al.* 2004) et les recherches existantes ont montré qu'elles peuvent avoir des répercussions négatives sur les espèces benthiques à proximité des sites de forage (Trannum *et al.* 2010, Bakhtyar et Gagnon 2012, Edge *et al.* 2016). Des effets des boues à base d'huile ont été documentés à plusieurs kilomètres du puits (Ellis *et al.* 2012), alors qu'on a observé que les boues synthétiques touchent les communautés benthiques dans un rayon de 500 m (Trannum *et al.* 2010). En revanche, il est généralement établi que les boues à base d'eau ont des répercussions à moins de 100 m du site de forage (Currie et Isaacs 2005; Trannum *et al.* 2006), bien que des cas extrêmes aient des effets décrits jusqu'à 2 000 m du site du puits (Continental Shelf Associates 1989).

3.1.2.5. Rejet des déblais de forage

Sauf pendant le forage du trou supérieur du puits, les déblais provenant des opérations de forage sont remontés à la plateforme par la colonne montante marine. Si on utilise des boues à base d'eau, la boue et les déblais excédentaires peuvent être rejetés sans traitement. Toutefois, si des boues synthétiques ou des boues enrichies en minéraux sont utilisées, les déblais doivent être séparés de la boue de forage (qui est recyclée), traités et peuvent être rejetés conformément aux directives sur le traitement des déchets extracôtiers réglementées par l'OCTNHE (OCTNHE 2019c). Bien que ce ne soit pas actuellement le cas dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, l'utilisation de boues à base d'huile peut être approuvée dans des circonstances exceptionnelles (OCTNHE 2019c). Si on utilise des boues à base d'huile, les déblais sont réinjectés ou conservés et ramenés sur le rivage pour être éliminés (OCTNHE 2019c). Selon la profondeur du site de forage, la force des courants dans la zone et le type de boues de forage utilisé (Nexen Energy ULC 2019), les déblais de forage rejetés de la plateforme peuvent être rapidement dispersés dans la colonne d'eau ou s'accumuler sous la plateforme (Breuer *et al.* 2004). L'enfouissement et l'étouffement sont les principaux risques pour les coraux et les éponges en raison de cette activité; toutefois, les restes de produits chimiques sur les déblais traités peuvent également avoir des effets sur ces espèces. Étant donné que les piles de déblais de forage résistent aux changements chimiques, il est possible que des perturbations futures créent une source de contamination, même après la mise hors service du site (Brakstad et Ramstad 2001, Breuer *et al.* 2004).

3.1.3. Mise hors service

Une fois que le puits a été foré et testé, on décide d'aller de l'avant et de mettre en place un puits de production. Si la production n'est pas possible, le puits sera scellé pour empêcher les fluides provenant du réservoir de remonter à la surface et de contaminer l'environnement environnant (NPC 2011). Le joint sera composé d'un bouchon de ciment d'une longueur maximale de 100 m ou d'une série de bouchons plus petits (ACPP 2017). Pendant la mise hors service, tout l'équipement installé sur le fond marin sera enlevé et, selon la profondeur du puits, le tubage peut également être coupé sous le fond marin, conformément au *Règlement sur le forage et la production relatifs aux hydrocarbures dans la zone extracôtière de Terre-Neuve* (DORS/2009-316). Au cours de ce processus, les déblais et les sédiments contaminés pendant le processus de forage seront remis en suspension, et il y a un risque supplémentaire

d'exposition de la communauté benthique environnante à des matières toxiques dans le ciment utilisé pour boucher le puits.

Le cas échéant, on récupérera aussi les ancras pendant l'étape de la mise hors service. En suivant l'approche de préhension, un grappin est tiré sur 100 à 150 m sur le fond marin pour s'accrocher au rapporteur, la chaîne de l'ancre est soulevée du fond marin et l'ancre est récupérée (DNV 2013). Avec cette approche, l'équipement risque d'entrer en contact physique avec les coraux et les éponges et d'entraîner la remise en suspension des sédiments, qui peuvent contenir les matières toxiques déposées pendant les opérations de forage (p. ex. les boues de forage, les déblais, l'eau produite). Une approche moins destructive consiste à utiliser un engin télécommandé pour fixer directement une ancre au rapporteur, éliminant l'utilisation d'un grappin et réduisant la probabilité de dommages physiques et la quantité de sédiments remis en suspension (DNV 2013).

3.1.4. Accidents

En raison de la nature des activités de forage exploratoire, des accidents susceptibles d'avoir des effets sur les espèces de coraux et d'éponges sont possibles. Les opérations dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador sont particulièrement préoccupantes en raison des conditions météorologiques difficiles qui existent ici et de la présence saisonnière de glace. Selon les rapports publiés par l'Organisation internationale des producteurs de pétrole et de gaz (OGP), le risque d'éruption accidentelle est le plus élevé pendant la phase de forage exploratoire (OGP 2010, 2019) et les examens des incidents liés à l'exploitation du pétrole et du gaz en mer dans l'Arctique et d'autres mers sujettes à l'englacement ont révélé que près de 12 % de tous les incidents enregistrés se sont produits au cours de cette phase (Necci *et al.* 2019). Bien que les causes des accidents qui se produisent pendant la phase de forage exploratoire soient nombreuses, elles peuvent être classées de façon générale comme résultant de conditions météorologiques extrêmes, d'événements liés aux glaces, d'erreurs humaines, d'erreurs procédurales ou de défaillances de l'équipement (Stantec Consulting 2018).

Bien que la préoccupation la plus importante associée au forage exploratoire soit le rejet accidentel de pétrole du puits, tout incident qui entraîne un contact physique ou chimique ou une exposition à une sédimentation excessive pourrait présenter des risques pour les espèces de coraux et d'éponges. Des dommages physiques, et dans certains cas des dommages causés par une sédimentation excessive, pourraient survenir à la suite d'un échouement imprévu de l'équipement (p. ex. la plateforme de forage), d'objets largués sur le fond marin (p. ex. un BOP) et d'une défaillance de l'ancre ou des amarres (Necci *et al.* 2019, Yoklavich 2015). Par ailleurs, le rejet de boues de forage, comme les boues synthétiques (OCNEHE 2019), et le rejet de pétrole dans l'environnement (p. ex. en cas d'éruption) peuvent entraîner une exposition accidentelle à des produits chimiques. En cas de déversement de pétrole, l'application de dispersants chimiques présente également un risque pour les espèces de coraux et d'éponges (DeLeo 2016).

Aux fins du présent rapport, les accidents n'ont pas fait l'objet d'une étude approfondie, car ils n'étaient pas inclus dans le mandat du présent processus consultatif.

3.2. EFFETS ET GRAVITÉ PRÉVUS POUR LES CORAUX ET LES ÉPONGES

Chacune des activités décrites dans la section précédente est associée à divers effets potentiels sur les espèces de coraux et d'éponges. La gravité de ces effets varie dans le temps et l'espace et est probablement pire dans les zones où les sites des puits exploratoires sont proches les uns des autres. Ce serait le résultat des effets cumulatifs, où les effets de différentes activités se combinent au fil du temps. À l'heure actuelle, il existe peu de recherches

sur le temps nécessaire pour que les espèces de coraux et d'éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador se rétablissent et reviennent aux conditions d'avant l'exploration lorsqu'elles sont touchées par les activités de forage exploratoire; ainsi, les effets temporels décrits sur la figure 21 indiquent la durée des différentes activités pendant une mission de forage exploratoire, plutôt que le temps estimé pour le rétablissement. D'après les caractéristiques du cycle biologique des espèces de coraux et d'éponges, le rétablissement des individus et des communautés pourrait prendre des centaines d'années; on peut en déduire que les véritables répercussions temporelles du forage exploratoire sur ces communautés pourraient être assez graves (Cordes *et al.* 2016). Très peu de travaux ont été consacrés aux effets cumulatifs sur les coraux et les éponges. De ce fait, ces effets ne sont pas représentés à la figure 21.

EFFETS, ETENDUE ET DUREE DES ACTIVITES DE FORAGE EXPLORATOIRE SUR LES CORAUX ET LES EPONGES

| ACTIVITÉ ↓ | TYPE D'EFFET | SÉQUENCE DES EFFETS POUR LES CORAUX ET LES ÉPONGES | DURÉE | ÉTENDUE SPATIALE |
|--------------------------------------|----------------------|---|--|---|
| POSITIONNEMENT | Physique | Dommages physiques Sédimentation excédentaire | PD – 18 heures ¹ Ancrage – 5 jours ¹ Autoélévateur – 4 à 7 jours ¹⁵ | ≤100 m ^{2,3} |
| FORAGE DU TROU SUPÉRIEUR | Physique | Dommages physiques Sédimentation excédentaire | ~2 à 5 jours ^{4,5} | ≤600 m (sédiments fins) ² ≤ 200 m (sédiments grossiers) ⁶ |
| INJECTION DES BOUES DE FORAGE | Chimique | Effets chimiques | Sans colonne montante: ~2 à 5 jours ^{4,5} Avec colonne montante: 1 à 4 mois ⁴ | ≤2 km ^{7,8,9,10,11} (BBE, BS) ≤6 km ¹¹ (BBH) |
| CEMENT APPLICATION | Chimique | Effets chimiques | 1 à 4 mois ⁴ 3 à 12 mois ¹² d'effets sur les coraux | Inconnue, probablement localisée |
| REJET DES DÉBLAIS DE FORAGE | Physique Chimique | Sédimentation excédentaire Effets chimiques | 1 à 4 mois ⁴ | ≤1 km ^{2,7,9,6,13} à 4km ¹⁴ |
| MISE HORS SERVICE D'UN PUIT | Physique Chimique | Dommages physiques Sédimentation excédentaire Effets chimiques | 2 à 4 jours ¹ | ≤50 +/- 15 m ² |
| ACCIDENTS | Physique Chimique | Dommages physiques Sédimentation excédentaire Effets chimiques | Variable | Variable |

Figure 21 : Effets, étendue et durée des activités de forage exploratoire sur les coraux et les éponges. (Remarque : La gravité temporelle fournit de l'information sur la durée de l'activité; la gravité spatiale renseigne sur la zone qui sera probablement touchée par l'activité).

¹Statoil 2017, ²DNV 2013, ³Cordes et al. 2016, ⁴ACPP 2017, ⁵NSB Energy Consulting 2016, ⁶Jones et Gates 2010, ⁷Neff 2005, ⁸Tenningen et al. 2011, ⁹Pivel et al. 2009, ¹⁰Paine et al. 2014, ¹¹Ellis et al. 2012, ¹²Lukens et Selberg 2004, ¹³Bakke et al. 2013, ¹⁴Lepland et al. 2008 ¹⁵EnCana Energy Corporation 2002.

4. EFFETS DU FORAGE EXPLORATOIRE SUR LES CORAUX ET LES ÉPONGES

À mesure que l'exploration pétrolière et gazière prend de l'expansion au large des côtes de Terre-Neuve-et-Labrador, le potentiel d'interactions avec les espèces de coraux et d'éponges augmente. À l'échelle mondiale, les effets des forages exploratoires sur diverses espèces et communautés benthiques ont été relativement bien étudiés et indiquent surtout que l'exposition aux forages exploratoires entraîne des réductions de l'abondance, de la biomasse et de la diversité de la macrofaune benthique (Daan *et al.* 1994, Hurley et Ellis 2004, Santos *et al.* 2010, Trannum *et al.* 2010, Ellis *et al.* 2012, Gates et Jones 2012, Paine *et al.* 2014), certaines recherches ayant mis en évidence une perte totale des organismes qui s'alimentent par suspension (Ellis *et al.* 2012). Cependant, les études documentant des effets précis sur les espèces et les communautés de coraux et d'éponges d'eaux froides sont plus limitées, viennent principalement de Norvège et se concentrent généralement sur le corail d'eaux froides formant des récifs *Lophelia pertusa* (Purser et Thomsen 2012, Bakke *et al.* 2013, Larsson *et al.* 2013), qui a récemment été placé dans le genre *Desmophyllum* en tant que *Desmophyllum pertusum* d'après des preuves moléculaires (Addamo *et al.* 2012, WoRMS S. Cairns 2019)¹.

Les effets du forage exploratoire sur les coraux et les éponges peuvent être classés en trois types de perturbations :

- Physiques (p. ex. installation de la plateforme [y compris les ancrages], forage du trou supérieur, mise en place de l'équipement, mise hors service du puits)
- Sédimentaires (p. ex. activités d'ancrage, forage du trou supérieur)
- Chimiques (p. ex. ciment, déblais de forage)

En général, ces perturbations ont une incidence sur le comportement, la valeur adaptative et la survie des espèces (Allers *et al.* 2013, Larsson *et al.* 2013, Lak *et al.* 2015); toutefois, les effets précis et les réactions particulières à ces perturbations varient selon l'espèce (Ragnarsson *et al.* 2016).

4.1. EFFETS SUR LES CORAUX

Les coraux d'eaux froides vivent longtemps, ont une croissance lente, sont fragiles et présentent des taux de recrutement variables, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux activités anthropiques (Roberts *et al.* 2009). Les dommages physiques ou le délogement causés par les perturbations de la surface (p. ex. foreuse, tête de puits, amarres, ancres) entraînent probablement la mortalité (Malecha et Stone 2009; Clark *et al.* 2016, Pierdomenico *et al.* 2018). Bien que cet effet soit limité dans l'espace, le rétablissement est généralement long (Cordes *et al.* 2016). Dans les zones où les coraux ont été exposés aux dommages physiques causés par le chalutage par le fond, les études indiquent que, même après de longues périodes, la recolonisation est limitée ou inexistante (Freiwald *et al.* 2004, Althaus *et al.* 2009, Williams *et al.* 2010, Neves *et al.* 2015, Huvenne *et al.* 2016).

Pour les espèces qui subissent des blessures, le rétablissement, s'il est possible, peut être complexe. Henry et Hart (2005) ont montré qu'après des dommages mécaniques, la régénération des petites espèces de coraux variait en fonction de la complexité morphologique de l'espèce et du génotype. Pour les coraux qui se sont régénérés après des dommages mécaniques, les conséquences comprennent une croissance somatique altérée, des réductions

¹ En raison de la grande quantité de documents qui utilisent encore le nom original, les auteurs ont choisi d'utiliser le nom *Lophelia pertusa* tout au long de cet article.

de la reproduction sexuée, ainsi qu'une diminution des capacités de défense, de concurrence et de reconnaissance des conspécifiques (Henry *et al.* 2003, Henry et Hart 2005, Malecha et Stone 2009). Il est également possible que la gravité des effets augmente avec la progression de l'acidification des océans. Des recherches ont montré que les changements dans la structure des coraux résultant de l'augmentation des niveaux de dioxyde de carbone (CO₂) réduisent leur résistance globale, les rendant plus vulnérables aux dommages mécaniques (Hennige *et al.* 2015, Roberts *et al.* 2006). De plus, dans les milieux où la nourriture est limitée ou où les organismes ont des lésions préexistantes, la régénération peut être encore moins efficace (Henry et Hart 2005). Cela pourrait poser des problèmes importants dans les zones où les espèces sont exposées au forage exploratoire, où on a constaté que la sédimentation accrue réduisait la capacité des coraux à se nourrir (Liefmann *et al.* 2018) et, dans certains cas, pourrait entraîner la mortalité des polypes (Gass et Roberts 2006, Brooke *et al.* 2009, Liefmann *et al.* 2018).

Comparativement aux sédiments érodés naturellement, ceux produits pendant le forage ont des bords plus rugueux (Kutti *et al.* 2015), ce qui les rend plus susceptibles de causer des dommages physiques aux espèces de coraux. En général, la plupart des sédiments associés au forage exploratoire (p. ex. les déblais de forage) se déposent à moins de 1 km du site d'exploration (Roberts *et al.* 2006). Bien que la sédimentation visible s'étende rarement à plus de 100 m du point de rejet (Gates et Jones 2012), des concentrations de certains produits chimiques de forage (p. ex. le baryum) ont été détectées dans les sédiments de surface jusqu'à 4 km des sites de forage (Lepland et Mortensen 2008). La redistribution des sédiments est considérée comme le principal risque pour les espèces de coraux à proximité des sites de forage exploratoire (Roberts *et al.* 2006), pourtant les effets de la sédimentation sur les coraux d'eaux froides restent peu étudiés (Larsson et Purser 2011). La plupart des études qui existent portent sur les espèces de coraux en eaux peu profondes et sur une espèce particulière de scléactiniaire hermatypique de l'Atlantique Nord-Est (*Lophelia pertusa*). Les effets les plus fréquemment signalés de la sédimentation excessive sont l'étouffement (Larsson et Purser 2011) et les dommages physiques (Pollock *et al.* 2014), la réduction de la disponibilité de l'alimentation et de l'énergie (Brown et Bythell 2005, Liefmann *et al.* 2018), des réductions de l'habitat propice à l'établissement des larves (Larsson *et al.* 2013, Liefmann *et al.* 2018), la mortalité (Larsson et Purser 2011, Järnegren *et al.* 2017) et des réductions générales de la couverture corallienne (Steinhauer et Imamura 1990). Les effets sur les larves sont considérés comme les plus graves, les larves affichant des niveaux élevés de mortalité en raison de l'obstruction des cils par les sédiments, qui limite leur capacité de se déplacer (Järnegren *et al.* 2017, 2020). Selon la période de l'année, l'excès de sédimentation peut également se répercuter sur la connectivité et perturber la dispersion larvaire naturelle, bien que cette question n'ait pas été étudiée à fond dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (Kenchington *et al.* 2019 b).

Tout au long des étapes du forage exploratoire, divers produits chimiques sont également rejetés du site de forage ou de la plateforme sous forme de boues de forage, de déblais de forage contaminés et de béton. L'exposition à ces produits chimiques pose aussi des risques potentiels pour les coraux, mais ils varient en fonction des espèces présentes, des produits chimiques utilisés et des concentrations rejetées. Aujourd'hui, les boues à base d'eau sont plus courantes parce qu'il a été démontré qu'elles posent peu ou pas de risque pour l'environnement (Neff 2010); toutefois, les données indiquent qu'elles ont des effets sur certaines espèces de coraux. Raimondi et ses collaborateurs (1997) ont étudié les effets de l'exposition aux boues à base d'eau sur des espèces de madréporaires (*Paracyathus stearnsii*) et ont constaté que l'exposition à des concentrations faibles (0,002 mg/L) et élevées (200 mg/L) de boues à base d'eau (concentrations environnementales réalistes) a entraîné la mortalité, la perte de tissus et de viabilité, ce qui a eu une incidence sur la survie. Pour d'autres espèces, l'exposition aux

boues à base d'eau a entraîné une diminution de la couverture globale de coraux (Steinhauer et Imamura 1990). Buhl-Mortensen et ses collaborateurs (2010) n'ont observé aucune différence comportementale immédiate significative, et aucun changement dans les taux d'alimentation chez *Lophelia pertusa* lorsque l'espèce était exposée à des déblais contaminés par des boues à base d'eau, bien que les effets à long terme n'aient pas été étudiés et ne puissent pas être écartés. Des travaux plus récents de Järnegren et ses collaborateurs (2020) indiquent que la bentonite et la baryte peuvent modifier les comportements (p. ex. la vitesse de nage), augmenter la mortalité et réduire les taux de rétablissement des larves de *Lophelia pertusa*. Plus précisément, ces travaux ont montré que lorsqu'elles étaient exposées à la concentration expérimentale la plus élevée de bentonite, environ 35 % des larves âgées de huit jours présentaient des cils bouchés qui nuisaient à leur capacité de nager, et qu'un petit pourcentage mourait. Environ 18 % des larves âgées de 21 jours avaient des cils obstrués lorsqu'elles ont été exposées à des concentrations expérimentales de bentonite, et 26 % approximativement sont mortes à la suite d'une exposition. Pour les deux groupes d'âge, le rétablissement était limité après 24 heures. Les effets de la baryte étaient généralement moins graves, environ 6 % des larves âgées de huit jours ayant des cils obstrués et la plupart se rétablissant généralement en 24 heures.

Bien que l'utilisation de boues à base d'huile ne soit approuvée que dans des circonstances exceptionnelles dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (OCTNHE 2019c), comparativement aux boues à base d'eau, elles entraînent généralement des effets plus graves et les effets s'étendent généralement plus loin du site d'exploration (figure 21). C'est pourquoi l'utilisation des boues à base d'huile est actuellement restreinte dans de nombreux pays (Cordes *et al.* 2016). En général, les changements observés dans la structure des communautés en raison de l'exposition à des boues à base d'huile sont liés à la teneur totale en hydrocarbures, aux concentrations de baryum et de strontium, ainsi qu'à la présence de zinc, de cuivre, de cadmium et de plomb (Ellis *et al.* 2012). Les recherches existantes sur l'effet des boues à base d'huile sur les coraux sont limitées et portent en grande partie sur les espèces des eaux peu profondes. Thompson et Bright (1980) ont constaté que plusieurs des sept espèces étudiées sont mortes après avoir été exposées à des boues à base d'huile, tandis que six des sept espèces ont subi une importante rétraction de leurs polypes. Dodge (1982) a exposé un corail tropical formant des récifs, *Orbicella annularis* (publiée sous le nom de *Monastratea annularis*), à diverses concentrations de boues à base d'huile (0, 1, 10 et 100 ppm µl/L) et a observé des altérations de la croissance du squelette corallien et, à la concentration expérimentale la plus élevée, des interférences potentielles avec la capacité du corail à rejeter les sédiments.

Les boues synthétiques ont été conçues il y a une trentaine d'années pour combiner les capacités techniques des boues à base d'huile avec la faible persistance et la faible toxicité des boues à base d'eau. Elles sont souvent utilisées lorsque les boues à base d'eau ne conviennent pas à certaines activités de forage (Neff *et al.* 2000). À ce jour, aucune étude des effets des boues synthétiques sur les espèces de coraux n'a été publiée. Cependant, un examen par Ellis et ses collaborateurs (2012) révèle que l'exposition aux boues synthétiques a été liée à une diminution de l'abondance de diverses espèces benthiques. On pense que ces constatations sont le résultat de l'enrichissement en éléments nutritifs causé par les boues synthétiques, qui représentent une source de carbone et peuvent entraîner un appauvrissement en oxygène dans la région environnante (Ellis *et al.* 2012).

Le ciment Portland appliqué pendant l'installation des tubages peut également être rejeté sur le fond marin pendant l'exploration. Ce produit est très alcalin et a été associé à des taux réduits de recrutement d'espèces de coraux des eaux peu profondes, par rapport à des mélanges de béton moins alcalin (Perkol-Finkel et Stella 2014). Néanmoins, d'autres études ont montré que

les coraux s'établissent sur des surfaces alcalines (Burt *et al.* 2009), suggérant que la présence d'un substrat dur pourrait accélérer le rétablissement après la fin du forage exploratoire (Gass et Roberts 2006, Macreadie *et al.* 2011). Il en existe plusieurs exemples dans des environnements en eaux peu profondes où on a utilisé du béton pour créer des récifs artificiels afin de faciliter la remise en état des récifs (Hueckel *et al.* 1989, Clark et Edwards 1994, Burt *et al.* 2009). Cependant, il est peu probable que l'avantage de fournir un substrat nouvellement créé pour l'établissement des larves l'emporte sur les divers effets potentiels que les processus de forage exploratoire pourraient avoir sur les espèces de coraux et d'éponges.

4.2. EFFETS SUR LES ÉPONGES

Comme pour les coraux d'eaux froides, les structures tridimensionnelles créées par les éponges des grands fonds peuvent offrir un habitat convenable à d'autres espèces, les lits d'éponges soutenant de plus grandes quantités de biodiversité que les zones sans éponge (Beazley *et al.* 2013a, Hawkes *et al.* 2019). De plus, en raison de leur croissance lente présumée, de leur longévité et de leur reproduction peu fréquente, on sait que les éponges sont vulnérables aux dommages physiques (Klitgaard et Tendal 2004, Vad *et al.* 2018), connus pour entraîner rapidement la mort et la maladie des tissus (Büttner et Siebler 2013). Les éponges à corps mou ou à faible teneur en spongine (protéine) sont celles qui risquent le plus de subir des dommages (Schönberg 2016). D'après la documentation existante, les dommages physiques causés aux éponges peuvent entraîner une diminution de leur abondance (Bell *et al.* 2015a), les effets du forage pouvant être détectés jusqu'à 10 ans après la fin du forage (Jones *et al.* 2012). Cependant, les effets des coupes propres sont considérés comme moins préjudiciables, certaines espèces pouvant se réparer en quelques jours seulement (Büttner et Siebler 2013). Dunham et ses collaborateurs (2015) ont montré que les dommages physiques résultant de l'installation de câbles de transmission d'électricité à une profondeur de 68 m avaient entraîné une mortalité de 100 % des éponges siliceuses sous les câbles, ainsi qu'un taux de mortalité de 15 % dans un rayon de 1,5 m du câble 3,5 ans après la fin de l'installation.

Conjugués, les dommages physiques et la sédimentation subséquente des déblais de forage provenant de l'exploration pétrolière et gazière ont réduit de 92,3 % la densité mégafaunique des lits d'éponges (Jones *et al.* 2006). Une étude de Gates et Jones (2012) a révélé que les éponges autrefois dominantes (*Phakellia* sp. et *Mycale* sp. – également présentes dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador) sont devenues rares après que les opérations de forage ont entraîné l'enfouissement de leur habitat. Dans le cas des éponges des grands fonds, les effets documentés de la sédimentation sont une réduction de la respiration et du taux métabolique (Tjensvoll *et al.* 2013, Kutti *et al.* 2015), l'arrêt du comportement alimentaire et l'obstruction des cavités (Tompkins-Macdonald et Leys 2008, Bell *et al.* 2015 b). Les résultats indiquent que les taux de rétablissement varient d'une espèce à l'autre (Vad *et al.* 2018), mais aussi avec la taille des sédiments (les sédiments fins étant plus nuisibles), ainsi que selon la profondeur et la durée de l'enfouissement (Schönberg 2016). Comparativement aux sédiments naturels, l'exposition aux déblais de forage provenant d'activités de forage exploratoires a réduit les taux de survie de *Thenea muricata* (H. Rapp, comm. pers.). Dans le cas des espèces d'éponges des eaux peu profondes, l'enfouissement entraînera la mortalité après quelques jours seulement (Wulff 2008). Les éponges juvéniles sont particulièrement vulnérables à l'étouffement, car leur phase larvaire comprend l'aplatissement et l'étalement, ce qui augmente leur superficie (Leys et Degnan 2002; Maldonado 2008). On a découvert que les éponges produisaient du mucus en réaction à une sédimentation excessive (Bannister *et al.* 2012, Schönberg 2016), arrêtaient leur pompage (Tompkins-MacDonald et Leys 2008, Grant *et al.* 2018, 2019), modifiaient leur respiration (Tjensvoll *et al.* 2013), repositionnaient leur oscule (Bell 2004) ou affichaient des contractions coordonnées (Elliott et Leys 2007) pour faciliter leur survie. Chacune de ces activités exige des dépenses énergétiques excessives et aurait

probablement un effet négatif si elle était nécessaire pendant de longues périodes (Bannister *et al.* 2012).

Peu d'études ont été consacrées aux effets de l'exposition aux boues de forage sur les espèces d'éponges. Celles qui existent ont constaté que la densité et la diversité des éponges sont réduites dans les zones à proximité des sites de forage (rayon de 100 à 200 m) où des boues de forage sont présentes en plus grandes concentrations et indiquent que les effets à ces sites persistent dans le temps (Gates et Jones 2012; Jones *et al.* 2012). Une étude de *Geodia Baretii* a révélé que l'exposition aux boues à base d'eau avait une incidence sur l'espèce à des concentrations aussi faibles que 30 mg de total des solides en suspension)/L, réduisant la stabilité de la membrane lysosomale et compromettant la viabilité cellulaire (Edge *et al.* 2016). Cependant, les boues étaient moins toxiques lorsque l'exposition était intermittente plutôt que continue (Edge *et al.* 2016).

Il existe très peu d'information sur les effets de l'exposition des espèces d'éponges au ciment. Dans une étude, Gilliam et ses collaborateurs (2008) ont tenté de sceller à nouveau des fragments d'éponges délogés avec du ciment, mais ont constaté que les tissus mouraient lorsqu'ils entraient en contact avec le ciment, ce qui les empêchait de se fixer et de croître. Toutefois, cette étude ne portait que sur l'effet sur une espèce d'éponge (*Xestospongia Muta*) au large de la Floride.

4.3. EFFETS SUR LES ESPÈCES DE CORAUX ET D'ÉPONGES DANS LA RÉGION DE TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR

Les effets précis du forage exploratoire sur les espèces de coraux et d'éponges dont la présence est connue dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador n'ont pas été bien étudiés à ce jour. C'est pourquoi une partie de l'information contenue dans les tableaux suivants est associée à d'autres activités dont on sait qu'elles causent des effets similaires à ceux du forage exploratoire (p. ex. la redistribution des sédiments, l'enfouissement, le contact mécanique), à des activités menées ailleurs que dans l'Atlantique Nord-Ouest ou à des activités qui ne traitent qu'en partie les effets potentiels du forage exploratoire. Les approximations pour le forage exploratoire ont été choisies en fonction du niveau de sédimentation, des dommages physiques ou de l'exposition aux produits chimiques qui y sont associés. Les effets décrits ci-après peuvent varier en fonction de l'activité en cours, ainsi que de l'emplacement géographique de l'activité. De ce fait, les lacunes potentielles dans les données sont abordées dans les notes de bas de page qui suivent le tableau 3.

Tableau 3 : Effets documentés du forage exploratoire et d'autres activités (p. ex. le chalutage, la sédimentation) sur les espèces de coraux et d'éponges dont la présence est connue dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Remarque : Certains des effets documentés dans le tableau concernent des espèces qui n'ont pas été signalées dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, mais qui appartiennent à un genre qui a été documenté ici.

| Groupe | Espèce | Effets documentés | Séquence des effets | Profondeur | Activité | Lieu de la recherche |
|------------------|------------------------------|--|-------------------------------------|--|------------------------------|----------------------|
| Grandes gorgones | <i>Paramuricea</i> spp. | L'exposition au pétrole de la plateforme DeepWater Horizon a entraîné des pertes de branches et les effets sont demeurés supérieurs à ceux des sites de référence pendant 7 ans (Girard et Fisher 2018) ¹ . | Exposition à des produits chimiques | 1 050 à 1 850 m | Exposition aux hydrocarbures | Golfe du Mexique |
| Grandes gorgones | <i>Primnoa resedaeformis</i> | Augmentation de la consommation de nourriture et perte importante de polypes pendant la sédimentation accrue; des particules pointues de moins de 10 µm (semblables à celles produites pendant les activités de forage) se sont incrustées dans les tissus des coraux et peuvent entraîner une nécrose ou une maladie (Liefmann <i>et al.</i> 2018) ² . | Remise en suspension des sédiments | Expérience en laboratoire : spécimens recueillis entre 94 et 113 m | Extraction minière | Norvège |
| Grandes gorgones | <i>Paragorgia arborea</i> | Purser (2015) n'a montré aucun changement détectable dans | Remise en suspension | 350 m | Forage exploratoire | Norvège |

| Groupe | Espèce | Effets documentés | Séquence des effets | Profondeur | Activité | Lieu de la recherche |
|---------------|------------------------------|---|------------------------------------|------------|-------------------------|----------------------|
| | | l'abondance ou la mortalité de <i>P. arborea</i> près des sites de forage (moins de 2 km) jusqu'à un an après la fin des activités de forage lorsque des boues à base d'eau étaient utilisées ³ . | des sédiments | | | |
| Madréporaires | <i>Desmophyllum dianthus</i> | Bien que les effets exacts de la sédimentation ne soient pas bien connus, l'habitat de prédilection (près des parois verticales ou sur l'envers des récifs rocheux) et les attributs physiques (polypes orientés vers le bas) de cette espèce indiquent qu'elle est sensible à la sédimentation (Försterra <i>et al.</i> 2005) ⁷ . | Remise en suspension des sédiments | <260 m | Sédimentation naturelle | Chili |
| Pennatules | <i>Halipterus</i> sp. | Malecha et Stone (2009) ont décrit le délogement comme la principale préoccupation. Bien que cette espèce (<i>Halipterus willemoesi</i>) ait démontré une capacité limitée à s'enfouir à nouveau et à se rétablir, la majorité des individus qui réussissent | Dommages physiques | 21 à 30 m | Chalutage | Alaska |

| Groupe | Espèce | Effets documentés | Séquence des effets | Profondeur | Activité | Lieu de la recherche |
|------------|----------------------------------|---|---------------------|-------------|-----------|--|
| | | sont par la suite délogés sans perturbation ⁴ . Dans le cas des spécimens qui n'ont pas pu se rétablir, la prédation par les nudibranches s'est intensifiée. | | | | |
| Pennatules | <i>Funiculina quadrangularis</i> | Dans les zones de forte perturbation, l'abondance de <i>F. quadrangularis</i> est réduite. On considère que cette espèce est plus vulnérable aux dommages physiques que d'autres espèces de pennatules qui peuvent s'enfouir dans les sédiments lorsqu'elles sont perturbées. Cependant, la flexibilité du corps de l'espèce offre une certaine protection contre les perturbations physiques (Pierdominico <i>et al.</i> 2018). Eno et ses collaborateurs (2001) ont montré que des individus étouffés ou déracinés étaient capables de s'enfouir à nouveau en quelques jours. Toutefois, on n'a pas étudié la survie à long terme des individus | Dommages physiques | 320 à 540 m | Chalutage | Méditerranée occidentale et mer Tyrrhénienne méridionale |

| Groupe | Espèce | Effets documentés | Séquence des effets | Profondeur | Activité | Lieu de la recherche |
|-------------|--|--|------------------------------------|---|---|----------------------|
| | | qui se sont enfouis à nouveau. | | | | |
| Pennatules | <i>Funiculina quadrangularis</i> <i>Pennatula phosphorea</i> <i>Virgularia mirabilis</i> | Eno et ses collaborateurs (2001) ont montré que certains individus étouffés ou déracinés étaient capables de se redresser en quelques jours. Toutefois, on n'a pas étudié la survie à long terme des individus qui se sont enfouis à nouveau. Les auteurs de l'étude ont fait remarquer qu'il est possible que les effets cumulatifs entraînent une détérioration de l'état des pennatules étudiées ⁵ . | Domages physiques | 14 à 20 m | Engins de pêche entrant en contact avec le fond | Grande-Bretagne |
| Coraux mous | <i>Duva florida</i> | Diminution de la consommation d'aliments et altération des comportements (périodes prolongées de contraction) en cas d'exposition à une sédimentation accrue; des particules pointues de moins de 10 µm se sont incrustées dans les tissus des coraux et pourraient entraîner une nécrose ou | Remise en suspension des sédiments | Expérience en laboratoire : spécimens recueillis entre 174 et 188 m | Extraction minière | Norvège |

| Groupe | Espèce | Effets documentés | Séquence des effets | Profondeur | Activité | Lieu de la recherche |
|--------------|----------------------------|--|-------------------------------------|--|---|-----------------------|
| | | une maladie (Liefmann <i>et al.</i> 2018) ² . | | | | |
| Coraux mous | <i>Gersemia rubiformis</i> | Le contact physique avec l'équipement sous-marin qui a causé l'écrasement des colonies étudiées a mené à la rétraction complète de la colonie, à l'affaiblissement des hampes, ainsi qu'à la libération prématurée et à une mortalité élevée des planules fécondées. Toutefois, le rétablissement à la suite de blessures plus localisées intervenait en moins de 30 jours (Henry <i>et al.</i> 2003) ⁵ . | Dommages physiques | Expérience en laboratoire : spécimens recueillis à 10 m | Perturbation mécanique expérimentale | Atlantique Nord-Ouest |
| Coraux noirs | <i>Leiopathes</i> sp. | Lorsqu'il a été exposé à des concentrations de 0,8, 7,9 et 25 ppm d'hydrocarbures, <i>L. glaberrima</i> a réagi par la production de mucus, la désintégration de tissus et l'altération de l'expression génétique (DeLeo 2016; Ruiz-Ramos <i>et al.</i> 2017). | Exposition à des produits chimiques | Expérience en laboratoire : spécimens recueillis à 500 m | Exposition aux hydrocarbures et à des dispersants | Golfe du Mexique |
| Éponges | <i>Geodia barretti</i> | Diminution des taux de pompage, diminution de | Remise en suspension | Expérience en | Sédimentation simulée | Norvège |

| Groupe | Espèce | Effets documentés | Séquence des effets | Profondeur | Activité | Lieu de la recherche |
|---------|-----------------------|--|------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|
| | | la respiration, diminution de l'activité métabolique (Kutti <i>et al.</i> 2015, Fang <i>et al.</i> 2018). Kutti et ses collaborateurs (2015) ont également constaté que les particules plus fines avaient des effets plus importants sur le métabolisme de cette espèce. Des expériences en laboratoire ont montré que les individus se ferment lorsqu'ils sont exposés à des concentrations de sédiments de 100 mg/L, mais qu'ils peuvent se rétablir rapidement après de courtes périodes d'exposition (Tjensvoll <i>et al.</i> 2013). | des sédiments | laboratoire : spécimens recueillis à 200 m | | |
| Éponges | <i>Haliclona</i> spp. | Cette espèce est considérée comme bien équipée pour faire face à la sédimentation en raison de sa forme cylindrique (diminution de la superficie), de son oscule apical et de son jet d'expiration, qui empêchent les sédiments de se déposer (Bell 2004; | Remise en suspension des sédiments | Expérience en laboratoire | Sédimentation simulée | Australie |

| Groupe | Espèce | Effets documentés | Séquence des effets | Profondeur | Activité | Lieu de la recherche |
|---------|------------------------|---|------------------------------------|------------|-------------------------|----------------------|
| | | Schönberg 2016). Elle a été documentée comme étant l'une des espèces les plus dominantes dans les sites à forte sédimentation (Schönberg 2016). Pourtant, les recherches ont montré qu'une sédimentation accrue peut réduire la croissance (Abdo <i>et al.</i> 2006, Pineda 2015) et même entraîner la mortalité (Pineda 2015) ⁸ . | | | | |
| Éponges | <i>Polymastia</i> spp. | Cette espèce semble mieux adaptée aux zones à forte sédimentation (Schönberg 2016). Des observations sur le terrain rapportent que la surface des éponges est souvent recouverte d'une couche de sédiments, avec des papilles exhalantes maintenues au-dessus des sédiments pour empêcher l'étouffement. L'espèce est rare dans les sites d'eau limpide (Bell et Barnes 2000a, 2000 b). | Remise en suspension des sédiments | 0 à 30 m | Sédimentation naturelle | Australie |

| Groupe | Espèce | Effets documentés | Séquence des effets | Profondeur | Activité | Lieu de la recherche |
|---------|------------------------------|--|---|--|-------------------------|----------------------|
| Éponges | <i>Tethya aurantium</i> | Cette espèce a été observée rejetant les tissus nécrotiques résultant de la sédimentation (Schönberg 2016). | Remise en suspension des sédiments | S. O. | Sédimentation naturelle | S. O. |
| Éponges | <i>Cliona</i> spp. | Des études sur le terrain indiquent que cette espèce peut résister à des taux relativement élevés de sédimentation naturelle (Azzini <i>et al.</i> 2007) ⁹ . | Remise en suspension des sédiments | <10 m | Sédimentation naturelle | Nord du Vietnam |
| Éponges | <i>Phakellia ventilabrum</i> | L'exposition de <i>P. ventilabrum</i> à des concentrations croissantes de sédiments naturels et de déblais de forage a entraîné une activation de la protéine de choc thermique 70 (hsp70) et de l'oxyde nitrique synthase (NOS) enzymatique, ce qui donne à penser que l'espèce est touchée de la même manière par des concentrations élevées de particules naturelles et anthropiques. Toutefois, le taux d'incorporation des sédiments naturels | Remise en suspension des sédiments Exposition à des produits chimiques | Expérience en laboratoire : spécimens recueillis entre 70 et 200 m | Forage exploratoire | Norvège |

| Groupe | Espèce | Effets documentés | Séquence des effets | Profondeur | Activité | Lieu de la recherche |
|---------|------------------------------|---|------------------------------------|------------|-------------------------|----------------------|
| | | dans l'éponge était plus élevé que celui des sédiments associés aux déblais de forage, et des concentrations élevées de sédiments dans les éponges (moins de 200 mg/g d'éponge) ont été associées à une augmentation des taux de respiration (Schuster 2013) ⁶ . | | | | |
| Éponges | <i>Stylocordyla borealis</i> | Les jeunes de cette éponge se développent à l'intérieur et la progéniture se disperse très peu (Sarà <i>et al.</i> 2002). Il serait donc probablement difficile de recruter de nouvelles éponges à d'autres endroits après la mort de l'espèce sur les sites de forage. | Remise en suspension des sédiments | S. O. | S. O. | Antarctique |
| Éponges | <i>Mycale</i> sp. | L'augmentation de la turbidité et de la sédimentation causée par les tempêtes a entraîné une réduction des taux de pompage (Reiswig 1971). | Remise en suspension des sédiments | 17 à 49 m | Sédimentation naturelle | Jamaïque |

¹ Les effets observés chez *Paramuricea* spp. étaient liés aux concentrations de pétrole provenant du déversement de la plateforme DeepWater Horizon en 2010 dans le Golfe du Mexique. Il est très improbable que les concentrations et la nature temporelle du pétrole associé au forage exploratoire soient équivalentes à celles-ci.

² Les effets de la sédimentation sur *D. florida* et *P. resedaeformis* décrits dans Liefmann *et al.* (2018) concernaient les résidus miniers. La forme et la taille des sédiments générés par le forage exploratoire pourraient être différents et avoir ainsi divers degrés d'effet sur ces espèces. Cette étude a également été menée en laboratoire, ce qui pourrait influencer sur le degré de réaction des spécimens aux traitements.

³ Les effets décrits pour *P. arborea* ont été documentés au cours d'une campagne de forage utilisant uniquement des boues à base d'eau. Si d'autres boues de forage sont utilisées (boues à base d'huile ou boues synthétiques), les effets pourraient être différents (Purser 2015). De plus, si les coraux se trouvaient plus près du site de forage, la concentration des sédiments remis en suspension serait plus élevée que les 0 à 25 ppm décrits par Purser (2015), ce qui entraînerait probablement des effets plus graves.

⁴ Les effets résultant des dommages physiques décrits pour *Halipterus* sp. étaient propres à *H. willemoesi*. Dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, les espèces *Halipterus* peuvent atteindre une hauteur de 2,5 m et ne sont probablement pas conçues pour se fixer à nouveau.

⁵ Le contact physique avec *F. quadrangularis* et *G. rubiformis* a été étudié dans le contexte des activités de chalutage par le fond. Ainsi, les dommages causés à ces espèces pourraient être différents et seraient probablement plus localisés pour le forage exploratoire. De plus, les taux de rétablissement de *G. rubiformis* ne reflètent probablement pas ceux d'autres espèces de coraux, car elles occupent souvent des eaux peu profondes où elles sont régulièrement exposées à des agents de stress mécaniques, ce qui permet de penser que leur rétablissement rapide pourrait refléter leurs adaptations particulières à ces conditions environnementales.

⁶ Chez *P. ventilabrum*, l'augmentation enregistrée de la protéine de choc thermique 70 (hsp70) et de l'oxyde nitrique synthase (NOS) enzymatique en réaction à la sédimentation peut également être le résultat des conditions de laboratoire auxquelles l'espèce était exposée. Pendant l'expérience, la température de l'eau était de 2 °C supérieure à celle de l'habitat naturel des éponges.

⁷ Les effets précis de la sédimentation sur *D. dianthus* n'ont pas été décrits dans Försterra *et al.* (2005).

⁸ La mortalité observée chez les espèces *Haliclona* en cas de sédimentation accrue, selon les descriptions données dans Pineda (2015), concernait un milieu en aquarium; les résultats dans un milieu naturel pourraient être différents.

⁹ La tolérance des espèces *Cliona* à la sédimentation discutée dans Azzini *et al.* (2007) portait sur des sédiments naturels du nord du Vietnam. La capacité des espèces de réagir à l'augmentation des taux de sédimentation peut être différente dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, particulièrement en cas d'exposition à des déblais de forage.

5. PRÉVENTION ET ATTÉNUATION

En vertu de l'article 20 de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (2012)* (remplacée par la *Loi sur l'évaluation d'effet* le 28 août 2019), ainsi que du protocole d'entente conclu entre l'OCTNHE et le MPO, le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH) fournit des conseils d'expert sur les activités pétrolières et gazières à l'Agence d'évaluation d'effet du Canada (AEIC; anciennement l'Agence canadienne d'évaluation environnementale). À ce titre, le PPPH coordonne l'examen ministériel des énoncés des incidences environnementales présentés par les promoteurs et fournit des conseils sur la meilleure façon d'éviter ou d'atténuer les effets que les activités de forage exploratoire pourraient avoir sur les espèces de coraux et d'éponges.

Les mesures d'atténuation sont théoriquement définies et mises en œuvre conformément à la « hiérarchie d'atténuation », largement acceptée et consistant à : 1) éviter, 2) atténuer et 3) compenser (sachant que la compensation ne sera généralement pas compatible avec les objectifs de conservation des communautés benthiques) (MPO 2019a). Dans des avis scientifiques antérieurs, le MPO recommandait un seuil d'effet plus bas et des attentes plus élevées en matière d'atténuation dans les zones ayant des objectifs définis pour la conservation des invertébrés benthiques, car une plus grande vulnérabilité aux activités anthropiques y est souvent inférée ou y a été explicitement déterminée (MPO 2019d). L'évitement des effets sur ces zones est la mesure d'atténuation la plus efficace parce qu'il élimine le potentiel d'interactions entre l'activité et les composantes benthiques, réduisant ainsi au minimum la probabilité de dommages graves ou irréversibles (MPO 2019d). L'évitement peut comporter trois composantes : une composante spatiale (déplacer le site, forage dirigé), une composante temporelle (activité à un moment différent) et une activité (réinjection ou déplacement des déblais par rapport au rejet direct dans la colonne d'eau), mais en général, l'évitement spatial est considéré comme la meilleure option pour éviter les effets sur les espèces de coraux et d'éponges. Lorsque l'évitement n'est pas possible, d'autres mesures d'atténuation peuvent être efficaces pour limiter les effets et devraient être envisagées au cas par cas (MPO 2019d).

Dans un examen de l'évaluation régionale des forages exploratoires d'hydrocarbures extracôtiers à l'est de Terre-Neuve, la Direction des sciences du MPO a également recommandé de mettre en œuvre des mesures d'atténuation particulières dans toutes les zones jugées spéciales (écosystèmes marins vulnérables, zones benthiques importantes et zones d'importance écologique et biologique), mais qui ne sont pas encore protégées par d'autres mesures de gestion. On reconnaît que certaines de ces zones spéciales sont déjà protégées contre certaines activités anthropiques, en tout ou en partie (p. ex. refuges marins, fermetures d'écosystèmes marins vulnérables; voir la figure 22), mais il est recommandé de prendre en compte les mesures d'atténuation relatives aux activités de forage exploratoire à l'échelle des zones spéciales réelles, et non à l'échelle des parties protégées (MPO 2020).

En plus de ces recommandations visant à protéger les concentrations de coraux et d'éponges, le gouvernement du Canada a élaboré des [normes de protection](#) pour les ZPM et les refuges marins, afin de conserver les parties sensibles et importantes de l'océan. Pour toutes les zones de protection marines, quatre activités industrielles principales sont interdites : les activités pétrolières et gazières, l'exploitation minière, le déversement et le chalutage par le fond. Pour les refuges marins, les activités qui y sont proposées seront évaluées au cas par cas. Certaines peuvent être autorisées si elles sont conformes aux objectifs de conservation de la zone en question, mais avant qu'une activité proposée puisse avoir lieu, le ministre des Pêches, des Océans et de la Garde côtière canadienne devra être convaincu que les risques pour la zone ont été évités ou atténués efficacement. Une fois que l'extraction de pétrole et de gaz

commence à l'intérieur d'un refuge marin, la partie de la licence ou du permis qui chevauche le refuge ne sera plus prise en compte dans les [objectifs de conservation marine du Canada](#).

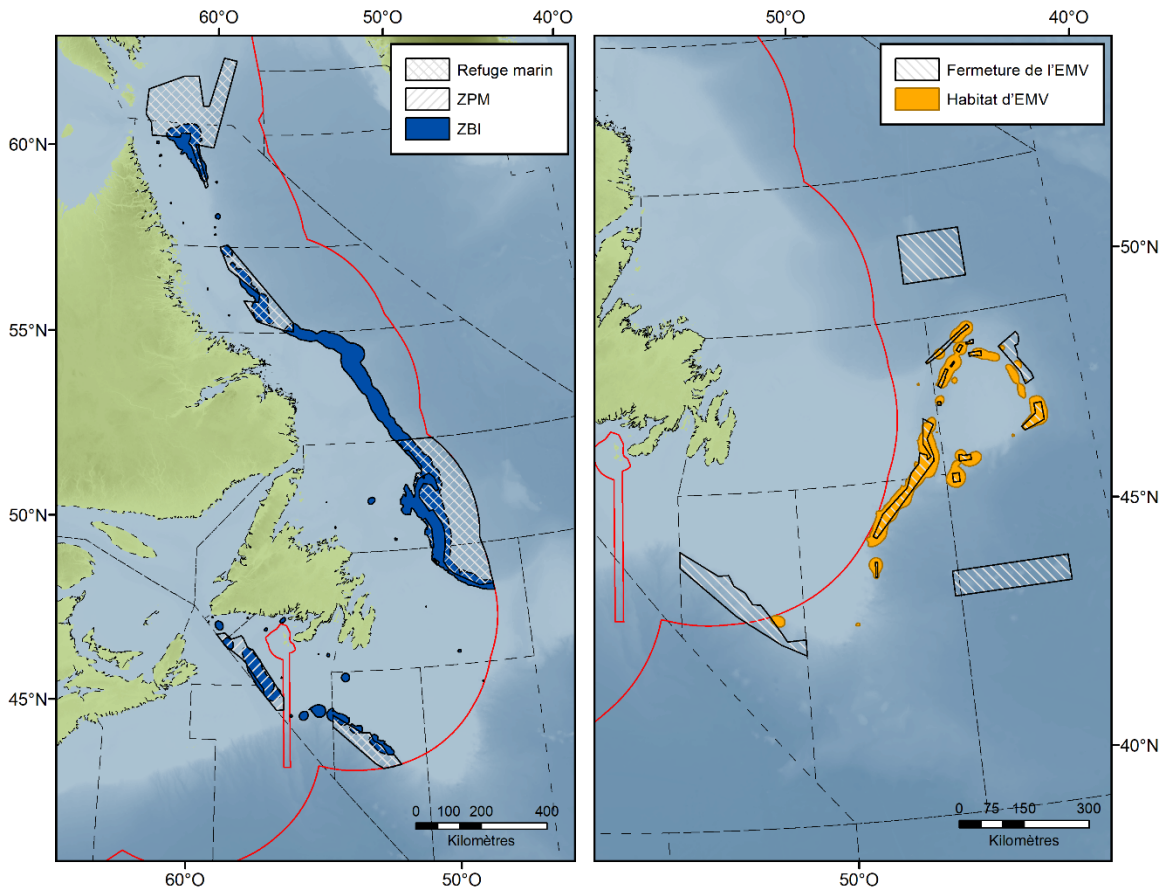


Figure 22 : Comparaison des limites des refuges marins et des ZPM avec les zones benthiques importantes (graphique de gauche) et des zones de fermeture des pêches dans les écosystèmes marins vulnérables avec les habitats d'écosystèmes marins vulnérables (graphique de droite). Les zones représentées ici correspondent à celles où les coraux ou les éponges ont été désignés en tant qu'objectifs de conservation ou caractéristiques clés. Toutes les zones benthiques importantes et tous les habitats d'écosystèmes marins vulnérables sont colorés de la même façon, quel que soit l'objectif de conservation qu'ils représentent.

À l'heure actuelle, si l'on trouve des concentrations de coraux ou d'éponges formant un habitat dans la zone d'étude, le principal conseil est de déplacer le site du puits. Si ce n'est pas possible, la prochaine étape recommandée est d'atténuer les effets des activités sur ces espèces (ACEE 2019a). Pour appliquer ces conseils, un cadre (figure 23) a été élaboré en vue d'aider à déterminer si des mesures d'évitement ou d'atténuation sont recommandées aux sites de forage proposés. Diverses pratiques exemplaires proposées pour les relevés préalables au forage, l'évitement, l'atténuation et la surveillance et le suivi ont été compilées et sont fournies à la section 7 à l'appui de ce cadre.

En général, l'évitement est recommandé pour tous les sites qui se trouvent à l'intérieur des zones benthiques importantes et des écosystèmes marins vulnérables, de même que dans toutes les zones où la zone d'influence de l'activité chevaucherait les limites de la zone benthique importante ou de l'écosystème marin vulnérable. Conformément aux avis précédents, cette recommandation s'applique aux limites réelles de la zone benthique importante ou de l'habitat de l'écosystème marin vulnérable déterminées selon des processus scientifiques, et

non à l'échelle des parties protégées (ZPM, refuge marin et fermetures d'écosystèmes marins vulnérables) (voir les figures 11 et 22). À l'extérieur des limites des zones benthiques importantes et des écosystèmes marins vulnérables, l'évitement ou l'atténuation dépend de la densité des coraux ou des éponges identifiés lors des relevés préalables au forage. Par exemple, si un relevé préalable au forage révèle des concentrations importantes de coraux ou d'éponges (au-dessus du seuil de densité importante, dont il est question à la section 5.1.3), le déplacement du site devrait toujours être l'objectif principal. Toutefois, si le site de forage proposé se trouve dans une zone qui abrite des coraux ou des éponges, mais que le relevé préalable au forage indique que les concentrations sont inférieures aux seuils de densité importante (section 5.1.3), diverses mesures d'atténuation (tableaux 6, 7 et 8) et des programmes de surveillance et de suivi renforcés (tableau 9) sont recommandés.

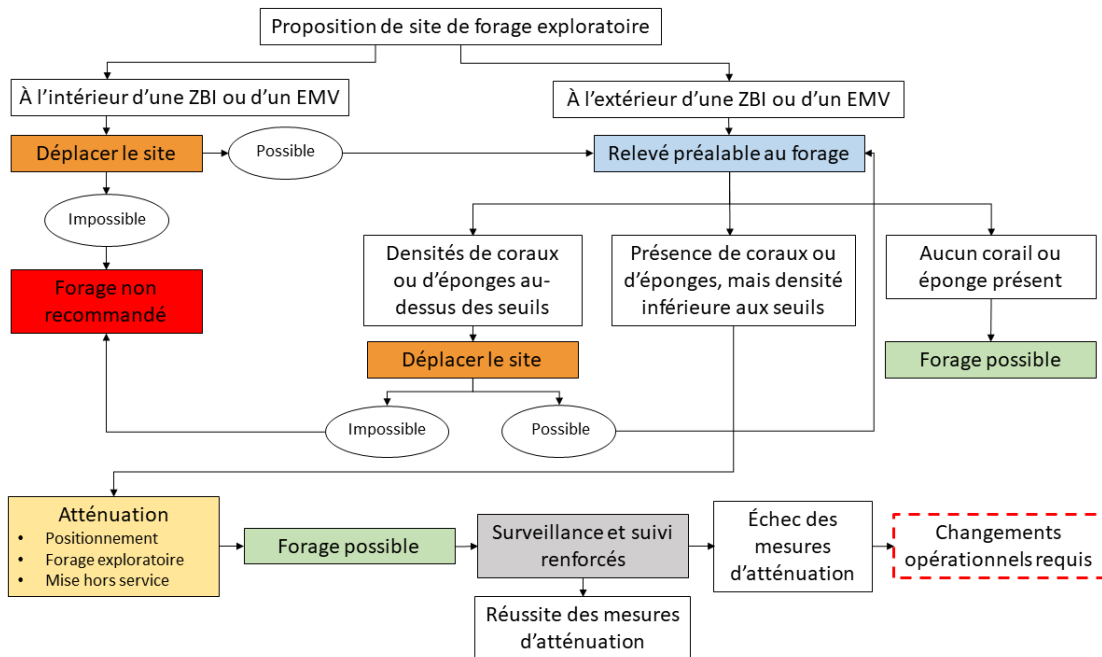


Figure 23 : Cadre décisionnel pour l'évitement des coraux et des éponges et les mesures d'atténuation connexes sur les sites de forage exploratoire proposés.

5.1. RELEVÉS PRÉALABLES AU FORAGE

Les relevés préalables au forage visent à caractériser la zone entourant le site de puits proposé afin de déterminer si des concentrations de coraux et d'éponges formant un habitat se trouvent à proximité. Les résultats de ces relevés servent à décider si des mesures d'évitement ou d'atténuation sont nécessaires tout au long du processus de forage. Comme condition préalable à leur autorisation, les activités de forage sont interdites à moins de 100 m d'une colonie de coraux, définie par l'OCTNHE comme des coraux formant un récif comme les *Lophelia pertusa* ou de colonies de cinq grands coraux ou plus (plus de 30 cm de hauteur ou de largeur), dans un rayon de 100 m² (OCTNHE 2018).

Les méthodologies actuelles pour les relevés préalables au forage dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador sont fondées sur certains aspects des lignes directrices de l'administration norvégienne du pétrole et du gaz (NOROG) décrites dans le document : *Monitoring of Drilling Activities in Areas with Presence of Cold Water Corals* (DNV 2013), qui portent principalement sur les attributs (p. ex. taille et concentration) propres aux systèmes de récifs de *Lophelia pertusa* et aux concentrations de gorgones. Bien que des observations de colonies vivantes de

L. pertusa aient été signalées en Nouvelle-Écosse, où elles ont été lourdement endommagées par la pêche (Gass et Willison 2005) et dans le sud-ouest du Groenland, où elles ne forment pas de complexes de récifs, aucune observation vivante n'a été enregistrée dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (V. Hayes, comm. pers.). De plus, les lignes directrices actuelles ne tiennent pas compte des nombreuses pennatules (p. ex. *Pennatula aculeata*), petites gorgones (p. ex. *Acanella arbuscula*) ou espèces d'éponges présentes dans la région et qui peuvent former des habitats à grande échelle dans des substrats meubles. À l'échelle mondiale, les relevés préalables au forage comprennent habituellement la collecte et l'interprétation de données acoustiques (BP 2019 b) ou de données visuelles (OMV New Zealand Ltd. 2018); toutefois, les exigences varient souvent selon les pays.

Pour reprendre les mesures existantes, les sections suivantes décrivent et recommandent des exigences relatives aux relevés préalables au forage, qui pourraient être utiles dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Ces recommandations sont résumées dans le tableau 6. Il convient de noter que la liste des recommandations fournies dans le tableau 6 représente les technologies et méthodologies connues disponibles au moment de la production du rapport. Toutefois, si des progrès futurs fournissent des outils supplémentaires pour répondre à ces exigences, ils ne devraient pas être exclus.

5.1.1. Données bathymétriques

Bien que les exigences relatives aux relevés préalables au forage varient dans le monde, bon nombre d'entre elles comportent la collecte de données bathymétriques servant à identifier les structures coralliennes potentielles (p. ex. les récifs) et les zones où les types de fond conviennent à de telles espèces (DNV 2013, ExxonMobil Canada Ltd. 2017). À l'heure actuelle, on a recours au sonar à balayage latéral monté sur un véhicule téléguidé et aux échosondeurs multifaisceaux, qui permettent une collecte efficace de données pour l'ensemble de la zone d'étude. En général, les échosondeurs multifaisceaux génèrent des images à plus faible résolution, mais avec une plus grande précision de position que le sonar à balayage latéral (Zhao *et al.* 2017), la résolution des données collectées dépendant de la distance entre les instruments et le fond marin (Flemming 1976, SeaBeam Instruments 2000). Selon les recommandations de DNV (2013), les données bathymétriques sont collectées à une résolution inférieure à 1 m. Selon les descriptions de projet existantes, on utilise habituellement des résolutions de 0,5 m dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (ExxonMobil Canada Ltd. 2017), mais des données à plus haute résolution ont également été recueillies. En raison de leur petite taille, de nombreuses espèces ou communautés de coraux et d'éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (p. ex. les champs d'*Acanella arbuscula*) ne seraient pas observées ou identifiables à des résolutions de 0,5 m (MPO 2018). En fait, étant donné que la définition des colonies de coraux de l'OCTNHE est fondée sur la présence de grands coraux (plus de 30 cm de hauteur ou de largeur), toute résolution supérieure à 0,3 m x 0,3 m risque d'omettre d'importantes communautés de coraux ou d'éponges justifiant une investigation visuelle. Pour tenir compte de ces écarts, quelques méthodes de rechange ont été cernées. Premièrement, les récents progrès techniques ont permis de superposer les images du fond marin générées à l'aide du sonar à balayage latéral et des échosondeurs multifaisceaux, combinant la qualité de résolution supérieure du sonar à balayage latéral à la précision de position des données des échosondeurs multifaisceaux (Zhao *et al.* 2017). Néanmoins, il faudrait malgré tout effectuer les relevés à une résolution de 0,3 m afin d'améliorer les normes existantes et d'identifier les structures de coraux et d'éponges de moins de 30 cm. La technologie du sonar à ouverture synthétique offre une solution de rechange au sonar à balayage latéral et peut produire des images cohérentes à haute résolution (p. ex. résolution de 4 cm) indépendamment de la portée ou de la fréquence (George et Vinodkumar 2016). De telles spécifications en feraient l'outil le plus approprié pour repérer les sites susceptibles de

contenir les espèces de coraux et d'éponges plus petites qui existent dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. À eux seuls, les relevés bathymétriques ne permettent pas d'identifier les espèces présentes dans la zone d'étude. Pour permettre l'identification taxonomique, il est recommandé que tous les sites de forage proposés fassent également l'objet de relevés visuels rigoureux.

5.1.2. Relevés visuels

Conformément aux lignes directrices de la NOROG, certains relevés visuels préalables au forage dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador ne sont effectués que sur les sites qui auront au préalable été localisés à l'aide d'un sonar à balayage latéral ou d'un échosondeur multifaisceaux comme étant susceptibles de contenir des espèces de coraux (ExxonMobil Canada Ltd. 2017) (figure 24A). Des relevés visuels plus approfondis ont également été réalisés indépendamment des relevés faits à l'aide d'un sonar à balayage latéral ou d'un échosondeur multifaisceaux, et ont permis de localiser des communautés de coraux et d'éponges non observées auparavant (BP 2019a). Selon les descriptions existantes, ces relevés visuels s'étendent du site du puits proposé jusqu'à une distance prédéfinie (les normes suggèrent 500 m; NS-EN 16260:2012) le long de huit transects disposés à des intervalles de 45° dans une configuration radiale (figure 24B) (BP 2019a). Sward et ses collaborateurs (2019) proposent un autre plan de relevé dans lequel les données vidéo sont recueillies en suivant une configuration en forme de trèfle, s'étendant du site de forage proposé jusqu'à une distance prédéfinie (figure 24C). L'avantage de cette configuration réside dans la couverture accrue, particulièrement près de la plateforme, où l'effet du rejet de déblais de forage et de boues peut être le plus important. Néanmoins, l'utilisation de longueurs de transect standard ne tient pas compte de l'effet que les courants pourraient avoir sur la distribution des sédiments et des déblais au-delà de 500 m. Les résultats des modèles de dispersion devraient être pris en considération pour définir l'empreinte du relevé préalable au forage afin d'intégrer l'effet des courants sur la distribution des déblais au-delà d'un rayon standard (p. ex. 500 m) autour du site du puits (normes norvégiennes 2012). On pourrait également adopter une approche hybride de relevé préalable au forage, dans laquelle le plan de relevé vidéo par transect est complété par une vérification sur place de tous les sites potentiels de coraux et d'éponges identifiés à l'aide des données du sonar à balayage latéral ou de l'échosondeur multifaisceaux qui ne sont pas situés le long des lignes du transect (figure 24D). Ce type de relevé serait très efficace pour garantir que le maximum de sites de coraux ou d'éponges potentiellement importants dans la zone d'influence sont identifiés avant le début des activités de forage.

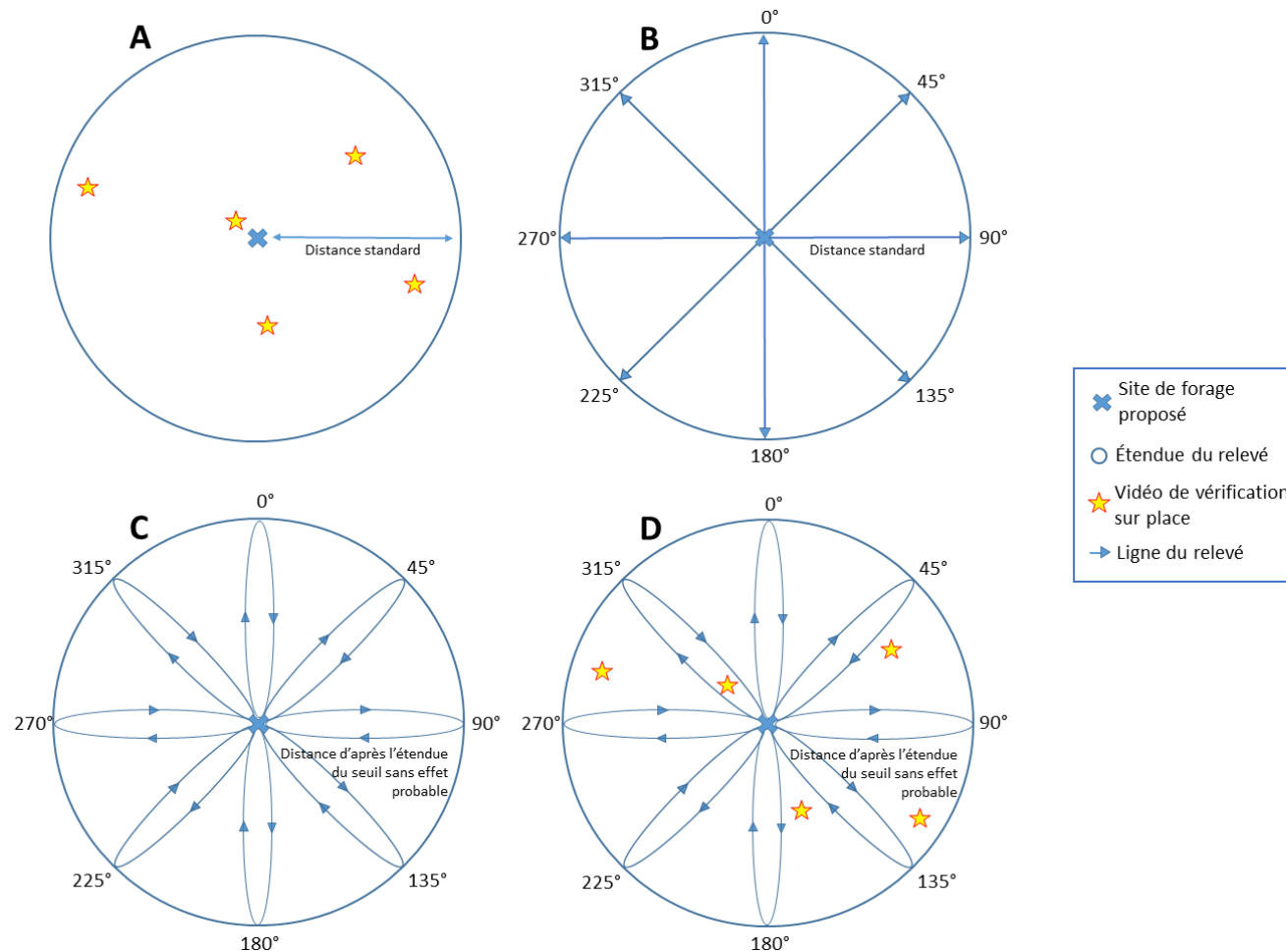


Figure 24 : Plans de relevés préalables au forage : (A) Relevé visuel suggéré par la NOROG des sites de coraux potentiels observés à l'aide du sonar à balayage latéral et des échosondeurs multifaisceaux; (B) Relevé à configuration radiale existant décrit dans les documents de relevés préalables au forage existants pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador; (C) Relevé à configuration en trèfle proposé dans Sward et al. (2019); et (D) Relevé hybride proposé combinant la configuration en trèfle et la vérification sur place des sites potentiels de coraux et d'éponges identifiés à partir des données acoustiques.

On utilise des modèles de dispersion pour évaluer l'effet des sédiments en suspension produits pendant la phase de forage exploratoire sur la zone entourant le site du puits. Ils fournissent des estimations de la distance à laquelle les sédiments se disperseront, ainsi que de la façon dont l'épaisseur des sédiments changera dans la zone de dispersion. Afin d'élaborer des modèles de dispersion fiables, il faudrait utiliser des données de référence suffisantes, ainsi que des méthodes appropriées pour prédire les effets. Voici des exemples de caractéristiques essentielles de ces modèles :

1. Les modèles de dispersion doivent être élaborés à l'aide des meilleures estimations disponibles du courant. Compte tenu de la complexité de la région, il faut utiliser une résolution spatiale (de l'ordre du kilomètre) et temporelle (p. ex. horaire) élevée des courants tridimensionnels. Ces produits sont largement disponibles dans la communauté scientifique. L'analyse du Système régional de prévision océan-glace (SRPOG), une version régionale à plus haute résolution de l'analyse du Système global de prévision océan-glace (SGPOG) (p. ex. Smith et al. 2016), est un exemple d'un tel produit (qui offre également des prévisions à court terme). Il existe d'autres solutions de rechange, comme les produits de réanalyse à l'échelle mondiale qui offrent des séries chronologiques plus longues, par exemple Global Ocean Reanalysis Simulation (GLORYS) (Parent et al. 2013) ou le modèle de circulation océanique à coordonnée hybride (HYCOM) (Chassignet et al. 2009).
2. Pour évaluer les variations saisonnières et interannuelles des courants océaniques et de leur dispersion, il convient d'effectuer des prévisions stochastiques en exécutant des ensembles de modélisation couvrant un large éventail de conditions océaniques (p. ex. Bourgault et al. 2014).
3. Les classes de sédiments incluses dans le modèle doivent être représentatives de la région d'intérêt.
4. Le domaine du modèle doit être suffisamment grand pour permettre de suivre le dépôt de la plus grande fraction possible des matières en suspension. Si une fraction des sédiments ne se dépose pas dans le domaine numérique, il faut émettre des hypothèses réalistes sur son devenir et, dans la mesure du possible, mettre ces hypothèses à l'essai et les valider.
5. Étant donné que la dispersion des sédiments est sensible à la diffusivité turbulente horizontale (p. ex. Bourgault et al. 2014, Matsuzaki et Fujita 2017), les modèles d'advection-diffusion doivent utiliser des systèmes de fermeture de pointe pour la turbulence. Une analyse de sensibilité doit également être effectuée sur ces paramètres.
6. Étant donné qu'un panache ou un nuage près du fond peut être essentiel pour les organismes benthiques, il faudrait inclure les processus de la couche limite benthique (p. ex. des mécanismes de redépôt ou de remise en suspension de la turbulence; p. ex. Salim et al. 2018, Trowbridge et Lentz 2018) dans le modèle (p. ex. Niu et al. 2009, Oebius et al. 2001, Gillard et al. 2019). Il faut notamment prendre en compte la topographie et la rugosité de la zone (p. ex. les fonds non plats). Une analyse de sensibilité de ces paramètres est également nécessaire.
7. Une analyse de sensibilité doit être exécutée sur tous les autres paramètres pertinents du modèle (p. ex. la résolution actuelle, les classes de sédiments en cas d'incertitude, etc.).
8. Dans la mesure du possible, il faut évaluer le rendement du modèle de dispersion à l'aide d'études antérieures menées autour des sites de forage exploratoire.

En se fondant sur la modélisation de la dispersion, les promoteurs peuvent déterminer la limite où l'épaisseur des sédiments atteindra le seuil sans effet probable de 6,5 mm, qui est défini comme le seuil au-delà duquel les espèces présentent des effets néfastes en raison de

l'enfouissement (Kjeilen-Eilertsen *et al.* 2004, Smit *et al.* 2006, 2008). Toutefois, ce seuil peut ne pas convenir aux coraux et aux éponges, car il est fondé sur l'évaluation de la sensibilité de 32 espèces de bivalves et de crustacés. Des études plus récentes indiquent que certains coraux sont sensibles à l'enfouissement au seuil sans effet probable de 6,5 mm ou moins (Larsson et Purser 2011). Étant donné que les informations sur les seuils appropriés pour les espèces de coraux et d'éponges sont limitées à l'heure actuelle, un seuil plus conservateur de 1,5 mm est souvent suggéré pour la préparation des relevés préalables au forage afin de tenir compte de telles divergences pour les espèces plus sensibles (Kjeilen-Eilertsen *et al.* 2004). Il est recommandé de mener des recherches pour définir un seuil sans effet probable fondé précisément sur la sensibilité des espèces de coraux et d'éponges et de l'utiliser dans les modèles de dispersion.

À l'heure actuelle, les données visuelles sont recueillies à l'aide d'un véhicule téléguidé muni d'une caméra qui vole à une altitude (distance du fond marin) constante afin de maximiser le champ de vision et la résolution (BP 2019a). La vitesse des véhicules est un facteur limitatif clé lors des relevés visuels, car des vitesses rapides peuvent mener à des données de faible qualité. La collecte de séquences vidéo de grande qualité dans la zone d'étude peut ainsi prendre énormément de temps (Yoklavich *et al.* 2015). Des recherches récentes ont montré que les véhicules sous-marins autonomes équipés de caméras peuvent constituer une solution de rechange appropriée aux véhicules téléguidés si ces derniers ne sont pas disponibles, permettant de réaliser les relevés visuels plus rapidement, car ils sont autonomes et peuvent habituellement rester sous l'eau plus longtemps (Robinson *et al.* 2017). Cependant, en raison des limites de l'altitude du véhicule dans les zones à relief bas (véhicule sous-marin autonome à moins de 5 m par rapport à un véhicule téléguidé entre 1 et 2 m), les images fournies par les véhicules sous-marins autonomes en eaux profondes pourraient ne pas avoir une résolution suffisante pour permettre l'identification ou la mesure des taxons (Wynn *et al.* 2014). De faibles altitudes de vol (généralement de 2 à 3 m) sont nécessaires pour acquérir des images optiques du benthos avec un véhicule sous-marin autonome (Hitchin *et al.* 2015). Bien que la plupart des véhicules sous-marins autonomes soient conçus pour recueillir l'information de plus haut au-dessus du fond marin, les véhicules sous-marins autonomes SeaBED, mis au point par l'institut océanographique Woods Hole (Woods Hole Oceanographic Institute, WHOI), sont conçus pour voler à seulement 2,5 mètres au-dessus du fond marin tout en collectant des images optiques de celui-ci (WHOI 2019). Ces technologies pourraient offrir une solution de rechange aux véhicules téléguidés pour les relevés préalables au forage dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, à condition que les objectifs du relevé (p. ex. l'identification des taxons, la mesure des spécimens, l'estimation de la densité) puissent être atteints. Indépendamment de l'outil utilisé, il est recommandé que toutes les données vidéo soient recueillies à une vitesse maximale de 0,5 nœud, le long d'une ligne droite, tout en maintenant une hauteur constante de 1 à 2 m par rapport au plancher océanique (ou aussi près que possible pour un véhicule sous-marin autonome). La plateforme de relevé (p. ex. véhicule sous-marin autonome ou véhicule) doit être équipée d'une paire de lasers pour permettre l'estimation de la taille et doit également disposer d'au moins une caméra vidéo haute définition (HD) dotée d'un éclairage adéquat, ainsi que d'un appareil photographique numérique et d'une lampe stroboscopique. L'analyse des données vidéo doit tenir compte de la quantification de l'abondance et de la densité des taxons de coraux et d'éponges; par conséquent, la planification de la collecte d'images doit intégrer la nécessité de calculer le champ de vision de l'image, ce qui pourrait nécessiter de connaître des paramètres comme l'altitude du véhicule, sa vitesse et l'angle de la caméra tout au long du relevé. La plateforme devrait également être capable de collecter des échantillons de référence d'espèces qui sont communes, dominantes ou formant une structure permettant une identification positive.

En plus du site de forage proposé, des relevés visuels doivent également être effectués pour l’empreinte prévue du système de positionnement, en tenant compte de toute incertitude relative au positionnement. De récentes déclarations de décision pour des projets d’exploration ont indiqué que, lorsqu’il est prévu de recourir à des systèmes d’ancrage et d’amarrage pour le positionnement, les relevés préalables au forage doivent être réalisés sur au moins 50 m à partir de l’emplacement de chaque ancre (ACEE 2019a, 2019b). Cependant, il est également indiqué que les relevés visuels devraient être effectués sur au moins 50 m, plus la distance d’incertitude de positionnement, à partir de l’emplacement de chaque ancre, ainsi que dans la zone où la ligne d’amarre sera en contact avec le plancher océanique (p. ex. 50 m +/- 15 m = 65 m). Pour les projets où un système de positionnement dynamique sera utilisé, les relevés visuels devraient également être effectués sur 50 m, plus la distance d’incertitude de positionnement, de l’endroit où les transpondeurs seront déployés. Ainsi, les relevés portent sur les zones les plus menacées par la sédimentation et le contact physique avec l’équipement de positionnement et ce dernier peut être déplacé en cas de présence de coraux et d’éponges.

Les lignes directrices actuelles indiquent qu’une fois le relevé visuel terminé, les données sont examinées pour déterminer si la présence de concentrations de coraux ou d’éponges, ou de toute autre caractéristique sensible, justifie la mise en œuvre de mesures d’évitement ou d’atténuation. En raison de la nature irrégulière de certaines espèces de coraux et d’éponges, il est recommandé d’examiner l’ensemble des données de relevés visuels recueillies lors du relevé préalable au forage, plutôt que seulement des portions des images, afin de réduire la probabilité de rater des espèces de coraux et d’éponges près du site de forage proposé.

5.1.3. Seuils de densité importante

Les seuils existants qui définissent si des mesures d’évitement ou d’atténuation sont nécessaires pour les activités de forage exploratoire proposées (plus de 5 coraux de plus de 30 cm de hauteur ou de largeur sur 100 m²) reposent principalement sur la présence de grandes espèces de coraux, ignorant les éponges et excluant les espèces de coraux communes de moins de 30 cm (OCTNHE 2018). Bien que ce seuil soit largement utilisé dans l’Atlantique Nord, il ne tient pas compte des nombreuses espèces de coraux et d’éponges, petites ou rares, présentes dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador et qui méritent d’être protégées, dont bon nombre sont documentées comme des espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables (Fuller *et al.* 2008). Il est également problématique pour les pennatules, un groupe de coraux que l’on trouve couramment dans les sédiments meubles de la région, dont une partie du corps (le pédoncule) est enfouie dans les sédiments et cachée à la vue. Chez certaines espèces, le pédoncule enterré peut représenter plus de 45 % de la longueur totale (Baillon *et al.* 2015, Murillo *et al.* 2018). Pour s’assurer d’utiliser des seuils d’atténuation appropriés à la région, il est suggéré de prendre en considération les caractéristiques du cycle biologique (p. ex. la morphométrie, la longévité, le taux de croissance), la rareté et le statut d’écosystème marin vulnérable de l’espèce; les coraux plus abondants et dont la durée de vie est plus courte (p. ex. les coraux mous) justifient des seuils d’atténuation différents de ceux des espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables plus rares et à plus longue durée de vie (p. ex. les coraux noirs, les grandes gorgones).

Des travaux ont été effectués dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador pour localiser diverses zones spéciales en fonction des concentrations importantes d’espèces de coraux et d’éponges (voir la section 2.6). Il est recommandé d’interdire le forage exploratoire dans ces zones spéciales (en particulier dans les zones benthiques importantes et les écosystèmes marins vulnérables), ainsi que dans les zones directement adjacentes (p. ex. dans un rayon de 2 km) (Cordes *et al.* 2016) et dans celles où les densités de coraux et d’éponges reflètent celles trouvées dans les zones benthiques importantes et les écosystèmes marins vulnérables. Des

zones de coraux et d'éponges ont également été désignées dans les ZIEB, et il est donc également recommandé d'adopter une approche préventive et d'éviter les ZIEB en fonction de leur importance écologique et biologique. Étant donné que les ZIEB abritant des coraux et des éponges chevauchent habituellement des zones benthiques importantes ou des écosystèmes marins vulnérables (figure 25), les coraux et éponges des ZIEB seront probablement protégés si les mesures d'évitement ou d'atténuation recommandées pour les zones benthiques importantes et les écosystèmes marins vulnérables sont appliquées.

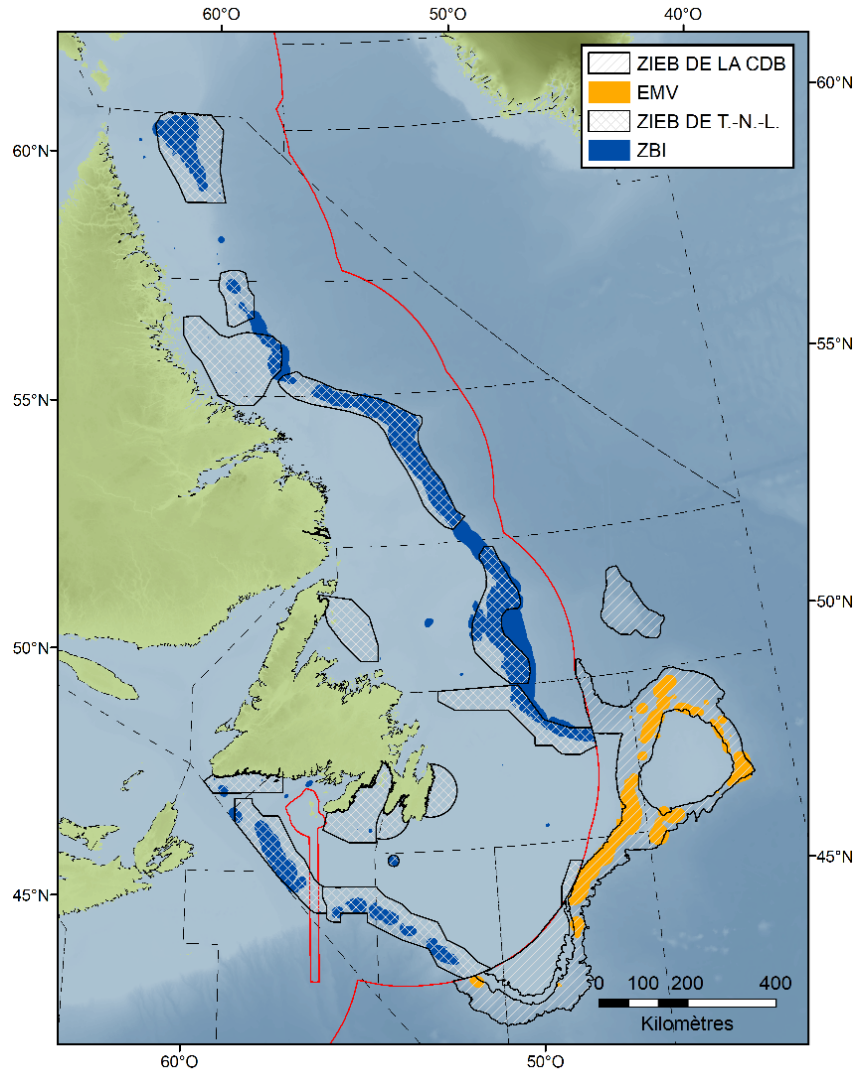


Figure 25 : Chevauchement des ZIEB contenant des coraux/éponges en tant que caractéristiques clés ou autres avec des zones benthiques importantes (à l'intérieur de la ZEE) et des écosystèmes marins vulnérables (à l'extérieur de la ZEE). Il convient de noter que sur cette carte, des couleurs différentes permettent de distinguer les zones benthiques importantes des écosystèmes marins vulnérables, mais aucune distinction n'a été faite pour identifier les espèces de coraux/éponges qu'ils doivent protéger.

Des zones de concentrations importantes de coraux et d'éponges dans la zone réglementée de l'OPANO et dans les eaux canadiennes ont déjà été identifiées à l'aide d'estimations de la densité de noyau appliquées aux données sur la biomasse tirées des relevés au chalut effectués par les navires de recherche (Kenchington *et al.* 2016a, 2016 b, 2019). Bien que l'on ait utilisé les seuils de biomasse (kg/km²) définis à partir des estimations de la densité de noyau

pour délimiter les zones benthiques importantes et les écosystèmes marins vulnérables (tableau 4, figures 11 à 13), les seuils de densité importante ($N\ 100\ m^{-2}$) fondés sur l'abondance n'ont pas encore été publiés pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Il est impossible d'estimer la biomasse des espèces de coraux et d'éponges dans une zone à l'aide d'images (p. ex. des relevés du fond marin). C'est pourquoi des seuils de densité importante ont été élaborés pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador et sont décrits ci-après.

Comme on ignore l'efficacité ou la sélectivité des chaluts pour recueillir les invertébrés benthiques, il est difficile de fournir des estimations exactes de la densité des coraux et des éponges à partir des prises des relevés au chalut. De plus, certaines parcelles qui constituent une concentration importante peuvent être plus petites que la zone échantillonnée par l'engin (p. ex. *Acanella arbuscula*, tableau 1) et on peut rencontrer certains groupes de coraux (p. ex. les grandes gorgones et les coraux noirs) fixés sur des cailloux ou des rochers isolés qui se trouvent principalement sur les fonds de sable boueux, où il est difficile d'estimer les densités sur place à partir des prises au chalut. Les seuils de biomasse publiés (OPANO 2019c) ont été utilisés pour calculer les seuils de densité importante qui peuvent servir à déterminer les densités importantes de coraux et d'éponges à l'intérieur et à l'extérieur de la ZEE. Jusqu'à ce que des données directes provenant des images sous-marines soient recueillies, analysées et validées, il faut utiliser les seuils de densité proposés devraient être utilisés pour déterminer les endroits où des mesures d'évitement sont nécessaires, tout en reconnaissant leurs limites. La biomasse individuelle moyenne (poids humide) de chaque groupe de coraux et d'éponges utilisée dans cette analyse a été tirée des prises du relevé au chalut de fond effectué en 2007 par l'Espagne et l'Union européenne à l'intérieur de la zone réglementée de l'OPANO (Murillo *et al.* 2016 b) et est indiquée dans le tableau 5. Les données du relevé au chalut de fond de 2007 réalisé par l'Espagne et l'Union européenne ont été utilisées pour deux raisons principales. Premièrement, des photographies cohérentes des prises étaient disponibles pour vérifier l'identification des espèces en mer, ainsi que l'état des échantillons (p. ex. complets ou fragmentaires). Deuxièmement, dans ces relevés, les éponges ont été identifiées à de faibles niveaux taxonomiques (p. ex. au niveau de l'espèce), ce qui a permis leur catégorisation par classes de taille (p. ex. petites et grandes éponges). Comme il a été mentionné précédemment, les éponges ne sont pas actuellement identifiées à de faibles niveaux taxonomiques en mer pendant les relevés effectués par les navires de recherche du MPO dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

Bien que l'efficacité des engins pour l'échantillonnage des coraux et des éponges dans la zone réglementée de l'OPANO et les eaux canadiennes soit actuellement inconnue, des études préliminaires ont estimé qu'elle varie entre 0,3 et 1,9 % pour les éponges échantillonnées avec des chaluts Campelen et Lofoten, et qu'elle est d'environ 5,2 % pour les pennatules échantillonnées avec un chalut Campelen (Kenchington *et al.* 2011). De ce fait, aux fins du présent rapport, les seuils ont été calculés pour les écosystèmes marins vulnérables et les zones benthiques importantes dans la zone réglementée de l'OPANO et les eaux canadiennes, respectivement, pour deux efficacités des engins : 1 % et 5 %.

Nous avons calculé les seuils de densité (tableau 4) à l'aide des renseignements disponibles sur la biomasse seuil (OPANO 2019c), la biomasse individuelle moyenne par groupe de coraux et d'éponges, la superficie balayée par l'engin et l'efficacité potentielle. Par exemple, pour ces relevés, la biomasse moyenne des grandes éponges était de 2,5 kg/individu (tableau 5); d'après le seuil de 100 kg de biomasse des écosystèmes marins vulnérables des éponges, cela correspond à une abondance de 40 éponges (tableau 4). Si l'efficacité des engins était de 100 %, cela signifierait une densité seuil de 0,1 éponge/100 m², tandis qu'une efficacité des engins de 1 % signifierait un seuil de densité de 10 éponges/100 m² (tableau 4).

En supposant une efficacité des engins de 1 % pour les éponges, le nombre de grandes éponges prévu dans 100 m² d'une zone benthique importante (à l'intérieur de la ZEE canadienne) et d'un écosystème marin vulnérable (à l'intérieur de la zone réglementée de l'OPANO) se situerait entre 10 et 6, respectivement (tableau 4). Alors que pour les pennatules, en supposant une efficacité des engins de pêche de 5 %, le nombre d'individus par 100 m² se situerait entre 10 et 4 pour le Canada (zones benthiques importantes) et la zone réglementée de l'OPANO (écosystèmes marins vulnérables), respectivement (tableau 4). Bien qu'aucune estimation de l'efficacité des engins ne soit disponible pour les petites gorgones, l'espèce prédominante dans la région (*Acanella arbuscula*) vit sur des fonds meubles et on la trouve dans des zones semblables à celles occupées par les pennatules. Par conséquent, nous avons tenu compte d'une efficacité des engins de 5 % pour ces taxons, ce qui donne de 1 à 2 petites gorgones par 100 m² (tableau 4). De même, pour les coraux noirs et les grandes gorgones, bien qu'aucune estimation de l'efficacité des engins ne soit disponible, le nombre d'individus sur 100 m² serait de 1 pour la plus faible efficacité des engins (1 %) dans les deux zones, et de moins de 1 pour les efficacités plus élevées des engins (tableau 4).

Bien que nous présentions des seuils de densité fondés sur l'efficacité de divers engins (tableau 4), en appliquant une approche de précaution et en sélectionnant la valeur de densité la plus basse entre les deux régions (Canada et zone réglementée de l'OPANO), les seuils de densité des coraux et des éponges par 100 m² sont de 6 organismes pour les grandes éponges (plus de 5 cm), de 4 pour les pennatules et de 1 pour les petites et grandes gorgones et les coraux noirs (tableau 4).

En raison de l'absence de seuils de biomasse publiés pour des concentrations importantes d'autres espèces de coraux « communes » ne représentant pas des écosystèmes marins vulnérables (p. ex. les coraux mous, les scléactiniaires), aucun seuil de densité n'est fourni pour ces groupes, mais cela pourrait changer à la lumière des nouvelles données scientifiques. De même, aucun seuil n'a été fourni pour d'autres espèces « rares » ne constituant pas des écosystèmes marins vulnérables, comme les hydrocoraux, mais le Secteur des sciences du MPO s'intéresse aux observations, aux spécimens et aux données liées à ces espèces rares.

Tableau 4 : Seuils des coraux et des éponges utilisés pour définir les seuils de la biomasse des écosystèmes marins vulnérables et des zones benthiques importantes dans la zone réglementée de l'OPANO et dans les eaux canadiennes, respectivement. La zone balayée par les chaluts Lofoten et Campelen, ainsi que les seuils de densité estimés (N.100 m-2) d'après l'efficacité des différents engins, sont également indiqués. Les seuils de densité importante recommandés dans cette étude sont en caractères gras.

| | | | | Seuils de densité (N. 100 m ⁻²) fondés sur l'efficacité de divers engins | | | |
|--------------------------------|---|-----------------------------|---|--|------|----------|----------|
| Zone réglementée de l'OPANO | Seuil de biomasse des écosystèmes marins vulnérables (kg) | Seuil d'abondance (N) | Zone balayée – Lofoten ¹ (m ²) | 100 % | 10 % | 5 % | 1 % |
| Pennatules | 1,3 | 81 | 39 000 | <1 | 2 | 4 | 21 |
| Grandes gorgones | 0,6 | 2 | 39 000 | <1 | <1 | <1 | 1 |
| Petites gorgones | 0,2 | 20 | 39 000 | <1 | <1 | 1 | 5 |
| Coraux noirs | 0,4 | 4 | 39 000 | <1 | <1 | <1 | 1 |

| | | | | Seuils de densité (N. 100 m ⁻²) fondés sur l'efficacité de divers engins | | | |
|--------------------------------|---|-----------------------------|---|--|------|-----|----------|
| Zone réglementée de l'OPANO | Seuil de biomasse des écosystèmes marins vulnérables (kg) | Seuil d'abondance (N) | Zone balayée – Lofoten ¹ (m ²) | 100 % | 10 % | 5 % | 1 % |
| Grandes éponges (>5 cm) | 100 | 40 | 39 000 | <1 | 1 | 2 | 10 |
| Canada | Seuil de biomasse des zones benthiques importantes (kg) | Seuil d'abondance (N) | Superficie balayée Campelen ² (m ²) | 100 % | 10 % | 5 % | 1 % |
| Pennatules | 2 | 125 | 24 935 | 1 | 5 | 10 | 50 |
| Grandes gorgones | 1 | 3 | 24 935 | <1 | <1 | <1 | 1 |
| Petites gorgones | 0,2 | 20 | 24 935 | <1 | 1 | 2 | 8 |
| Grandes éponges (>5 cm) | 40 | 16 | 24 935 | <1 | <1 | 1 | 6 |

¹Murillo et al. (2016); ²Stansbury et al. (1998)

Tableau 5 : Biomasse individuelle moyenne (+ET) (poids humide) par groupe de coraux et d'éponges capturés pendant le relevé au chalut de fond réalisé par l'Espagne et l'Union européenne en 2007. N₁ : nombre de traits de chalut inclus dans l'analyse; N₂ : nombre d'organismes (seuls les enregistrements d'organismes complets ont été pris en compte). Les espèces utilisées dans les calculs sont également indiquées.

| | N ₁ | N ₂ | Moyenne+ET (kg)* | Espèces |
|--------------------------|----------------|----------------|---------------------|--|
| Pennatules | 117 | 3 875 | 0,016±0,034 | <i>Anthoptilum grandiflorum</i> (54 %), <i>Pennatula aculeata</i> (22 %), <i>Funiculina quadrangularis</i> (12 %), <i>Halipteris finmarchica</i> (5 %), <i>Halipteris</i> cf. <i>christii</i> (3 %), <i>Umbellula lindahli</i> (3 %), <i>Kophobelemnion stelliferum</i> (1 %), <i>Pennatula grandis</i> (1 %), <i>Distichoptilum gracile</i> (<1 %), <i>Protoptilum carpenteri</i> (<1 %), <i>Virgularia</i> cf. <i>Mirabilis</i> (<1 %) |
| Grandes gorgones | 21 | 30 | 0,4±0,8 | <i>Acanthogorgia Armata</i> , <i>Paragorgia</i> spp., <i>Paramuricea</i> spp. |
| Petites gorgones | 15 | 46 | 0,01±0,01 | <i>Acanella arbuscula</i> |
| Coraux noirs | 10 | 25 | 0,10±0,08 | <i>Stauropathes arctica</i> |
| Grandes éponges (> 5 cm) | 26 | 514 | 2,5±1,5 | <i>Geodia</i> spp., <i>Stelletta Normani</i> , <i>Stryphnus Fortis</i> |

Ces seuils provisoires de densité importante ont été calculés en l'absence de seuils publiés qui pourraient servir à localiser des concentrations importantes de coraux et d'éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador à partir des données d'imagerie (c.-à-d. les relevés visuels du fond marin préalables au forage). Bien que les seuils précédents utilisés par l'industrie pétrolière et gazière semblent avoir été partiellement adoptés à partir des lignes directrices énoncées dans DNV 2013 en fonction des récifs de *Lophelia pertusa*, des gorgones et des jardins de coraux, il n'existe aucune information publique sur la manière dont ces valeurs ont été calculées (p. ex. au moins 5 grands coraux par 100 m²). En ce sens, les seuils de densité présentés ici ont l'avantage d'être fondés sur des données régionales (y compris des taxons locaux communs), et sur des seuils de biomasse des écosystèmes marins vulnérables et des zones benthiques importantes déjà utilisés par l'OPANO et le Canada, respectivement. Néanmoins, nous formulons les mises en garde suivantes : 1) les efficacités des engins appliquées ici ne tiennent pas compte de la variabilité inhérente associée à la répartition irrégulière des coraux et des éponges et des autres problèmes mentionnés précédemment, en plus des facteurs externes qui pourraient également influencer à la fois l'efficacité et la sélectivité des engins; 2) les estimations de l'abondance obtenues à partir des chaluts dans cette région n'ont pas encore été comparées aux estimations obtenues à partir des données d'imagerie, et ces dernières devraient différer (p. ex. Chimienti *et al.* 2018) et nécessiter un étalonnage; 3) la relation entre la biomasse et l'abondance est moins claire pour les grandes gorgones, car les échantillons sont souvent fragmentés lorsqu'ils sont remontés à bord (bien que seuls les échantillons considérés comme complets aient été inclus dans le relevé au chalut effectué en 2007 par l'Espagne et l'Union européenne); 4) l'inclusion des données des relevés menés par les navires de recherche canadiens et des données recueillies dans le cadre des relevés au chalut de fond effectués par l'Union européenne et l'Espagne durant des années d'échantillonnage supplémentaires pourrait générer des seuils de densité différents de ceux fournis ici. Selon la proportion d'espèces différentes dans une prise, la biomasse totale peut

varier, car les différents taxons d'un même groupe peuvent avoir des tailles et des poids différents. Par conséquent, ces seuils devraient être considérés comme préliminaires et revus au fur et à mesure que des données détaillées d'imagerie *in situ* provenant des zones spéciales (écosystèmes marins vulnérables et zones benthiques importantes) sont recueillies.

Tableau 6 : Avantages et inconvénients des technologies, des méthodes et des seuils proposés pour les relevés préalables au forage aux sites de forage proposés.

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-------------|---|--|--|-------------------------------|
| Technologie | Sonar à balayage latéral (<1 m de résolution) (DNV 2013) | <ul style="list-style-type: none"> - Capacité de saisir efficacement de grandes quantités de données provenant d'une zone vaste. - Capable d'acquérir des images du fond marin à plus haute résolution que les échosondeurs multifaisceaux. - Méthode peu invasive. | <ul style="list-style-type: none"> - La résolution suggérée de 0,5 m (Husky Energy 2018) ne permet pas de détecter de nombreuses espèces de coraux et d'éponges présentes dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. - Ne fournirait pas d'information sur la hauteur des « anomalies » (p. ex. coraux) qui sont détectées. - Ne peut pas être utilisé pour l'identification des espèces de coraux et d'éponges observées. - Faible précision de la position des données si l'appareil est monté sur des systèmes de caméras remorquées. | Utilisé actuellement |
| Technologie | Échosondeur multifaisceaux (<1 m de résolution) (DNV 2013) | <ul style="list-style-type: none"> - Capacité de saisir efficacement de grandes quantités de données provenant d'une zone vaste. - Haute précision de la position des données. - Méthode peu invasive. | <ul style="list-style-type: none"> - La résolution suggérée de 0,5 m (Husky Energy 2018) ne permet pas de détecter de nombreuses espèces de coraux et d'éponges présentes dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. - Produit généralement des images à plus faible résolution que le sonar à balayage latéral. - Ne peut pas être utilisé pour l'identification des espèces de coraux et d'éponges observées. | Utilisé actuellement |
| Technologie | Superposition des données du sonar à balayage latéral à celles de l'échosondeur | <ul style="list-style-type: none"> - Combine la précision de la position des échosondeurs multifaisceaux à | <ul style="list-style-type: none"> - Ne peut pas fournir l'identification au niveau de l'espèce. - Selon la résolution, la technologie pourrait ne pas être capable de détecter de nombreuses espèces de | Solution de rechange possible |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-------------|---|---|---|-------------------------------|
| | multifaisceaux (Zhao <i>et al.</i> 2017) | <p>l'imagerie à haute résolution du sonar à balayage latéral.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Méthode peu invasive. | <p>coraux et d'éponges présentes dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyses complexes requises pour combiner ces ensembles de données. | |
| Technologie | Sonar à ouverture synthétique (George et Vinodkumar 2016) | <ul style="list-style-type: none"> - Résolution plus élevée que le sonar à balayage latéral typique qui serait capable d'identifier les zones abritant des assemblages de coraux et d'éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. - La résolution est indépendante de la portée et de la fréquence. - Méthode peu invasive. | <ul style="list-style-type: none"> - Pour maximiser la résolution, il faut réduire la vitesse de la plateforme, ce qui signifie que la collecte des données serait plus lente comparativement au sonar à balayage latéral et aux échosondeurs multifaisceaux. - Incapable de fournir une identification au niveau de l'espèce. | Solution de rechange possible |
| Technologie | Modélisation de la dispersion (DNV 2013) | <ul style="list-style-type: none"> - Moyen rentable et efficace de fournir de l'information sur la dispersion des sédiments selon divers scénarios. - Méthode peu invasive. | <ul style="list-style-type: none"> - Le scénario réel sera probablement différent dans une certaine mesure. - Nécessite des données de validation précises (force des courants, composition des sédiments, etc.) qui peuvent être difficiles à obtenir. - La mise à l'essai de plusieurs scénarios (conditions saisonnières et interannuelles variables, sensibilité à différents paramètres, etc.) est chronophage. | Utilisée actuellement |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-------------|---|--|---|-----------------------|
| Technologie | Prise de vidéos à l'aide d'un véhicule téléguidé (Yoklavich 2015) | <ul style="list-style-type: none"> - Capable de fournir des images de haute qualité des espèces de coraux et d'éponges pour l'identification et la mesure. - La vue en temps réel du fond marin permet d'apporter des changements immédiats pour étudier les coraux et d'autres organismes près des lignes de transect (Sward <i>et al.</i> 2019). - Particulièrement utile dans les zones où le terrain est accidenté. - Peut être utilisée pour l'identification des espèces (selon la qualité et la résolution de la vidéo). - De nombreux véhicules téléguidés peuvent recueillir des spécimens. - Méthode peu invasive. | <ul style="list-style-type: none"> - La collecte de données vidéo de qualité prend beaucoup plus de temps que les données du sonar à balayage latéral et des échosondeurs multifaisceaux, car l'empreinte vidéo est petite et doit être enregistrée à des vitesses lentes pour permettre l'identification des taxons (0,25 – 0,5 nœud). - Considérations liées à l'installation et au déploiement à partir des navires. Cependant, les véhicules téléguidés sont déjà couramment utilisés dans les plateformes pétrolières et gazières pour l'inspection et l'entretien. - Généralement utilisée seulement dans une petite partie de la zone d'étude, omettant des zones de coraux et d'éponges potentiellement importantes. | Utilisée actuellement |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|------------------|--|--|---|-------------------------------|
| Technologie | Prise de vidéos à l'aide d'un véhicule sous-marin autonome (Yoklavich 2015, Robinson <i>et al.</i> 2017) | <ul style="list-style-type: none"> - Facile à utiliser. - Fonctionne de façon autonome en suivant une trajectoire préprogrammée. - Prise de vidéos plus efficace que par un véhicule téléguidé. | <ul style="list-style-type: none"> - Impossible de modifier la trajectoire sur le moment pour étudier des zones/spécimens d'intérêt (pas de vue en temps réel). - Impossible d'échantillonner des spécimens. - Difficultés d'identification taxonomique des espèces ou même des groupes si l'appareil ne peut pas survoler les fonds marins de près. - La vidéo doit être enregistrée à des vitesses lentes pour permettre l'identification des taxons (0,25 à 0,5 nœud). - Moins efficace en terrain accidenté. - Limitée par les courants forts. - Dépend de la durée de vie de la batterie. | Solution de rechange possible |
| Technologie | Prise de vidéos : Caméra remorquée (Williams <i>et al.</i> 2015; Yoklavich 2015) | <ul style="list-style-type: none"> - Solution la moins chère. - Facile à utiliser. | <ul style="list-style-type: none"> - Moins maniable que le véhicule téléguidé. - Risque d'effet sur le fond marin en raison de l'encombrement (p. ex. réglage de la hauteur en ajustant la longueur du câble de remorquage). - Difficultés d'identification taxonomique des espèces ou même des groupes. - L'absence de puissance du propulseur rend le système moins adapté aux zones à fort courant. | Solution de rechange possible |
| Méthodologie | Prise de vidéos : Sites de vérification sur place seulement (DNV 2013) | <ul style="list-style-type: none"> - Identification efficace des espèces dans les zones les plus susceptibles de | <ul style="list-style-type: none"> - Dépend de données du sonar à balayage latéral et de l'échosondeur multifaisceaux dont la résolution est trop basse pour les coraux et les | Utilisée actuellement |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|--------------|--|---|---|-------------------------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - contenir des assemblages de coraux/d'éponges. - Moins de temps consacré au relevé sur les zones où il n'y a peut-être pas de coraux ou d'éponges. | <ul style="list-style-type: none"> - éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. - Peut rater des zones importantes de coraux et d'éponges en raison de leur nature irrégulière. | |
| Méthodologie | Prise de vidéos : Configuration radiale (BP 2019a, Sward <i>et al.</i> 2019) | <ul style="list-style-type: none"> - Offre une couverture indépendante de l'observation du sonar à balayage latéral et de l'échosondeur multifaisceaux selon une méthode normalisée et reproductible. - Les données visuelles sont recueillies sur une plus grande superficie que lorsque seule la vérification au sol est effectuée. | <ul style="list-style-type: none"> - En raison de la configuration du relevé, de grandes zones du fond marin ne sont pas étudiées pour détecter la présence ou l'absence de coraux et d'éponges. | Utilisée actuellement |
| Méthodologie | Prise de vidéos : Configuration en trèfle (Sward <i>et al.</i> 2019) | <ul style="list-style-type: none"> - Couvre une plus grande superficie que les relevés de vérification sur le terrain et à configuration radiale. | <ul style="list-style-type: none"> - Plus chronophage que les autres relevés visuels énumérés. | Solution de rechange possible |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|--------------|--|---|---|----------------------------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Couverture plus grande plus près du site de forage, où l'effet est le plus important. | | |
| Méthodologie | Prise de vidéos : Relevé hybride (configuration en trèfle) (Sward <i>et al.</i> 2019) et étude sur les sites potentiels de coraux et d'éponges localisés à partir de données acoustiques | <ul style="list-style-type: none"> - Couvre une plus grande superficie que les relevés de vérification sur le terrain et à configuration radiale. - Couverture plus grande plus près du site de forage, où l'effet est le plus important. - Réduit la probabilité d'omettre des sites de coraux et d'éponges en étudiant également les sites possibles d'après la bathymétrie. | <ul style="list-style-type: none"> - Plus chronophage que les autres relevés visuels énumérés. | Solution de rechange recommandée |
| Seuils | Seuil des effets de 6,5 mm (Smit <i>et al.</i> 2006, 2008). | <ul style="list-style-type: none"> - Seuil scientifiquement valable pour déterminer la distance à laquelle un relevé préalable au forage devrait s'étendre à partir d'un emplacement | <ul style="list-style-type: none"> - Le seuil est fondé sur une étude qui a examiné la sensibilité de 32 espèces marines (crustacés et bivalves), dont aucune n'était des espèces de coraux ou d'éponges, à l'enfouissement sous des déblais de forage. - Ces espèces ont été testées en laboratoire. | Utilisé actuellement |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-----------|---|---|--|----------------------------------|
| | | de puits proposé, et étayé par la documentation. | <ul style="list-style-type: none"> - Le seuil était fondé arbitrairement sur l'épaisseur des déblais de forage, où 5 % de l'espèce pourrait être touchée. - Aucune considération pour les différents types de boues de forage. | |
| Seuils | Seuil des effets de 1,5 mm (Kjeilen-Eilertsen <i>et al.</i> 2004, ACEE 2019a) | <ul style="list-style-type: none"> - Un seuil plus prudent appliqué dans les zones d'étude connues pour contenir des espèces plus sensibles. - En l'absence d'autres renseignements, une approche plus prudente s'impose. | <ul style="list-style-type: none"> - Seuil arbitraire attribué pour tenir compte des « espèces plus sensibles ». | Utilisé actuellement |
| Seuil | Seuil de relevé à partir des ancrages : 50 m (DNV 2013) | <ul style="list-style-type: none"> - Le relevé couvre toute la distance de la zone d'influence potentielle décrite par DNV (2013). | <ul style="list-style-type: none"> - Ne tient pas compte de l'inexactitude avant le dépôt de +/- 15 m. - Ne tient pas compte des zones où les lignes d'ancrage touchent le fond marin. | Utilisé actuellement |
| Seuil | Seuil de relevé à partir des ancrages : 65 m | <ul style="list-style-type: none"> - Le relevé couvre toute la distance de la zone potentielle, plus l'incertitude de positionnement décrite dans DNV (2013). | <ul style="list-style-type: none"> - Ne tient pas compte des zones où les lignes d'ancrage touchent le fond marin. | Solution de rechange possible |
| Seuil | Seuil de relevé à partir des ancrages et des amarrages : 65 m | <ul style="list-style-type: none"> - Tient compte de tout le couloir d'effet pour les lignes d'ancrage et d'amarrage ainsi que de l'incertitude | <ul style="list-style-type: none"> - Une incertitude existe quant à l'ampleur réelle des effets associés aux opérations d'ancrage et d'amarrage. | Solution de rechange recommandée |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-----------|---|---|--|----------------------------------|
| | | de positionnement décrite dans DNV (2013). | | |
| Seuil | Seuil d'évitement : Évite toutes les zones spéciales | <ul style="list-style-type: none"> - Les zones spéciales sont déjà définies comme étant importantes pour les coraux et les éponges. - Les perturbations dans ces secteurs auront probablement des effets importants et durables. - Les seuils seront mis à jour et révisés en fonction des nouveaux renseignements. - Propres à la région de Terre-Neuve-et-Labrador. | <ul style="list-style-type: none"> - Ne tient compte que des zones où la densité des coraux et des éponges est la plus élevée. - Peut omettre des zones où les chaluts n'ont pas pu recueillir de données. | Solution de rechange possible |
| Seuil | Seuil d'évitement : Évitement à l'extérieur des zones benthiques importantes et des écosystèmes marins vulnérables défini en fonction de l'observation des coraux et des éponges à des seuils de densité provisoires | <ul style="list-style-type: none"> - Seuils calculés en fonction des données régionales. - Meilleure protection des espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables. - Peuvent être mis à jour au fur et à | <ul style="list-style-type: none"> - Ne tient pas compte des différentes espèces en faveur de la répartition des grands groupes. - Ignore les espèces indicatrices ne représentant pas des écosystèmes marins vulnérables. - Les densités des données provenant du chalut et des vidéos peuvent différer. | Solution de rechange recommandée |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-----------|--|--|---------------|--------------|
| | <p>ou au-dessus de ceux-ci et dans un rayon de 2 km de la limite de la zone tampon :</p> <p>Seuils d'évitement pour les espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables :</p> <p><u>Grandes éponges</u> = 6+ organismes dans une zone de 100 m²</p> <p><u>Pennatules</u> = 4+ organismes dans une zone de 100 m²</p> <p><u>Petites gorgones, grandes gorgones et coraux noirs</u> = 1+ organisme dans une zone de 100 m²</p> <p>Seuils d'évitement pour les espèces indicatrices ne représentant pas des écosystèmes marins vulnérables :</p> <p>Aucun seuil, mais ajustement/intégration selon les nouvelles données scientifiques</p> | <p>mesure que de nouveaux renseignements sont disponibles.</p> | | |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-----------|--|---|--|----------------------------------|
| Seuil | Seuil d'évitement : Évitement obligatoire à l'intérieur de toutes les zones benthiques importantes et de tous les écosystèmes marins vulnérables et à moins de 2 km des limites de la zone tampon | <ul style="list-style-type: none"> - Met l'accent sur les zones spéciales dont les limites sont définies en fonction de fortes densités d'espèces de coraux et d'éponges. - Des limites existent déjà et permettent de repérer facilement une zone où appliquer des mesures d'évitement. - Applique une zone tampon pour tenir compte de la répartition potentielle des boues et des déblais provenant de sites de forage à l'extérieur des limites de la zone benthique importante et de l'écosystème marin vulnérable. | <ul style="list-style-type: none"> - Impossible de tenir compte des zones au-delà des zones benthiques importantes et des écosystèmes marins vulnérables qui contiennent des densités comparables d'espèces de coraux et d'éponges. - Ces zones sont définies en fonction des espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables; par conséquent, elles ne tiennent pas compte des diverses autres espèces qui existent dans la région. | Solution de rechange recommandée |
| Seuil | Seuil d'atténuation : Récif de <i>Lophelia pertusa</i> ou au moins 5 grands coraux (> 30 cm) dans une zone de 100 m ² | <ul style="list-style-type: none"> - Lignes directrices couramment utilisées pour l'atténuation dans l'ensemble de l'Atlantique Nord. | <ul style="list-style-type: none"> - Les seuils étaient fondés sur les concentrations et les abondances des espèces dans les eaux norvégiennes et ne sont pas entièrement pertinents dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. | Utilisé actuellement |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-----------|--|--|---|-------------------------------|
| | (ExxonMobil Canada Ltd. 2017, Statoil Canada Ltd. 2017, OCTNHE 2018) | | <ul style="list-style-type: none"> - Les seuils ne tiennent pas compte de la présence d'espèces d'éponges et de la façon dont elle déclencherait des mesures d'atténuation. - Ne tiennent pas compte du statut d'écosystème marin vulnérable. - Ne tiennent pas compte de la rareté de certaines espèces (p. ex. coraux noirs). - Valeur du seuil apparemment arbitraire. | |
| Seuil | Seuil d'atténuation : Au moins 5 coraux dans une zone de 100 m ² (aucune relation avec la taille) | <ul style="list-style-type: none"> - Semblable aux lignes directrices préexistantes. - Seuil général pour toutes les espèces et tous les groupes fonctionnels. - Convient mieux à la région de Terre-Neuve-et-Labrador. | <ul style="list-style-type: none"> - Ne tient pas compte du statut d'écosystème marin vulnérable. - Ne tient pas compte de la rareté de certaines espèces (p. ex. coraux noirs). - Valeur du seuil apparemment arbitraire. | Solution de rechange possible |
| Seuil | Seuil d'atténuation : Seuil d'atténuation établi en fonction de l'état du groupe et de l'écosystème marin vulnérable Seuils pour les espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables : <u>Présence :</u> | <ul style="list-style-type: none"> - Convient mieux à la région de Terre-Neuve-et-Labrador. - Meilleure protection des espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables. | <ul style="list-style-type: none"> - Ne tient pas compte des différentes espèces en faveur de la répartition des grands groupes. - Ignore les espèces indicatrices ne représentant pas des écosystèmes marins vulnérables. - Valeur du seuil apparemment arbitraire. | Solution de rechange possible |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-----------|---|--|--|----------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Coraux noirs <p><u>Au moins 5 colonies/individus dans une zone de 100 m²</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Éponges - Grandes gorgones - Petites gorgones - Pennatules <p>Seuils pour les espèces indicatrices ne représentant pas des écosystèmes marins vulnérables :</p> <p>Aucun seuil, mais ajustement/intégration selon les nouvelles données scientifiques</p> | | | |
| Seuil | <p>Seuil d'atténuation : Exigence d'atténuation déterminée en fonction du statut d'écosystème marin vulnérable</p> <p>Seuils pour les espèces indicatrices des écosystèmes marins vulnérables :</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Fondé sur les données scientifiques disponibles. - Plus propre à la région de Terre-Neuve-et-Labrador. - Accorde une plus grande protection aux espèces indicatrices des écosystèmes | <ul style="list-style-type: none"> - Ne tient pas compte des différentes espèces en faveur de la répartition des grands groupes. - Ignore les espèces indicatrices ne représentant pas des écosystèmes marins vulnérables. - Dans certains cas, la simple présence d'une espèce indicatrice d'un écosystème marin vulnérable de coraux ou d'éponges pourrait justifier l'atténuation. | Solution de rechange recommandée |

| Catégorie | Méthode | Avantages | Inconvénients | Application? |
|-----------|--|--|---------------|--------------|
| | Présence inférieure aux seuils d'évitement Seuils pour les espèces indicatrices ne représentant pas des écosystèmes marins vulnérables : Aucun seuil, mais ajustement/intégration selon les nouvelles données scientifiques | marins vulnérables, même lorsqu'elles sont présentes en faible nombre. - Peut être mis à jour au fur et à mesure que de nouveaux renseignements sont disponibles. | | |

5.2. ACTIVITÉS DE FORAGE EXPLORATOIRE

Selon les résultats du relevé préalable au forage, le Programme de protection du poisson et de son habitat formule des recommandations visant à éviter ou à atténuer les effets potentiels du forage exploratoire. Les recommandations relatives aux techniques d'évitement et d'atténuation pouvant être appliquées dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador sont présentées dans les tableaux 7 et 8. Il est important de noter que, aux fins du présent rapport, la pertinence d'une mesure d'atténuation a été définie en fonction de ses antécédents d'application réussie et de sa capacité de résister à de mauvaises conditions météorologiques. Les caractéristiques géologiques de la zone, qui peuvent limiter l'application de certaines mesures d'atténuation à une évaluation site par site, ne sont pas prises en compte, ni les risques pour la santé et la sécurité humaines qui pourraient y être associés.

5.2.1. Positionnement

Si des ancrages sont utilisés pour positionner la plateforme de forage, les coraux et les éponges d'eaux froides proches du site risquent de subir des dommages physiques, des effets secondaires des dommages (p. ex. la colonisation par des hydroïdes parasites) et d'être tués par le contact avec les ancres et les chaînes, les rapporteurs et les câbles qui les relient à la plateforme. L'augmentation des taux de sédimentation pendant le déploiement de l'équipement de mouillage pourrait également étouffer l'espèce ou l'enfouir. La gravité de ces effets varierait en fonction des systèmes d'ancrage et d'amarrage utilisés, ainsi que de la méthode de déploiement, mais ils présentent une corrélation positive avec la couverture spatiale, ou empreinte, de l'équipement. En général, on peut utiliser des véhicules téléguidés pour réduire les effets des opérations d'ancrage sur l'environnement benthique en facilitant le déploiement et la récupération des ancres (DNV 2013). L'option la plus appropriée serait de déployer les ancres à l'aide de véhicules téléguidés, car elle réduirait l'effet que les opérations d'installation auraient sur l'environnement benthique. Elle convient pour les installations d'ancrage standard, pour les chaînes d'ancre avec flottabilité supplémentaire ou pour les ancres et les chaînes de plus grand diamètre. Parmi ces options, les chaînes d'ancre flottantes, ainsi que les ancres et les chaînes plus lourdes, ont une empreinte et un mouvement horizontal réduits par rapport aux installations d'ancrage standard (DNV 2013).

Bien qu'un tel système soit associé à une augmentation des émissions par la plateforme de forage, l'utilisation d'un système de positionnement dynamique est la meilleure option pour atténuer les répercussions des opérations d'ancrage sur les coraux et les éponges (DNV 2013; ACEE 2019a). Cette technologie est couramment utilisée dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador et a connu beaucoup de succès (NSB Energy Consulting 2016). Bien que cette méthode nécessite de déployer divers transducteurs sur le fond marin, l'empreinte de leur effet serait assez faible par rapport aux opérations d'ancrage standard.

5.2.2. Forage

D'autres recommandations d'atténuation ont été formulées pour la phase de forage, en vue de réduire le volume de déblais de forage produits pendant l'exploration pétrolière et gazière. Des nœuds d'ancrage du tube conducteur sont souvent suggérés, car ils éliminent la nécessité de forer la première section du trou supérieur, n'exigent pas de cimentation, augmentent la stabilité du puits et peuvent être installés plus rapidement (DNV 2013). Toutefois, leur application est limitée par les caractéristiques de formation du sol sur le site, et le forage sans colonne montante de la deuxième section de 26 po du trou supérieur est toujours nécessaire. Il est également possible d'utiliser une conception de puits à trous à diamètre réduit où chaque section de puits est forée avec un diamètre plus petit. Bien qu'elle réduise le volume des déblais

produits, cette solution offre peu de souplesse pour traiter les problèmes de forage dans le puits, des restrictions s'appliquent sur la taille maximale d'achèvement et les rames de forage utilisées sont considérées comme plus faibles sur le plan mécanique. Pour surmonter ces problèmes, d'autres recommandations suggèrent de remplacer une section plus large du puits par une section plus longue et plus mince (p. ex. une section plus longue, de 17,5 po, au lieu d'une section de 26 po et de 17,5 po) (DNV 2013). Encore une fois, la réduction du diamètre du puits limite la souplesse nécessaire pour résoudre les problèmes de forage, le cas échéant. L'un des principaux problèmes de chacune de ces mesures d'atténuation, c'est qu'elles n'éliminent pas le risque d'augmentation de la sédimentation, mais qu'elles visent plutôt à la réduire. Par conséquent, des mesures d'atténuation supplémentaires seraient nécessaires pour tenir compte de la production des déblais de forage restants.

Le forage du trou supérieur, qui a lieu avant l'installation de la colonne montante marine, représente l'opération de forage qui a le plus grand effet potentiel sur les espèces de coraux et d'éponges. Il est donc important de tenir compte des méthodes qui réduisent ou éliminent le rejet de déblais de forage et de boues directement sur le fond marin. En raison de leur succès passé, l'utilisation des systèmes de transport des déblais, qui transportent les déblais de forage vers des zones où les effets seraient moins importants, est couramment recommandée pour atténuer le risque posé par les déblais de forage (ExxonMobil Canada Ltd. 2017). Bien que la portée théorique des systèmes de transport des déblais soit de 3 000 m, leur utilisation suggérée serait limitée aux zones où les sédiments peuvent être déposés en toute sécurité à une distance maximale de 1 000 m, étant donné que l'expérience avec des portées supérieures est limitée. Cette technologie peut également être vulnérable aux blocages des canalisations, une défaillance qui pourrait entraîner l'élimination des déblais sur le site de forage (DNV 2013). Elle dépend également de la disponibilité d'un site où les concentrations d'espèces de coraux et d'éponges n'atteignent pas les seuils d'évitement ou d'atténuation, qui peuvent être plus difficiles à déterminer dans les zones spéciales prédéfinies de concentrations élevées de coraux ou d'éponges comme les habitats des écosystèmes marins vulnérables, les zones benthiques importantes, les ZIEB, les AMP et les refuges, ou à proximité de ces zones. La détermination de sites d'immersion appropriés nécessiterait également un relevé visuel indépendant avant le forage pour vérifier que des espèces de coraux et d'éponges ne sont pas présentes aux seuils de densité ou au-dessus de ceux-ci ou le long du trajet où l'équipement serait installé. Une approche plus prudente de l'élimination des déblais consiste à utiliser des systèmes de récupération des boues sans colonne montante, qui récupèrent les déblais de forage et les boues rejetés pendant le forage des trous supérieurs et les transfèrent à la plateforme de forage pour traitement. Contrairement aux procédures normales de forage des trous supérieurs, cette approche supprime l'élimination des déblais directement sur le site de forage et permet de récupérer les boues et de les réutiliser dans l'opération de forage. Toutefois, comme on l'a vu avec le système de transport des déblais, une défaillance de ces systèmes pourrait également entraîner le rejet de déblais et de boues sur le site du puits (DNV 2013).

Il existe de nombreuses options pour éliminer les déblais de forage si on utilise un système de récupération des boues sans colonne montante. L'une des recommandations de DNV (2013) est de rejeter les déblais traités à la surface de la mer. Avec cette option, les déblais se déposent généralement plus finement sur le fond marin en raison de leur dilution dans la colonne d'eau et de leur distribution par les courants. Cela réduirait l'effet que les sédiments auraient sur les coraux et les éponges, comparativement aux rejets en vrac au site du puits, mais cela pourrait aussi accroître l'empreinte de l'effet. Comme il est plus difficile de prédire où les sédiments vont se déposer lorsqu'ils sont rejetés à la surface de la mer, les effets pourraient également être plus graves que si d'autres mesures d'atténuation étaient prises. Dans certains cas, on utilise des broyeurs pour déchiqeter les déblais en particules plus petites avant de les

rejeter dans la colonne d'eau (DNV 2013). Cette technique permet aux déblais de se répandre sur des zones encore plus grandes, car ils restent en suspension dans l'eau plus longtemps, mais elle ne tient pas compte du fait que, dans certains cas, les espèces de coraux et d'éponges ont plus de mal à se débarrasser des particules plus fines (Weber *et al.* 2006, Schönberg 2016). Les déblais boueux peuvent également être transportés par un système de transport des déblais de la plateforme à un autre endroit, bien que l'expérience de la combinaison de ces deux technologies soit limitée. D'autres recherches suggèrent la possibilité de mélanger de l'eau et des produits chimiques avec les déblais boueux pour créer de la « boue pulvérisée », qui peut ensuite être utilisée pour forer la section suivante du puits; toutefois, à l'heure actuelle, aucune technologie disponible sur le marché n'est en production (Taghiyev *et al.* 2015). D'autres options comprennent la réinjection des déblais de forage dans un puits de refoulement ou l'espace annulaire entre les tubes conducteurs et la paroi du puits (OGP 2003). Bien que ces deux méthodes suppriment l'élimination des sédiments sur le fond marin, elles sont plus complexes et exigent des formations géologiques particulières pour contenir adéquatement les déblais éliminés. De plus, le transport dans un puits de refoulement suggère qu'il faut forer un deuxième puits, tandis que la réinjection dans l'espace annulaire risque d'endommager le puits d'exploration existant. L'utilisation de ces méthodes dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador pourrait également être restreinte, car elles n'ont pas été rigoureusement mises à l'essai sur des plateformes de forage flottantes ou en eaux profondes (OGP 2003).

Les approches plus conservatrices, qui sont déjà requises pour les projets dans lesquels on utilise des boues à base d'huile, comprennent le transfert des déblais de forage traités sur un navire de ravitaillement pour les transporter en vrac et les éliminer à terre. Le transfert peut être effectué à l'aide d'une grue ou de conduites de transfert qui peuvent ou non être sous pression (DNV 2013). Toutefois, comme les opérations des grues sont particulièrement sensibles aux conditions météorologiques, il se peut que les conduites de transfert ne soient pas recommandées pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador. L'un des principaux inconvénients de ces méthodes est l'augmentation des émissions de carbone par le navire de ravitaillement spécialisé requis.

5.2.3. Mise hors service

L'une des principales préoccupations pendant la phase de mise hors service concerne la redistribution des déblais de forage et des boues qui ont été déposés sur le site du puits pendant l'exploration. Si des mesures d'atténuation sont mises en œuvre au cours des premières étapes pour empêcher l'accumulation de ces matériaux (p. ex. lors du forage du trou supérieur), les préoccupations restantes se limitent à la distribution des sédiments naturels et à la possibilité d'un contact physique avec les ancres pendant la récupération. La principale mesure d'atténuation recommandée pour cette étape est la récupération assistée par véhicule téléguidé des ancres et des chaînes (DNV 2013). Cette méthode élimine le besoin d'utiliser des grappins, réduisant ainsi les effets sur les espèces de coraux et d'éponges. Il s'agit d'une méthode couramment utilisée pour la récupération des ancres, en particulier dans les zones où la présence d'habitats sensibles est connue.

En général, bon nombre des techniques d'atténuation décrites ci-dessus dépendent en partie ou entièrement de conditions météorologiques appropriées pendant l'installation ou les opérations standards. En raison des conditions météorologiques difficiles dans l'Atlantique Nord-Ouest, ces mesures d'atténuation peuvent réduire l'efficacité des opérations de forage. Selon le moment de l'année où le forage est prévu, l'un des principaux facteurs à prendre en considération au moment de définir les options d'atténuation est la tolérance d'une technique aux intempéries. De plus, les techniques qui n'ont pas été mises à l'essai rigoureusement (p.

ex. la boue pulvérisée), particulièrement en eaux profondes (p. ex. la réinjection de déblais), devraient être limitées aux sites de forage où les conditions ressemblent à celles où elles ont été mises en œuvre avec succès par le passé. Si ces méthodes doivent être utilisées dans des conditions différentes, une solution de rechange appropriée pour l'atténuation devrait également être préparée.

Tableau 7 : Mesures d'évitement possibles à employer dans les zones où se trouvent des concentrations de coraux et d'éponges.

| Phase d'exploration | Mesure d'évitement | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|---------------------|---|--|---|---|-------------------------------------|
| Repérage d'un site | Relocaliser le site de forage (ACEE 2019a) | Repérer un site de forage secondaire qui n'aura pas d'effets sur les espèces de coraux et d'éponges. | <ul style="list-style-type: none"> - Élimine le risque pour les concentrations de coraux et d'éponges. - Ne nécessite pas l'utilisation de mesures d'atténuation supplémentaires coûteuses. | <ul style="list-style-type: none"> - Un site secondaire n'est pas nécessairement facilement disponible. | Oui |
| Positionnement | Utiliser le positionnement dynamique (DNV 2013) | Au lieu de l'ancre et des amarres pour maintenir la position de la plateforme de forage, déployer des transpondeurs à des endroits où il n'y a pas de coraux et d'éponges, et les utiliser pour positionner la plateforme. | <ul style="list-style-type: none"> - Élimine les risques associés au déploiement des ancres et aux opérations de récupération. - Élimine l'exigence de lignes d'amarrage. | <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation limitée en eaux peu profondes. - Augmentation de la consommation de carburant. - Augmentation du coût pour utiliser le positionnement dynamique. - Les transpondeurs pourraient quand même avoir des effets sur des zones localisées de l'habitat. | Oui |

Tableau 8 : Mesures d'atténuation possibles à employer dans les zones où se trouvent des concentrations de coraux et d'éponges.

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|---------------------|---|---|--|--|-------------------------------------|
| Positionnement | Installation préalable des ancrages et des chaînes (DNV 2013) | L'installation préalable des ancrages et des chaînes permet une plus grande précision dans leur position, ce qui permet aux opérateurs de mieux atténuer leurs effets sur les coraux et les éponges dans la zone d'étude. | <ul style="list-style-type: none"> - Réduit les risques pour les coraux et les éponges. - Les activités d'installation préalable peuvent être surveillées et assistées par un véhicule téléguidé. | <ul style="list-style-type: none"> - Ajoute une opération maritime distincte au programme. - Augmentation possible des coûts d'exploitation. - Un navire mouilleur avec véhicule téléguidé est requis. | Oui |
| Positionnement | Ajouter de la flottabilité aux chaînes d'ancrage (DNV 2013) | Certaines parties des chaînes d'ancrage peuvent être remplacées par des câbles plus flottants et on peut ajouter des bouées pour réduire l'effet des chaînes d'ancrage sur les espèces de coraux et d'éponges. | <ul style="list-style-type: none"> - Réduction du risque de causer des dommages mécaniques aux coraux et aux éponges. - L'empreinte de l'amarrage est réduite, car le point de contact est plus éloigné du site de forage. - Réduction du mouvement horizontal des chaînes d'ancrage, qui diminue avec la distance par rapport au site de forage. | <ul style="list-style-type: none"> - Hausse des coûts. - Plus complexe. - Temps supplémentaire nécessaire pour mener les opérations. - Risque accru que les conditions météorologiques aient une incidence sur les opérations. | Oui |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|----------------------------|---|---|--|---|--|
| Positionnement | Utiliser des ancrages et des chaînes plus lourds (DNV 2013) | En augmentant la taille et les dimensions des ancrages et des chaînes, il est possible de réduire la longueur de chaîne requise pour l'amarrage. | <ul style="list-style-type: none"> - Réduction de l'empreinte des ancrages et des chaînes. - Réduction du risque de causer des dommages mécaniques aux coraux et aux éponges. - Flexibilité accrue pour le positionnement des ancrages. | <ul style="list-style-type: none"> - Hausse des coûts. | Oui |
| Forage | Utilisation d'un nœud d'ancrage du tube conducteur (DNV 2013) | La première section du puits (36 po) est installée dans un nœud d'ancrage du tube conducteur, qui est mis en place au moyen de pieux plutôt que par forage. | <ul style="list-style-type: none"> - Nécessite un tube conducteur plus court. - Réduction des rejets de déblais. - Réduction des effets sur les espèces de coraux et d'éponges pendant la phase de forage sans colonne montante. - Installation plus rapide que pour le tube conducteur conventionnel. - Aucune cimentation n'est requise pour cette section. | <ul style="list-style-type: none"> - Limitée par les caractéristiques du sol ou de la formation. - Il faut encore forer le trou supérieur de 26 po du puits. - Risque élevé de défaillance avec le battage des pieux du tube conducteur. | Peut-être (dépend du site). |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|----------------------------|--|---|--|--|--|
| Forage | Conception de puit à trous à diamètre réduit (DNV 2013) | Dans cette conception, on utilise des diamètres plus petits pour forer les sections de puits. | <ul style="list-style-type: none"> - Réduction des déblais de forage rejetés. - Distribution réduite des particules. - Réduction des effets sur les espèces de coraux et d'éponges. | <ul style="list-style-type: none"> - Souplesse limitée dans l'atténuation des problèmes de forage dans les puits. - Restrictions relatives à la taille maximale d'achèvement possible. - Les rames de forage sont plus faibles sur le plan mécanique. | Oui |
| Forage | Réduction du nombre de sections (p. ex. section de 26 po supprimée) (DNV 2013) | En remplaçant une section du puits par une section plus longue et d'un diamètre plus petit (p. ex. section plus longue de 17,5 po au lieu de 26 po et de 17,5 po), la quantité de matières rejetées du puits est réduite. | <ul style="list-style-type: none"> - Réduction des déblais de forage rejetés. - Distribution réduite des particules. - Réduction des effets sur les espèces de coraux et d'éponges. | <ul style="list-style-type: none"> - Souplesse limitée dans l'atténuation des problèmes de forage dans les puits. - Limitée par certaines caractéristiques de la formation. - Utilisation et rejet accrus de fluides de forage avec spécifications particulières pour les sections de puits plus petites. | Peut-être (dépend du site). |
| Élimination des déblais | Système de transport des déblais (DNV 2013) | Dans les zones où l'on trouve des espèces de coraux et d'éponges, le système de transport des | <ul style="list-style-type: none"> - Technologie largement utilisée qui est considérée comme une pratique courante. | <ul style="list-style-type: none"> - L'exploitation exige une bonne communication avec le foreur, ainsi qu'un opérateur sensibilisé et expérimenté. - Possibilité de blocages. | Oui |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|-------------------------|---|--|---|--|-------------------------------------|
| | | déblais peut être utilisé pour capturer les fluides de forage et les déblais de forage à la tête de puits et les transporter ailleurs. | <ul style="list-style-type: none"> - Accroît la flexibilité de positionnement du site de forage. - Portée ou transport type de 500 m, mais portée théorique de 3 000 m. - Fournit une bonne prédiction et un bon contrôle de la distribution des particules. | <ul style="list-style-type: none"> - En cas de défaillance, le rejet se produira sur le site de forage. - Expérience limitée du transport de déblais sur plus de 1 000 m. - Les coûts d'installation sont élevés. - Pour une portée étendue (+250 m), il est recommandé d'avoir accès à un véhicule téléguidé. | |
| Élimination des déblais | Systèmes de récupération des boues sans colonne montante (DNV 2013) | Les déblais et les fluides sont captés sur le site de forage pendant le forage du trou supérieur et renvoyés à la plateforme de forage où les fluides de forage seront séparés et récupérés en vue d'être réutilisés. Les déblais sont rejetés à la surface de la mer. | <ul style="list-style-type: none"> - Réduction du risque de sédimentation des déblais près du site de forage pendant le forage du trou supérieur. - Permet de réutiliser les fluides de forage. - Permet de forer le trou supérieur avec de la boue lestée. | <ul style="list-style-type: none"> - L'exploitation exige une bonne communication avec le foreur, ainsi qu'un opérateur sensibilisé et expérimenté. - En cas de défaillance, le rejet se produira sur le site de forage. - Risque de réduction de l'avancement des opérations de forage en cours. - Système lesté et visqueux nécessaire pour soulever les déblais. - Nécessite des travaux supplémentaires pour manipuler et éliminer les déblais de forage sur la plateforme. | Oui |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|-------------------------|---|--|--|--|-------------------------------------|
| | | | | <ul style="list-style-type: none"> - Plus coûteux que le système de transport des déblais. - Navires requis pour l'installation et la récupération et les opérations dépendent des conditions météorologiques. | |
| Élimination des déblais | Rejet des déblais à base d'eau à partir de la plateforme de forage (DNV 2013) | Les déblais de forage à base d'eau passent dans un tamis vibrant où ils sont séparés des boues de forage. Ces déblais sont ensuite rejetés à la surface de la mer. | <ul style="list-style-type: none"> - Les sédiments sont dilués, ce qui réduit l'exposition pour les coraux et les éponges. - Il s'agit de la méthode typique utilisée pour le rejet des déblais à base d'eau sur les plateformes de forage. - Rentable. - Peut être couplé avec le système de récupération des boues sans colonne montante avec des modifications minimales. | <ul style="list-style-type: none"> - Les opérateurs ont moins de contrôle sur l'endroit où les déblais aboutiront. - Il est possible que l'effet sur les coraux et les éponges soit plus important que lorsque le rejet se produit à un endroit précis (p. ex. par le système de transport des déblais). - Nécessite un équipement supplémentaire à utiliser pendant le forage des trous supérieurs (p. ex. système de récupération des boues sans colonne montante). | Oui |
| Élimination des déblais | Transformation en boues grossières et rejet à partir de | Les déblais de forage sont apportés à la plateforme et | <ul style="list-style-type: none"> - Réduit le risque de sédimentation des déblais sur le site de forage. | <ul style="list-style-type: none"> - Risque accru d'interruption des opérations en cas de | Oui |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|-------------------------|--|---|--|---|---|
| | la plateforme (DNV 2013) | traités dans un broyeur qui les réduit en particules plus fines. Les particules sont ensuite mélangées à de l'eau et rejetées à la mer. | | <ul style="list-style-type: none"> dysfonctionnement du broyeur. - Ralentit les travaux de forage et agit comme un goulot d'étranglement dans la gestion des déchets. - Nécessite de l'équipement supplémentaire. - Augmentation des coûts. | |
| Élimination des déblais | Transformation des déblais en boues grossières et rejet sur le fond marin (DNV 2013) | Les déblais sont transportés jusqu'à la plateforme où ils sont transformés en boues, puis acheminés par un système de transport des déblais vers un site de dépôt plus optimal sur le fond marin. | <ul style="list-style-type: none"> - De nombreuses opérations de grue sont éliminées. - Convient à toutes les sections du puits (y compris le trou supérieur). - La transformation des déblais en boues réduit le risque d'obstructions dans le système de transport des déblais. - Effet environnemental global plus faible lorsque le navire de ravitaillement n'est pas requis. | <ul style="list-style-type: none"> - Expérience limitée de cette technologie. - Risque opérationnel accru en raison de l'incertitude entourant la réussite. - Peut nécessiter un navire de ravitaillement pour transporter les déblais à terre en cas d'urgence. - Progrès réduits pendant le forage du trou supérieur. - Nécessite de l'équipement spécialisé et un espace dédié. - Plus complexe que d'autres scénarios. - Probablement plus coûteux que d'autres scénarios. | Peut-être (expérience limitée) |
| Élimination des déblais | Transformation en boues et | Les déblais de forage sont | <ul style="list-style-type: none"> - Réduit le risque de sédimentation des | <ul style="list-style-type: none"> - Risque accru d'interruption des | Non (aucun système existant n'est disponible) |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|-------------------------|--|--|--|--|-------------------------------------|
| | réutilisation sous la forme de boues pulvérisées (DNV 2013) | traités dans un broyeur qui les réduit en particules plus fines, mélangés à de l'eau et à des produits chimiques, puis réutilisés dans la section suivante du puits. | <p>déblais sur le site de forage.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduit la production de déblais et l'utilisation de fluides de forage au volume d'une seule section de puits. | <ul style="list-style-type: none"> - opérations en cas de dysfonctionnement du broyeur. - Ralentit les travaux de forage et agit comme un goulot d'étranglement dans la gestion des déchets. - Nécessite de l'équipement supplémentaire. - Augmentation des coûts. - Production de déblais et fluides de forage limitée à une section s'ils sont réutilisés sur la même plateforme de forage. - Aucun système existant n'est disponible pour l'industrie. - Utilisation accrue de produits chimiques pendant le traitement. | |
| Élimination des déblais | Réinjection des déblais de forage dans l'espace annulaire (OGP 2003) | Les déblais de forage sont transformés en coulis et réinjectés dans l'espace annulaire du puits pour être éliminés. | <ul style="list-style-type: none"> - Plus besoin d'un navire de ravitaillement pour transporter les déchets à terre. - Ne nécessite pas de puits de refoulement. - Élimine les effets de la sédimentation des déblais de forage | <ul style="list-style-type: none"> - Risque d'endommager un puits d'exploration. - Nécessite une analyse approfondie pour évaluer l'adéquation du site. - Nécessite de l'équipement supplémentaire qui occupera de l'espace sur la plateforme de forage. | Peut-être (expérience limitée) |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|-------------------------|---|--|---|--|---|
| | | | sur les espèces de coraux et d'éponges. | <ul style="list-style-type: none"> - Peut ralentir l'avancement des opérations. - Difficile pour les puits d'exploration. - Expérience limitée sur des plateformes de forage flottantes et en eaux profondes. | |
| Élimination des déblais | Injection des déblais de forage dans un puits de refoulement (OGP 2003) | Les déblais de forage sont transformés en coulis et réinjectés dans un puits de refoulement dédié. | <ul style="list-style-type: none"> - Technologie éprouvée - Plus besoin d'un navire de ravitaillement pour transporter les déchets à terre. - Élimine les effets de la sédimentation des déblais de forage sur les espèces de coraux et d'éponges. - Plus économique que l'élimination à terre. | <ul style="list-style-type: none"> - Nécessite un équipement spécialisé. - Nécessite une zone d'injection souterraine viable près du site de forage. - Nécessite un deuxième puits. - Nécessite un grand espace de stockage sur la plateforme de forage. - Peut ralentir l'avancement des opérations. - Difficile pour les puits d'exploration. - Expérience limitée sur des plateformes de forage flottantes et en eaux profondes. | Peut-être (expérience limitée) |
| Élimination des déblais | Éliminer les déblais de forage à terre (DNV 2013). | Les déblais de forage sont retournés à la plateforme et séparés des boues de | <ul style="list-style-type: none"> - Traitement standard des déblais de boues à base d'huile sur toutes les unités de forage. | <ul style="list-style-type: none"> - Risque de retards opérationnels. - Rendement inférieur aux attentes. - Le mauvais temps peut avoir une incidence | Peut-être (restrictions des opérations des grues) |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|-------------------------|--|---|--|---|-------------------------------------|
| | | forage. Ils sont ensuite transportés à terre pour être éliminés. | <ul style="list-style-type: none"> - Méthode éprouvée et fiable, largement utilisée par l'industrie. | <ul style="list-style-type: none"> importante sur l'avancement en limitant les opérations des grues. - Nécessite un espace de stockage sur la plateforme de forage. - Augmentation des opérations de levage. - Nécessite du personnel dédié. - Nécessite un navire de ravitaillement dédié. - Hausse des coûts. - Augmentation des émissions générées par les opérations. - Peu utilisé pour les déblais de boues à base d'eau. - Risque accru de problèmes opérationnels pour les sections plus grandes du puits. | |
| Élimination des déblais | Transfert en vrac des déblais au navire de ravitaillement (DNV 2013) | Les déblais de forage sont ramenés à la surface et transférés au navire de ravitaillement par des conduites de transfert en vue de leur | <ul style="list-style-type: none"> - L'effet des conditions météorologiques est moins important que celui décrit ci-dessus. - De nombreuses opérations de grue sont éliminées. - Les réservoirs de stockage en vrac | <ul style="list-style-type: none"> - Par temps violent, le tuyau de transfert peut être débranché pendant de longues périodes, ce qui interrompt les opérations de forage. - Avancement limité des opérations. - Limité à l'utilisation des fluides inhibés (p. ex. le glycol). | Oui |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|-------------------------|--|--|--|--|-------------------------------------|
| | | élimination en vrac à terre. | permettent un forage continu et sans restriction si le tuyau peut être raccordé. | <ul style="list-style-type: none"> - Espace de stockage limité sur la plateforme. - Nécessite un navire de ravitaillement dédié. - Ne convient pas à la récupération des déblais de trou supérieur sans équipement supplémentaire. - Expérience réussie limitée. | |
| Élimination des déblais | « Soufflage » des déblais sur le navire de ravitaillement (DNV 2013) | Les déblais de forage sont ramenés à la surface, traités et soufflés sur le navire de ravitaillement par des conduites de transfert avec de l'air sous pression. | <ul style="list-style-type: none"> - L'incidence des conditions météorologiques est moins important. - De nombreuses opérations de grue sont éliminées. - Les réservoirs de stockage en vrac permettent un forage continu et sans restriction si le tuyau peut être raccordé. | <ul style="list-style-type: none"> - Par temps violent, le tuyau de transfert peut être débranché pendant de longues périodes, ce qui interrompt les opérations de forage. - Espace de stockage limité sur la plateforme. - Nécessite un navire de ravitaillement dédié. - Nécessite de l'équipement spécialisé pour le système de soufflage. - Besoin de personnel spécialisé pour l'exploiter. - Ne convient pas à la récupération des déblais de trou supérieur sans équipement supplémentaire. | Oui |

| Phase d'exploration | Mesure d'atténuation | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|----------------------------|---|--|--|---|--|
| Mise hors service | Récupération des ancrs assistée par véhicule téléguidé (DNV 2013) | Au lieu d'utiliser des techniques de grappin pour récupérer les ancrs, on peut utiliser des véhicules téléguidés et des bouées de ramassage. | - Réduit l'empreinte des effets associés à la récupération des ancrages, et donc les effets sur les coraux et les éponges. | - Véhicule téléguidé nécessaire pour les opérations. - Augmentation des coûts. | Oui |

6. SURVEILLANCE ET SUIVI

Une surveillance et un suivi peuvent être nécessaires pour vérifier les effets prévus des activités d'exploration ou déterminer l'efficacité des mesures d'atténuation qui ont été utilisées pendant l'exploration. Les relevés de référence peuvent permettre de s'assurer que les changements dans les aspects chimiques et biologiques de la zone d'étude sont consignés avec précision. La Norvège exige des relevés de référence avant le forage dans de nouvelles zones, ainsi que dans les zones où des espèces et habitats benthiques vulnérables sont présents ou sont présumés présents (Norwegian Environment Agency 2015). De plus, on choisit des sites propres au champ de forage pour surveiller les changements chimiques ou biologiques potentiels qui découlent de l'exploration après le début du forage. D'après certains programmes de surveillance menés au Canada, la conception serait fondée sur le relevé préalable au forage, la zone d'influence potentielle décrite par les modèles de dispersion et l'emplacement du site par rapport aux habitats benthiques sensibles.

Il est entendu que des programmes de surveillance renforcée doivent être mis en œuvre pour les zones où des espèces de coraux et d'éponges se trouvent probablement (Buchanan *et al.* 2003, Norwegian Environment Agency 2015), mais les informations sur les méthodes précises qui permettraient de telles améliorations sont très limitées, en particulier dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Néanmoins, les recherches menées dans d'autres régions fournissent des renseignements sur certaines techniques de surveillance de ces communautés qui pourraient convenir. Elles sont décrites ci-après et résumées dans le tableau 9. Il est important de noter que, comme les renseignements contenus dans le tableau 8, l'adéquation des techniques de surveillance et de suivi proposées ne tenait pas compte des caractéristiques géologiques des sites proposés, qui peuvent limiter leur application, ni des risques pour la santé et la sécurité humaines correspondants.

Bien que les lignes directrices norvégiennes actuelles laissent entendre que les relevés acoustiques peuvent remplacer les relevés visuels (Norwegian Environment Agency 2015), le seul recours aux relevés acoustiques à Terre-Neuve-et-Labrador ne fournirait pas de renseignements sur la santé des espèces de coraux et d'éponges. Toutefois, l'ajout de relevés visuels complets (p. ex. combinaison des données visuelles et acoustiques) permettrait de dresser un tableau plus détaillé de la répartition des déblais et des boues de forage dans cette région. À l'heure actuelle, les relevés visuels constituent la principale méthode d'évaluation des espèces de coraux et d'éponges dans les grands fonds (DNV 2013; Yoklavich *et al.* 2015, 2016, Luter *et al.* 2017). À l'instar des relevés visuels préalables au forage, les relevés visuels réalisés à des fins de surveillance peuvent être effectués à l'aide d'un véhicule téléguidé, d'un système de caméras remorquées ou d'un véhicule sous-marin autonome. Bien que des études scientifiques aient également porté fruit avec des véhicules sous-marins autonomes (Yoklavich *et al.* 2016), on préfère généralement les véhicules téléguidés pour les inspections détaillées en raison de leur stabilité (Ludvigsen *et al.* 2013, Yoklavich *et al.* 2015). Il est recommandé d'utiliser un équipement vidéo à haute résolution pour les relevés visuels, mais les recherches existantes indiquent que même des images à haute résolution n'ont pas toujours permis de déterminer les changements dans le comportement des polypes coralliens résultant de l'exposition aux déblais de forage (DNV 2013). Néanmoins, les relevés visuels permettent de comparer la capacité des espèces à composer avec l'excès de sédiments (p. ex. l'efficacité pour se débarrasser des sédiments), les changements de coloration et les changements de forme (p. ex. la perte de branches), qui fournissent des renseignements utiles sur les espèces qui sont le plus menacées par une sédimentation accrue. Les comparaisons entre les relevés visuels préalables au forage et les relevés de suivi, surtout lorsqu'ils sont effectués selon la

même configuration et à l'aide d'outils et d'une résolution comparables (p. ex. caméra, vitesse du véhicule, altitude), sont également utiles pour valider les modèles de dispersion.

D'autres techniques non invasives ont été mises au point pour être combinées avec la vidéo sous-marine et permettre de quantifier directement la santé des coraux à partir des relevés visuels. Vad et ses collaborateurs (2017) ont utilisé un logiciel d'imagerie pour traiter des images fixes et fournir les rapports entre les couches vivantes et mortes des colonies de *Lophelia pertusa*. Girard et Fisher (2018) ont utilisé un logiciel semblable pour coder les branches des espèces *Paramuricea* en catégories représentant divers niveaux de santé, en renouvelant les images des sites entre 2011 et 2017 pour documenter les changements au fil du temps. Bien que ces techniques permettent de mieux comprendre la santé des coraux, la grande quantité de traitement qu'elles nécessitent les rend très onéreuses. Pour en tenir compte, on a eu recours à l'imagerie hyperspectrale sous-marine pour automatiser le processus. Selon le niveau de réflectance spectrale, les images ont été classées par habitat (Foglini *et al.* 2019) ou en fonction des tissus coralliens sains et en mauvaise santé (Holden et Ledrew 1999, Letnes *et al.* 2019). Ce travail comporte l'utilisation de caméras hyperspectrales qui peuvent enregistrer le spectre complet de la lumière réfléchie, augmentant ainsi la quantité d'information qu'une seule image peut fournir (Foglini *et al.* 2019). Historiquement, les travaux d'imagerie hyperspectrale sous-marine réalisés sur place se limitaient en grande partie aux récifs coralliens en eaux peu profondes (Holden et Ledrew 1999, Gleason *et al.* 2007). Des études plus récentes ont utilisé cette technique pour surveiller les coraux des grands fonds (Ludvigsen *et al.* 2013, Johnsen *et al.* 2016) et l'habitat des éponges (Foglini *et al.* 2019), mais pas pour mesurer leur santé. Ces travaux se sont révélés prometteurs pour les applications dans les grands fonds, mais on ne sait pas encore si les mêmes techniques hyperspectrales décrites dans la documentation existante permettent de mesurer les effets sur la santé associés aux déblais de forage (Letnes *et al.* 2019). De plus, compte tenu des informations inadéquates sur la réflectance spectrale de référence (« saine ») de nombreuses espèces (Foglini *et al.* 2019) et de l'utilisation limitée de ces techniques sur les espèces d'éponges, leur application dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador pourrait être restreinte pour le moment.

Étant donné que les techniques disponibles pour évaluer directement la santé des coraux et des éponges sont assez limitées et que les relevés visuels ne permettent pas de détecter la présence des produits chimiques utilisés dans les boues de forage, les lignes directrices existantes suggèrent également que les promoteurs mènent des activités de surveillance supplémentaires. DNV (2013) décrit l'importance de la collecte des mesures du courant, des mesures de la turbidité, des pièges à sédiments et des échantillons de sédiments dans la zone d'étude. Il est important de mesurer les courants de l'eau avant et pendant les opérations de forage, car ce sont des éléments clés pour élaborer des modèles de dispersion précis. Les mesures de turbidité sont le plus utiles lorsqu'elles sont recueillies pendant les opérations de forage afin de déterminer la turbidité directement associée au forage et de détecter la présence et la répartition des panaches de sédiments. Des pièges à sédiments peuvent également être déployés tout au long de l'opération de forage et dans les zones à proximité des assemblages de coraux et d'éponges, permettant de mesurer directement les déblais de forage. Ils peuvent être comparés aux seuils sans effet probable existants pour les coraux et les éponges et indiquent l'effet probable du forage sur ces espèces dans toute la zone d'étude. Enfin, les recommandations indiquent que l'utilisation d'un carottier pour extraire des échantillons de sédiments avant et après le forage peut être utile pour dresser un tableau détaillé de la répartition des déblais et des boues de forage dans toute la zone. Cela peut servir à valider les modèles de dispersion, ainsi qu'à indiquer les zones où la surveillance visuelle des coraux et des éponges devrait être ciblée.

Tableau 9 : Examen des outils existants qui peuvent être utilisés pour surveiller la santé des coraux et des éponges pendant le forage exploratoire.

| Calendrier de surveillance | Outil | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|----------------------------|---|---|---|--|---|
| Avant Après | Relevé acoustique (Norwegian Energy Agency 2015) | À l'aide d'un plan de relevé prédéfini, utiliser un échosondeur multifaisceaux et un sonar à balayage latéral pour obtenir des données acoustiques sur le fond marin dans la zone d'étude; ces données peuvent servir à identifier des concentrations d'espèces de coraux ou d'éponges. | <ul style="list-style-type: none"> - Peut être utile pour localiser les concentrations de coraux et d'éponges (selon la résolution des données). - Les données pour l'ensemble de la zone d'étude peuvent être recueillies plus rapidement qu'avec la vidéo. - Méthode peu invasive. | <ul style="list-style-type: none"> - Impossible de cartographier de petites concentrations (courantes à Terre-Neuve-et-Labrador) ou des espèces de coraux et d'éponges individuelles. - Impossible d'évaluer la santé des espèces de coraux et d'éponges sans observation directe. - Ne permet pas d'identifier les coraux ou les éponges au niveau de l'espèce ou du groupe. | Modérément (lorsqu'il est combiné à un relevé visuel) |
| Avant Après | Relevé acoustique (véhicule téléguidé) (Yoklavich <i>et al.</i> 2015) | À l'aide d'un plan de relevé prédéfini, cartographier visuellement la répartition des coraux et des éponges dans la zone d'étude et évaluer leur santé. | <ul style="list-style-type: none"> - Permet d'évaluer visuellement la répartition générale des coraux et des éponges, leur diversité et leur santé. - Pourrait permettre l'identification au niveau de l'espèce (selon la résolution des images). - Le véhicule téléguidé permet une certaine manœuvrabilité pendant le relevé. - Pourrait permettre la collecte de spécimens | <ul style="list-style-type: none"> - Il est difficile d'utiliser des images à haute résolution pour déterminer les changements dans le comportement des polypes après l'exposition aux déblais de forage. - Il faut plus de temps pour acquérir les données dans la zone d'étude comparativement aux relevés acoustiques. - Difficulté à déterminer un paramètre approprié pour mesurer visuellement la | Oui |

| Calendrier de surveillance | Outil | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|----------------------------|---|---|--|---|-------------------------------------|
| | | | (selon le véhicule téléguidé utilisé). - Méthode peu invasive. | santé des coraux et des éponges. - Le câble ombilical du véhicule téléguidé risque d'endommager les coraux et les éponges (selon le véhicule téléguidé utilisé). | |
| Avant Après | Relevé visuel (système de caméras remorquées) (Norwegian Environment Agency 2015) | À l'aide d'un plan de relevé prédéfini, cartographier visuellement la répartition des coraux et des éponges dans la zone d'étude et évaluer leur santé. | - Permet d'évaluer visuellement la répartition, la diversité et la santé des coraux et des éponges. - Méthode peu invasive. | - Il est difficile d'utiliser des images à haute résolution pour déterminer les changements dans le comportement des polypes après l'exposition aux déblais de forage. - Il faut plus de temps pour acquérir les données dans la zone d'étude comparativement aux relevés acoustiques. - Il n'est généralement pas recommandé de monter l'équipement océanographique sur les systèmes de caméras remorquées en raison de leur maniabilité limitée. - Difficulté à déterminer un paramètre approprié pour mesurer visuellement la santé des coraux et des éponges. - Le câble ombilical risque d'endommager les coraux | Non |

| Calendrier de surveillance | Outil | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|----------------------------|---|---|---|--|-------------------------------------|
| | | | | <p>et les éponges (selon le système utilisé).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Difficulté d'identification des espèces à de faibles niveaux taxonomiques (dépend de la résolution des images). | |
| Avant Après | Relevé acoustique (véhicule sous-marin autonome) (Yoklavich <i>et al.</i> 2015) | À l'aide d'un plan de relevé prédéfini, cartographier visuellement la répartition des coraux et des éponges dans la zone d'étude pour évaluer leur santé. | <ul style="list-style-type: none"> - Permet d'évaluer visuellement la répartition générale des coraux et des éponges, leur diversité et leur santé. - Peut servir à cartographier exactement les mêmes zones tout au long d'une campagne de forage pour assurer l'uniformité. - Pas de câble ombilical. - Méthode peu invasive. | <ul style="list-style-type: none"> - N'a pas été utilisé dans les relevés visuels précédents pour le forage exploratoire. - Les images à haute résolution n'ont pas permis d'identifier les changements de comportement des polypes après l'exposition aux déblais de forage. - Difficulté à déterminer un paramètre approprié pour mesurer visuellement la santé des coraux et des éponges. - Le parcours du véhicule sous-marin autonome ne peut pas être modifié une fois le véhicule déployé. - Difficulté d'identification des espèces à de faibles niveaux taxonomiques (dépend de la résolution des images). | Modérément |

| Calendrier de surveillance | Outil | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|----------------------------|---|--|---|---|---|
| Avant Après | Logiciel d'analyse d'image (Vad <i>et al.</i> 2017, Girard et Fisher 2018) | Utilisation d'images pour évaluer quantitativement les effets du forage sur la santé des espèces de coraux et d'éponges (c.-à-d. la proportion de tissus vivants par rapport aux tissus morts sur les colonies). | <ul style="list-style-type: none"> - Fournit un moyen de quantifier la santé des coraux. - Méthode non invasive. - Peut utiliser les images <i>in situ</i>. - Succès avéré dans les grands fonds. | <ul style="list-style-type: none"> - Automatisation pas toujours possible. - L'analyse des images prend beaucoup de temps. - Ne permettrait de traiter qu'un petit nombre d'observations. - Nécessite des images à haute résolution (suffisante pour un gros plan). - | Oui |
| Avant Après | Imageur hyperspectral sous-marin (Holden et Ledrew 1999, Letnes <i>et al.</i> 2019) | Utilise des techniques d'apprentissage machine pour automatiser la classification de la santé des coraux en fonction de la réflectance d'un imageur hyperspectral sous-marin. | <ul style="list-style-type: none"> - Méthode non invasive. - Capable d'automatiser le processus de quantification de la santé des coraux. - Représente un moyen de simplifier l'étude des effets sur les coraux. | <ul style="list-style-type: none"> - Testé uniquement sur <i>Lophelia pertusa</i> en laboratoire et sur des récifs coralliens <i>in situ</i>. - Non testé sur les éponges. - N'a pas encore été utilisé pour des applications <i>in situ</i> dans les grands fonds. - Il n'est pas certain que cette méthode permette de déterminer si les changements dans la santé des tissus sont provoqués par les déblais de forage. | Modérément (doit être spécialisé pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador) |
| Avant Pendant | Mesures du courant (DNV 2013) | Capteurs utilisés pour mesurer la direction et la vitesse du | <ul style="list-style-type: none"> - Les capteurs peuvent être configurés pour | <ul style="list-style-type: none"> - Ne peut pas fournir directement des | Oui |

| Calendrier de surveillance | Outil | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|-----------------------------------|------------------------------------|---|---|--|--|
| | | courant de l'eau à certaines profondeurs sur une période donnée. | <ul style="list-style-type: none"> enregistrer pendant de longues périodes. - Les capteurs peuvent mesurer à une profondeur précise ou dans toute la colonne d'eau. - Utile pour vérifier les résultats du modèle de dispersion. | <ul style="list-style-type: none"> renseignements sur la santé des coraux. - On sait que les activités de forage modifient les régimes de courant. | |
| Avant Pendant | Mesures de la turbidité (DNV 2013) | Capteurs qui mesurent la transparence de l'eau et peuvent être utilisés pour déterminer la concentration des sédiments dans la colonne d'eau. | <ul style="list-style-type: none"> - Utile pour vérifier les résultats du modèle de dispersion. - Peut servir à détecter les panaches des rejets de forage. | <ul style="list-style-type: none"> - Ne peut pas fournir directement des renseignements sur la santé des coraux. - Les mesures peuvent être biaisées en raison de l'activité biologique près du fond marin qui cause une redistribution des sédiments. | Oui |
| Pendant (avec des analyses après) | Pièges à sédiments (DNV 2013) | Cylindres qui emprisonnent les particules qui coulent, permettant de mesurer directement les niveaux de sédimentation. Souvent déployés en chute libre et récupérés par déclenchement acoustique. | <ul style="list-style-type: none"> - Certains pièges peuvent être préréglés pour échantillonner les sédiments à des moments/intervalles précis (p. ex. tous les mois). - Méthode non invasive pour déduire la sédimentation à laquelle les espèces de coraux et | <ul style="list-style-type: none"> - Si on utilise de petits pièges, il peut être difficile d'obtenir suffisamment de sédiments pour l'analyse. - Nécessite une station de référence secondaire pour tenir compte des changements temporels et spatiaux de la sédimentation. - Le piège se pose sur le fond marin, peut avoir | Oui |

| Calendrier de surveillance | Outil | Description | Avantages | Inconvénients | Convient à Terre-Neuve-et-Labrador? |
|----------------------------|--------------------------------------|--|--|---|-------------------------------------|
| | | | <p>d'éponges peuvent être exposées.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faible empreinte d'effets. | <p>une incidence sur l'habitat de coraux et d'éponges s'il atterrit sur les individus, bien que dans la plupart des cas, l'empreinte spatiale soit très faible.</p> | |
| Avant Après | Échantillons de sédiments (DNV 2013) | Carottes d'échantillonnage prélevées pour déterminer l'accumulation de déblais de forage dans la zone d'étude. | <ul style="list-style-type: none"> - Une carotte d'échantillonnage peut fournir suffisamment de données pour l'analyse des métaux associés au forage exploratoire. - Méthode relativement simple pour déterminer l'empreinte spatiale des effets. - Méthode peu invasive. | <ul style="list-style-type: none"> - Il faudrait plusieurs carottes dans la zone d'étude pour délimiter la zone d'effets. | Oui |

7. PRATIQUES EXEMPLAIRES RECOMMANDÉES

Diverses recommandations ont été formulées dans ce rapport pour permettre le forage exploratoire dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador tout en évitant ou en atténuant ses effets sur les espèces de coraux et d'éponges. Bon nombre des recommandations étaient directement liées au cadre décisionnel pour l'évitement des coraux et des éponges et les mesures d'atténuation connexes, décrit dans la figure 23, mais des recommandations dépassant la portée de ce cadre ont également été présentées : les seuils d'évitement et d'atténuation doivent intégrer la rareté, les caractéristiques du cycle biologique et le statut d'écosystème marin vulnérable des espèces de coraux et d'éponges et être propres à la région de Terre-Neuve-et-Labrador; il incombe à l'industrie de correctement recueillir des données en fonction de la technologie retenue pour satisfaire aux exigences décrites en matière d'évitement des coraux et des éponges et de mesures d'atténuation, y compris en réalisant des analyses documentaires afin de déterminer les diverses méthodes et analyses requises pour respecter les normes sur les pratiques exemplaires; prendre des photos *in situ* de grande qualité des spécimens échantillonnés; lorsque c'est possible, analyser les codes à barres de l'ADN de sous-échantillons des spécimens et inclure les résultats dans une base de données publique (comme GenBank) afin de faire corroborer l'identification des taxons par un expert. Les recommandations portant spécifiquement sur le cadre décisionnel décrit ont été résumées ci-après et sont organisées de manière à correspondre à l'organigramme (figure 23) présenté à la section 5.

ÉVITEMENT

RELEVÉS PRÉALABLES AU
FORAGE

ATTÉNUATION

SURVEILLANCE ET SUIVI

DÉPLACEMENT DU SITE

- Les activités de forage exploratoire doivent être déplacées des zones qui ont été déterminées comme abritant des densités importantes de coraux ou d'éponges, en particulier les zones benthiques importantes et les habitats des écosystèmes marins vulnérables.
- À l'extérieur des zones benthiques importantes et des habitats des écosystèmes marins vulnérables, les activités de forage exploratoire doivent avoir lieu à au moins 2 km des endroits où les relevés préalables au forage ont permis d'identifier des espèces de coraux ou d'éponges dans des densités égales ou supérieures aux seuils de densité importante. Il faut utiliser des modèles de dispersion des rejets de forage et des prévisions de la zone d'influence pour déterminer si un rayon plus grand est nécessaire.
- La zone d'effets (seuil sans effet probable de 1,5 mm) ne doit pas chevaucher les zones spéciales existantes (zones benthiques importantes ou habitats d'écosystèmes marins vulnérables), car elles peuvent encore être touchées par la dispersion des sédiments ou des contaminants.

MODÈLES DE DISPERSION

- Les modèles de dispersion doivent être élaborés à l'aide des meilleures estimations tridimensionnelles disponibles du courant.
- Les modèles de dispersion doivent tenir compte des variations saisonnières et interannuelles des courants océaniques.
- Les modèles de dispersion doivent permettre de suivre le dépôt de la plus grande fraction possible des matières en suspension.

-
- Lorsqu'ils sont disponibles, les modèles de dispersion des rejets de forage déjà validés pour des sites de forage exploratoire pertinents doivent être utilisés pour étayer la configuration du modèle pour les projets subséquents.
 - Les classes de sédiments utilisées dans les modèles de dispersion doivent être représentatives du site de forage proposé.
 - Les processus de la couche limite benthique doivent être inclus dans les modèles de dispersion.
 - Des analyses de sensibilité doivent être effectuées sur tous les paramètres pertinents du modèle de dispersion.

RELEVÉ DE RÉFÉRENCE

- Des relevés de référence doivent être effectués dans les zones qui n'ont pas encore fait l'objet d'un relevé et dans celles où des espèces de coraux et d'éponges sont présentes ou devraient être présentes.
- Les données sur les courants, la turbidité et les sédiments (taux et échantillons) doivent être recueillies dans le cadre des relevés de référence et des relevés préalables au forage.
- Il est recommandé d'avoir des sites témoins (en amont et en aval) à l'extérieur de la zone d'influence prévue.

RELEVÉ VISUEL

- Tous les sites de forage proposés doivent faire l'objet d'un relevé visuel approfondi à haute résolution (p. ex. HD, 4K ou la meilleure technologie disponible).
- Les données acoustiques préalables au forage (bathymétrie et rétrodiffusion) doivent être recueillies à une résolution suffisamment élevée pour permettre d'identifier les structures de coraux et d'éponges potentielles dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (p. ex. un sonar à ouverture synthétique ou une technologie similaire disponible), si ces relevés cherchent à identifier de telles structures.
- Des relevés visuels doivent vérifier les habitats potentiels de coraux et d'éponges localisés au moyen de relevés acoustiques.
- Un relevé hybride doit être effectué, qui intègre : 1) un relevé acoustique permettant de déterminer les types de fond (c.-à-d. l'habitat potentiel des coraux et des éponges) et 2) un relevé visuel permettant de détecter et d'identifier les coraux et les éponges.
- La conception des relevés visuels doit tenir compte de l'empreinte proposée de l'équipement de positionnement et de l'incertitude correspondante entourant la position (p. ex. les transpondeurs de positionnement dynamique, les ancres, les lignes d'amarrage).
- Le plan du relevé visuel doit suivre une configuration en trèfle et la longueur des lignes de transect doit être fondée sur l'empreinte de 1,5 mm du seuil sans effet probable déterminée par les modèles de dispersion. La vidéo doit être filmée uniformément sur toute la longueur de chaque ligne de transect (c.-à-d. en maintenant la qualité de la vidéo).
- Les relevés visuels doivent être conçus de façon à permettre de mesurer l'abondance et la densité (p. ex. tenir compte de l'angle de la caméra, de l'altitude et de la vitesse du véhicule) des coraux et des éponges autour d'un site de forage proposé.

- Les relevés doivent être effectués à des vitesses appropriées (0,5 nœud), avec la caméra à 1 à 2 m au-dessus du fond marin, et doivent être équipés pour les mesures *in situ*, l'identification taxonomique et la collecte d'échantillons de spécimens de référence (c.-à-d. qui peuvent confirmer l'identification des espèces à partir de la vidéo).
- En raison de la nature fragmentée de l'habitat des coraux et des éponges, une personne qualifiée doit examiner toutes les données vidéo (c.-à-d. pas seulement une partie de la vidéo) recueillies avant le forage exploratoire et l'information sur les densités importantes doit être communiquée à la Direction des sciences du MPO.
- Une formation normalisée est recommandée pour former les personnes à l'identification des coraux et des éponges à partir des données des relevés visuels.
- Les taxons ne doivent pas être identifiés au niveau de l'espèce au moyen de l'imagerie visuelle, à moins qu'un spécimen de référence n'ait été recueilli pour vérifier l'identification.
- Dans les cas où l'analyste vidéo est très confiant dans l'identification des espèces communes à partir de l'imagerie, les taxons peuvent être provisoirement identifiés à des niveaux taxonomiques inférieurs.

POSITIONNEMENT

- Les systèmes de positionnement doivent réduire le plus possible les risques d'effet sur les coraux et les éponges. Si des ancres sont nécessaires, elles doivent être déployées et récupérées par un véhicule téléguidé, dans la mesure du possible.
- Si des ancres sont utilisées, il faut appliquer des méthodes visant à réduire l'effet des amarres (p. ex. flottabilité) autant que possible.

FORAGE

- Des méthodes qui limitent la quantité de sédimentation pendant le forage du trou supérieur (p. ex. en évitant le lancement) sont recommandées dans les zones abritant des coraux et des éponges, lorsque cela est techniquement possible.
- Si des systèmes de transport des déblais sont utilisés, il faut inspecter visuellement le couloir d'équipement proposé et l'emplacement du site d'élimination afin de s'assurer que des densités importantes d'espèces de coraux et d'éponges ne sont pas présentes.
- Si des tas de déblais sont générés, il faut limiter la perturbation subséquente de ces zones afin d'empêcher la redistribution des sédiments contaminés.
- Dans la mesure du possible, le type de boues de forage choisi doit être celui qui a l'effet le plus faible possible sur les coraux et les éponges.
- Si possible, il convient d'éliminer ou de réduire les rejets de déblais de forage en mer.
- Autant que possible, le choix des méthodes d'élimination des déblais de forage doit être fondé sur l'effet le plus faible possible sur les coraux et les éponges.
- Les techniques d'atténuation de secours doivent être indiquées au cas où l'option première ne donne pas les résultats attendus.
- Les techniques et les outils d'atténuation doivent être adaptés aux conditions météorologiques dans l'Atlantique Nord-Ouest.

MISE HORS SERVICE

- Au lieu d'utiliser des techniques de grappin pour récupérer les ancres, il faut utiliser des véhicules téléguidés et des bouées de ramassage, lorsque c'est possible et faisable, pour réduire les effets sur le fond.
- Il faut réduire les effets sur les coraux et les éponges lors du retrait de la tête du puits (p. ex. utiliser le cisaillement interne si possible).

SURVEILLANCE RENFORCÉE

- Une surveillance et un suivi renforcés doivent être effectués dans les zones abritant des espèces de coraux et d'éponges.
- Il faut choisir des sites précis dans la zone d'influence et les utiliser pour surveiller les changements physiques, chimiques et biologiques qui peuvent se produire pendant le forage exploratoire.
- Les sites doivent être disposés selon une configuration radiale autour du site de forage proposé et tenir compte du courant de fond dominant.
- Des renseignements sur les courants, la turbidité et les sédiments (taux et échantillons) doivent être recueillis pendant la surveillance et le suivi.
- Il convient de prélever des carottes de sédiments pour donner une image détaillée des taux de sédimentation pendant les programmes de forage.
- La surveillance et le suivi doivent inclure des relevés visuels, réalisés à l'aide de véhicules téléguidés.
- La surveillance et le suivi renforcés doivent comprendre l'analyse d'images afin de permettre éventuellement d'évaluer les changements dans la santé des coraux et des éponges au fil du temps.
- Il faut utiliser le même plan de relevé et la même technique pour les relevés de suivi et pour les relevés préalables au forage afin de pouvoir comparer les résultats.
- Il est recommandé d'avoir des sites témoins (en amont et en aval) à l'extérieur de la zone d'influence prévue. Les sites doivent être les mêmes que ceux utilisés pour le relevé de référence préalable au forage.

8. CONCLUSION

Bien que l'on dispose de peu de renseignements sur les effets précis du forage exploratoire sur les espèces de coraux et d'éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, une analyse documentaire a révélé que les effets causés par ces activités pourraient être étendus et durer longtemps (Malecha et Stone 2009; Schönberg 2016; Cordes *et al.* 2016). En général, l'exposition aux activités de forage exploratoire a entraîné une réduction de l'abondance, de la biomasse et de la diversité des taxons benthiques, résultant de dommages chimiques et mécaniques (Ellis *et al.* 2012, Gates et Jones 2012, Paine *et al.* 2014). Compte tenu du rôle que jouent ces espèces dans le soutien de la biodiversité et le cycle organique dans les grands fonds (Baker *et al.* 2012, Beazley 2013a, Pham *et al.* 2019, Pierrejean *et al.* 2020), il est impératif de procéder à une évaluation approfondie des activités qui les mettent à risque afin d'éviter et d'atténuer les répercussions connexes potentielles.

Le manque d'information sur les effets précis sur les espèces de coraux et d'éponges a amené les exploitants de puits de pétrole et de gaz de la région de Terre-Neuve-et-Labrador à entreprendre des activités de forage exploratoire, mais avec peu d'évitement et d'atténuation des effets connexes. Le présent rapport reprend le cadre existant pour orienter l'élaboration de

procédures opérationnelles normalisées que l'industrie pourra appliquer à l'avenir. L'un des principaux points de ce rapport était l'application de la « hiérarchie d'atténuation » pour déterminer si l'exploration pétrolière et gazière devait avoir lieu à un emplacement proposé. Selon cette hiérarchie, l'objectif principal est d'éviter les dommages, les options secondaires et tertiaires consistant à atténuer et à compenser les dommages, respectivement.

L'obligation d'appliquer des mesures d'évitement ou d'atténuation repose en grande partie sur les renseignements recueillis au cours du relevé préalable au forage. Cependant, un examen des normes existantes appliquées dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador a révélé que de nombreuses petites espèces de coraux et d'éponges (moins de 30 cm de hauteur ou de largeur) peuvent passer inaperçues pendant les relevés préalables au forage, ce qui les expose à des dommages et à la mortalité. Pour remédier à cette situation, nous avons réalisé une analyse documentaire et décrit les améliorations recommandées aux méthodes de relevés préalables au forage dans le rapport (tableau 6). Les principales recommandations étaient les suivantes : recueillir des données acoustiques (p. ex. avec un échosondeur multifaisceaux ou un sonar à balayage latéral) à des résolutions permettant de repérer les petites espèces de coraux et d'éponges courantes dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador; normaliser la collecte de données visuelles avec une couverture plus vaste et une portée variable fondée sur un seuil sans effet probable de 1,5 mm; utiliser des méthodologies améliorées pour produire les modèles de dispersion; et élaborer des seuils provisoires de densité importante pour les groupes de coraux et d'éponges afin de déterminer si des mesures d'évitement ou d'atténuation sont requises à chaque site.

Les conclusions de ce rapport fournissent des recommandations détaillées sur les endroits où les activités de forage exploratoire doivent être évitées et, dans les zones où l'évitement n'est pas nécessaire, décrivent les exigences en matière d'atténuation. En général, les mesures d'évitement et d'atténuation présentées dans le rapport décrivent diverses méthodes qui permettraient d'éliminer ou de réduire le contact physique avec le fond marin ou la quantité de sédiments générée sur le site par les activités d'exploration. La documentation existante reconnaît également que des programmes de surveillance et de suivi renforcés doivent être mis en œuvre pour les zones où des espèces de coraux et d'éponges sont présentes ou se trouvent probablement (Buchanan *et al.* 2003, Norwegian Environment Agency 2015). À ce titre, le rapport décrit diverses méthodologies qui ont été utilisées dans d'autres régions pour saisir les effets de l'exploration pétrolière et gazière sur la santé des coraux et des éponges (tableau 9).

Enfin, étant donné qu'il reste encore des lacunes importantes dans les connaissances sur les coraux et les éponges dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, que les effets potentiels du forage exploratoire ne sont pas entièrement compris et que les effets cumulatifs des activités anthropiques n'ont pas été pris en compte dans le présent rapport, il est recommandé de poursuivre l'examen des seuils de densité et des pratiques exemplaires à mesure que de nouveaux renseignements deviennent disponibles.

9. RÉFÉRENCES CITÉES

- Abdo, D.A., Battershill, C.N., and Harvey, E.S. 2006. Manipulation of environmental variables and the effect on the growth of *Haliclona* sp.: Implications for open-water aquaculture. *Mar. Biol. Res.* 2(5): 326–332.
- Ackers, R.G., Moss, D., and Picton, B.E. 1992. [Sponges of Britain & Ireland. Marine Conservation Society, UK. Revised and extended](#), 2007, Bernard Picton, Christine Morrow & Rob van Soest.

-
- Addamo, A.M., Reimer, J.D., Taviani, M., Freiwald, A., and Machordom, A. 2012. [Desmophyllum dianthus \(Esper, 1794\) in the Scleractinian Phylogeny and Its Intraspecific Diversity](#). PLoS ONE 7(11): e50215.
- Allers, E., Abed, R.M.M., Wehrmann, L.M., Wang, T., Larsson, A.I., Purser, A., and de Beer, D. 2013. Resistance of *Lophelia pertusa* to coverage by sediment and petroleum drill cuttings. Mar. Pollut. Bull. 74: 132–140.
- Althaus, F., Williams, A., Schlacher, T.A., Kloser, R.J., Green, M.A., Barker, B.A., Bax, N.J., Brodie, P., and Schlacher-Hoenlinger, M.A. 2009. Impacts of bottom trawling on deep-coral ecosystems of seamounts are long-lasting. Mar. Ecol. Prog. Ser. 397: 279–294.
- Altuna, A., and Murillo, F.J. 2012. Diversity and distribution of sea-pens (Cnidaria: Pennatulacea) of the Flemish Pass and Grand Banks of Newfoundland (Northwest Atlantic Ocean). Revista de Investigación Marina. 19(6): 405–406.
- Altuna, A., Murillo, F.J., and Molodtsova, T. 2014. Deep-sea mushroom soft corals (Octocorallia: Alcyonacea) from the Flemish Pass, Flemish Cap and Grand Bank of Newfoundland (northwest Atlantic). XVIII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Gijón, Spain, September 2–5.
- AMEC. 2014. Eastern Newfoundland Strategic Environmental Assessment ISBN 978-1-927098-50-9, Canada-Newfoundland and Labrador Offshore Petroleum Board, St. John's, NL. 99 p.
- Amsler, M.O., McClintock, J.B., Amsler, C.D., Angus, R.A., and Baker, B.J. 2009. An evaluation of sponge-associated amphipods from the Antarctic Peninsula. Antarctic Science. 21(6): 579–589.
- Arndt, W. 1935. Porifera. Tierwelt Nord.-Ostsee, IIIa: 1–140, figs. 1–239.
- Auster, P.J. 2005. Are deep-water corals important habitats for fishes? In Cold-Water Corals and Ecosystems. Edited by A. Freiwald and J.M. Roberts. Springer Berlin Heidelberg. pp. 747–760.
- Auster, P.J. 2007. Linking deep-water corals and fish populations. Bull. Mar. Sci. Miami. 81: 93–99.
- Austin, W.C., Conway, K.W., Barrie, J.V., and Krautter, M. 2007. Growth and morphology of reef-forming glass sponge, *Aphrocallistes vastus* (Hexactinellida), and implications for recovery from widespread trawl damage. In Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability. Edited by M.R. Custodia, G. Lobo-Hajdu, E. Hajdu, and G. Muricy. Universidade Federal do Rio de Janeiro. pp. 139–145.
- Azzini, F., Calcinai, B., Cerrano, C., Bavestrello, G., and Pansini, M. 2007. Sponges of the marine karst lakes and of the coast of the islands of Ha Long Bay (North Vietnam). In Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability. Edited by M.R. Custodia, G. Lobo-Hajdu, E. Hajdu, and G. Muricy. Universidade Federal do Rio de Janeiro. pp. 157–164.
- Baillon, S., English, M., Hamel, J.-F. and Mercier, A. 2015. Comparative biometry and isotopy of three dominant pennatulacean corals in the Northwest Atlantic. Acta Zoologica. 97(4): 475–493.
- Baillon, S., Hamel, J.F., and Mercier, A. 2014. [Diversity, distribution and nature of faunal associations with deep-sea pennatulacean corals in the Northwest Atlantic](#). PLoS ONE. 9(11): e1111519.
-

-
- Baillon, S., Hamel, J.F., Wareham, V.E., and Mercier, A. 2012. [Deep cold-water corals as nurseries for fish larvae](#). *Front. Ecol. Environ.* 10: 351–356.
- Baillon, S., English, M., Hamel, J.F., and Mercier, A. 2016. [Comparative biometry and isotopy of three dominant pennatulacean corals in the Northwest Atlantic](#). *Acta Zoologica (Stockholm)*. 97: 475–493.
- Baker, K.D., Snelgrove, P.V.R., Fifield, D.A., Edinger, E.E., Wareham, V.E., Haedrich, R.L., and Gilkinson, K.D. 2019. [Small-scale patterns in the distribution and condition of bamboo coral, *Keratoisis grayi*, in submarine canyons on the Grand Banks, Newfoundland](#). *Front. Mar. Sci.* 3(674): 1–10.
- Baker, K.D., Wareham, V.E., Snelgrove, V.R., Haedrich, R.L., Fifield, D.A., Edinger, E.N., and Gilkinson, K.D. 2012. Distributional patterns of deep-sea coral assemblages in three submarine canyons off Newfoundland, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 445: 235–249.
- Bakhtyar, S., and Gagnon, M.M. 2012. Toxicity assessment of individual ingredients of synthetic-based drilling muds (SBMs). *Environ. Monit. Assess.* 184: 5311–5325.
- Bakke, T., Klungsøyr, J., and Sanni, S. 2013. [Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the Norwegian offshore petroleum industry](#). *Mar. Environ. Res.* 92: 154–169.
- Bannister, R.J., Battershill, C.N., and de Nys, R. 2012. Suspended sediment grain size and mineralogy across the continental shelf of the Great Barrier Reef: Impacts on the physiology of a coral reef sponge. *Cont. Shelf Res.* 32: 86–95.
- Bayer, F., Grasshoff, M., and Verseveldt, J. 1983. Illustrated trilingual glossary of morphological and anatomical terms applied to Octocorallia. E.J. Brill, Dr. W. Backhuys, Leiden, the Netherlands. 75 p.
- Beazley, L. 2008. Reproductive Strategies as the Determinant of Spatial Structure of Deep-Water Corals of the Northeast Channel. Honours Thesis, Biology Department. Dalhousie University, Halifax, NS. 69 p.
- Beazley, L.I., Kenchington, E., Murillo, F.J., and Sacau, M. 2013a. [Deep-sea sponge grounds enhance diversity and abundance of epibenthic megafauna in the Northwest Atlantic](#). *ICES. J. Mar. Sci.* 70: 1471–1490.
- Beazley, L., Anstey, L.J., and Kenchington, E.R. 2013b. Summary of the location of VME indicators on the Flemish Cap slope base don in situ benthic imagery analysis. NAFO SCR Doc. 13/076, Serial No. N6274, 18 p.
- Beazley, L.I., and Kenchington, E.L. 2015. Epibenthic Megafauna of the Flemish Pass and Sackville Spur (Northwest Atlantic) Identified from In Situ Benthic Image Transects. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3127: 496 p.
- Beazley, L., Kenchington, E., Murillo, F.J., Lirette, C., Guijarro, J., McMillan, A., and Knudby, A. 2016. Species Distribution Modelling of Corals and Sponges in the Maritimes Region for Use in the Identification of Significant Benthic Areas. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3172: vi + 189p.
- Bell, J.J. 2004. Evidence for morphology-induced sediment settlement prevention on the tubular sponge *Haliclona urceolus*. *Marine Biology.* 146: 29–38.
- Bell, J.J., and Barnes, D.K.A. 2000a. [The distribution and prevalence of sponges in relation to environmental gradients within a temperate sea lough: inclined cliff surfaces](#). *Divers. Distrib.* 6: 283–303.
-

-
- Bell, J.J., and Barnes, D.K.A. 2000b. [The distribution and prevalence of sponges in relation to environmental gradients within a temperate sea lough: vertical cliff surfaces](#). *Divers. Distrib.* 6: 283–303.
- Bell, J.J., McGrath, E., Biggerstaff, A., Bates, T., Cárdenas, C.A., and Bennett, H. 2015a. Global conservation status of sponges. *Conserv. Biol.* 29(1): 42–53.
- Bell, J.J., McGrath, E., Biggerstaff, A., Bates, T., Bennett, H., Marlow, J., and Shaffer, M. 2015b. Sediment impacts on marine sponges. *Mar. Pollut. Bull.* 94: 5–13.
- Best, M., Kenchington, E., MacIsaac, K., Wareham, V.E., Fuller, S.D., and Thompson, A.B. 2010. [Sponge Identification Guide NAFO Area](#). *Sci. Coun. Studies*, 43: 1–50.
- Bourgault, D., Cyr, F., Dumont, D., and Carter, A. 2014. [Numerical simulations of the spread of floating passive tracer released at the Old Harry prospect](#). *Environmental Research Letters*. 9(5):1–14.
- Bowerbank, J.S. 1866. A Monograph of the British Spongiadae. Volume 2. (Ray Society: London): i-xx, 1–388.
- BP. 2019a. Ephesus Prospect ROV Survey (2019-2024): Environmental Assessment Report. Halifax, N.S. 58 p.
- BP. 2019b. Ironbark Exploration Drilling: Environment Plan. AU601-HS-PLN-600-00001. Melbourne, Australia. 355 p.
- Brakstad, O.G., and Ramstad, S. 2001. Ukooa Phase II - Task 3: Depletion Studies of Contaminants in Drill Cuttings Mesocosm Systems Report to DNV and UKOOA Drill Cuttings Joint Industry Project, Sintef report STF66 A01139. Trondheim, Norway. ISBN 82-14-02297-5.
- Breuer, E., Stevensen, A.G., Howe, J.A., Carroll, J., and Shimmield, G.B. 2004. Drill cutting accumulations in the Northern and Central North Sea: a review of environmental interactions and chemical fate. *Mar. Pollut. Bull.* 48: 12–25.
- Brooke, S.D., Holmes, M.W., and Young, C.M. 2009. Sediment tolerance of two different morphotypes of the deep-sea coral *Lophelia pertusa* from the Gulf of Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 390: 137–144.
- Brown, B.E., and Bythell, J.C. 2005. Perspectives on mucus secretion in reef corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 296: 291–309.
- Bryan, T.L., and Metaxas, A. 2007. Predicting suitable habitat for deep-water gorgonian corals on the Atlantic and Pacific Continental Margins of North America. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 330: 113–126.
- Buchanan, R.A., Cook, J.A., and Mathieu, A. 2003. Environmental Effects Monitoring for Exploration Drilling No. ESRF – 018, LGL Limited Solicitation, St. John's, NL. 182 p.
- Buckley, M.W., and Marshall, J. 2016. Observations, inferences, and mechanisms of Atlantic Meridional Overturning Circulation variability: A review. *Reviews of Geophysics*. 54: 5–63.
- Buhl-Mortensen, L., and Mortensen, P.B. 2004. Symbiosis in deep-water corals. *Symbiosis*. 37: 33–61.
- Buhl-Mortensen, L., and Mortensen, P.B. 2005. Distribution and diversity of species associated with deep-sea gorgonian corals off Atlantic Canada. *In Cold-Water Corals and Ecosystems*. Edited by A. Freiwald and J.M. Roberts. Springer Berlin, Heidelberg. pp. 849–879.

-
- Buhl-Mortensen, P., Klungsøyr, J., Meier, S., Purser, A., Tenningen, E., and Thomsen L. 2010. Environmental Monitoring Report: Morvin 2009–2010, Institute of Marine Research. 125 p.
- Buhl-Mortensen, P., Buhl-Mortensen, L., and Purser, A. 2016. [Trophic Ecology and Habitat Provision in Cold-Water Coral Ecosystems. *In* Marine Animal Forests](#). Edited by S. Rossi. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 919–944
- Buhl-Mortensen, P., Gordon Jr., D.C., Buhl-Mortensen, L., and Kulka, D.W. 2017. First description of a *Lophelia pertusa* reef complex in Atlantic Canada. *Deep-Sea Res. I* 126, 21e30.
- Buhl-Mortensen, L., Burgos, J., Steingrund, P., Buhl-Mortensen, P., Olafsdottir, S., and Ragnarsson, S. 2019. Vulnerable marine ecosystems. Coral and sponge VMEs in Arctic and sub-Arctic waters Distribution and threats. 10.13140/RG.2.2.13159.50084. 145 p.
- Burt, J., Bartholomew, A., Bauman, A., Saif, A., and Sale, P.F. 2009. Coral recruitment and early benthic community development on several materials used in the construction of artificial reefs and breakwaters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 373: 72–78.
- Büttner, E., and Siebler, F. 2013. The impact of simulated dredging on sponges of the East Australian coastline semester report, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany.
- Cairns, S.D. 1981. Marine Flora and Fauna of the northeastern United States. Scleractinia. NOAA Technical Report NMFS Circular 438: U.S. Department of Commerce. National Oceanic Atmospheric Administration, Seattle, Washington. 15 p.
- Cairns, S.D. 2010. Studies on western Atlantic Octocorallia (Gorgonacea: Primnoidae). Part 8: New records of Primnoidae from the New England and Corner Rise Seamounts. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 120(3): 243–263.
- Cairns, S.D., and Taylor, M.L. 2019. [An illustrated key to the species of the genus *Narella* \(Cnidaria, Octocorallia, Primnoidae\)](#). *ZooKeys*. 822: 1–15.
- CAPP. 2017. [Exploration Drilling in Atlantic Canada Offshore Fact Sheet](#). Accessed 20 October 2019.
- Cárdenas, P., and Rapp, H.T. 2012. A review of Norwegian streptaster-bearing Astrophorida (Porifera: *Demospongiae: Tetractinellida*), new records and a new species, *Zootaxa*. 3253: 1–52.
- Cárdenas, P., and Rapp, H.T. 2015. Demosponges from the Northern Mid-Atlantic Ridge shed more light on the diversity and biogeography of North Atlantic deep-sea sponges. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 95(7): 1475–1516.
- Cárdenas, P., Rapp, H.T., Klitgaard, A.B., Best, M., Thollessen, M., and Tendal, O.S. 2013. Taxonomy, biogeography and DNA barcodes of *Geodia* species (Porifera, Demospongiae, Tetractinellida) in the Atlantic boreo-arctic region. *Zool. J. Linn. Soc.* 169: 251–311.
- Carter, H.J. 1874. Development of the marine sponges from the earliest recognizable appearance of the ovum to the perfected individual. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 14(4): 321–337, 389–406.
- Cathalot, C., Van Oevelen, D., Cox, T.J.S., Kutti, T., Lavaleye, M., Duineveld, G., and Meysman, F.J.R. 2015. [Cold-water coral reefs and adjacent sponge grounds: hotspots of benthic respiration and organic carbon cycling in the deep sea](#). *Front. Mar. Sci.* 2:37.
- CEAA. 2019a. Decision Statement Issued under Section 54 of the Canadian Environmental Assessment Act, 2012, Eastern Newfoundland Offshore Exploration Drilling Project. Ottawa, Ontario. April 17, 2019. 16 p.
-

-
- CEAA. 2019b. Decision Statement Issued under Section 54 of the Canadian Environmental Assessment Act, 2012 – Flemish Pass Exploration Drilling Project. Ottawa, Ontario. April 17, 2019. 16 p.
- Chassignet, E.P., Hurlburt, H.E., Metzger, E.J., Smedstad, O.M., Cummings, J.A., Halliwell, G.R., Bleck, R., Baraille, R., Wallcraft, A.J., Lozano, C., Tolman, H.L., Srinivasan, A., Hankin, S., Cornillon, P., Weisberg, R., Barth, A., He, R., Werner, F., and Wilkin, J. 2009. [US GODAE: Global Ocean Prediction with the HYbrid Coordinate Ocean Model \(HYCOM\)](#). *Oceanography*, 22(2): 64–75.
- Chimienti, G., Angeletti, L., Rizzo, L., Tursi, A. and Mastrototaro, F. 2018. [ROV vs trawling approaches in the study of benthic communities: The case of *Pennatulula rubra* \(Cnidaria: Pennatulacea\)](#). *J. Mar. Biol. Asso. Uni. King.* 98(8): 1859–1869.
- Cimberg, R.L., Gerrodette, T., and Muzik, K. 1981. Habitat Requirements and Expected Distribution of Alaska Coral. Report Prepared for Office of Marine Pollution Assessment, Alaska Office. Research Unit #601.
- Clark, M.R., Althaus, F., Schlacher, T.A., Williams, A., Bowden, D.A., and Rowden, A.A. 2016. [The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: a review](#). *ICES J. Mar. Sci.* 73 (Supplement 1): i51-i69.
- Clark, S., and Edwards, A.J. 1994. Use of artificial reef structures to rehabilitate reef flats degraded by coral mining in the Maldives. *Bull. Mar. Sci.* 55(2–3): 724–744.
- C-NLOPB. 2018. C-NLOPB Remarks to National Advisory Panel on Marine Protected Area Standards. Accessed 20 October 2019.
- C-NLOPB. 2019a. [Mapping Information and Shapefiles](#). Accessed 20 October 2019.
- C-NLOPB. 2019b. [Schedule of Wells Summary](#). Accessed 20 October 2019.
- C-NLOPB. 2019c. [Guidelines and Interpretation Notes](#). Accessed 20 October 2019.
- C-NSOPB. 2019. [June 22, 2018 Incident Bulletin Update: Unauthorized Discharge of Drilling Mud](#). Accessed 20 October 2019.
- Continental Shelf Associates (CSA). 1989. Pre-drilling and post-drilling surveys for Pensacola Area Block 996. Prepared for Texaco Producing Inc. 38 p.
- Cordes, E.E., Jones, D.O.B., Schlacher, T.A., Amon, D.J., Bernadino, A.F., Brooke, S., Carney, R., DeLeo, D.M., Dunlop, K.M., Escobar-Briones, E.G., Gates, A.R., Génio, L., Gobin, J., Henry, L.A., Herrera, S., Hoyt, S., Joye, M., Kark, S., Mestre, N.C., Metaxas, A., Pfeifer, S., Sink, K., Sweetman, A.K., and Witte, U. 2016. [Environmental impacts of the deep-water oil and gas industry: A review to guide management strategies](#). *Front. Environ. Sci.* 4:58.
- Costello, M.J., McCrea, M., Freiwald, A., Lundaiv, T., Jonsson, L., Bet, B.J., Van Weering, T.C.E., De Haas, H., Roberts, J.M., and Allen, D. 2005. Role of cold-water *Lophelia pertusa* coral reefs as fish habitat in the NE Atlantic. *In* Cold-water Corals and Ecosystems. Edited by A. Freiwald and J.M. Roberts. Springer-Verlag, Heidelberg. pp. 771–805.
- Currie, D.R., and Isaacs, L.R. 2005. Impact of exploratory offshore drilling on benthic communities in the Minerva gas field, Port Campbell, Australia. *Mar. Environ. Res.* 59: 217–233.
- Cyr, F., Colbourne, E., Galbraith, P.S., Gibb, O., Snook, S., Bishop, C., Chen, N., Han, G., et D. Senciall. 2020. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve et Labrador en 2018](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/018 iv + 50.
-

-
- Daan, R., Mulder, M., and Van Leeuwen, A. 1994. Differential sensitivity of macrozoobenthic species to discharges of oil contaminated drill cuttings in the North Sea. *J. Sea Res.* 33(1): 113–127.
- De Clippele, L.H., Huvenne, V.A.I., Molodtsova, T.N., and Roberts, J.M. 2019. The Diversity and Ecological Role of Non-scleractinian Corals (Antipatharia and Alcyonacea) on Scleractinian Cold-Water Coral Mounds. *Front. Mar. Sci.* 6:184.
- DeLeo, D.M., Ruiz-Ramos, D.V., Baums, I.B., and Cordes, E.E. 2016. Response of deep-water corals to oil and chemical dispersant exposure. *Deep-Sea Research II.* 129: 137–147.
- DFO. 2013. [Identification of Additional Ecologically and Biologically Significant Areas \(EBSAs\) within the Newfoundland and Labrador Shelves Bioregion](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2013/048.
- Dinn, C. 2019. Sponges of the Gulf of St. Lawrence: Field and Laboratory Guide. Fisheries and Oceans Canada – Gulf Fisheries Centre, Moncton, N.B. 102 p.
- Dinn, C., and Leys, S.P. 2018. [Field guide to sponges of the Eastern Canadian Arctic](#) Version 1.0. Department of Biological Sciences, University of Alberta, Edmonton, AB.
- DNR. 2019. Offshore Petroleum Activity Mapping Application. Available from: Accessed 20 October 2019).
- DNV. 2013. Monitoring of Drilling Activities in Areas with Presence of Cold Water Corals. Report No./DNV Reg No.: 2012-1691/12NCQKD-2. Rev 01, 2013-01-15. 27 p.
- Dodge, R.E. 1982. Effects of Drilling Mud on the Reef-Building Coral *Montastrea annularis*. *Mar. Biol.* 71: 141–147.
- DTI. 2001. An overview of offshore oil and gas exploration and production activities. Accessed 20 October 2019).
- Dunham, A., Pegg, J.R., Carolsfeld, W., Davies, S., Murfitt, I., and Boutillier, J. 2015. Effects of submarine power transmission cables on a glass sponge reef and associated megafaunal community. *Mar. Environ. Res.* 107: 50–60.
- Edge, K.J., Johnston, E.L., Daffom, K.A., Simpson, S.L., Kutti, T., and Bannister, R.J. 2016. Sub-lethal effects of water-based drilling muds on the deep-water sponge *Geodia barretti*. *Environ. Pollut.* 212: 525–534.
- Edinger, E., Baker, K., Devillers, R., and Wareham, V. 2007. Coldwater corals off Newfoundland and Labrador: Distribution and Fisheries Impacts. WWF-Canada. 41 p.
- Edinger, E., Wareham, V., Baker, K., and Haedrich, R. 2009. Relationships between deep-sea corals and groundfish. *In* The ecology of deep-sea corals of Newfoundland and Labrador waters: biogeography, life history, biogeochemistry, and relation to fishes. Edited by K. Gilkinson and E. Edinger. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2830.
- Edinger, E.N., Sherwood, O.A., Piper, D.J.W., Wareham, V.E., Baker, K.D., Gilkinson, K.D., and Scott, D.B. 2011. Geological features supporting deep-sea coral habitat in Atlantic Canada. *Cont. Shelf Res.* 31: S69–S84.
- Elliott, G. and Leys, S.P. 2007. Coordinated contractions effectively expel water from the aquiferous system of a fresh water sponge. *J. Exp. Biol.* 210: 3736–3748
- Ellis, J.I., Fraser, G., and Russell, J. 2012. Discharged drilling waste from oil and gas platforms and its effect on benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 456: 285–302.

-
- EnCana Energy Corporation. 2002. Deep Panuke Offshore Gas Development – Comprehensive Study Report. 546 p.
- Eno, N.C., MacDonald, D.S., Kinnear, J.A.M., Amos, C.S., Chapman, C.J., Clark, R.A., Bunker, Francis St., P.D., and Munro, C. 2001. Effects of crustacean traps on benthic fauna. ICES J. Mar. Sci. 58: 11–20.
- EPA. 2002. Environmental best management practice guideline for concreting contractors. Environmental Protection Authority, Sydney South, Sydney. 21 p.
- ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Environmental Systems Research Institute. Redlands, CA.
- ExxonMobil Canada Ltd. 2017. Eastern Newfoundland Offshore Exploration Drilling Project (CEAR 80132) - Environmental Impact Statement. Prepared by Amec Foster Wheeler and Stantec Consulting. St. John's, NL. 1483 p.
- Fang, J.K.H., Rooks, C.A., Krogness, C.M., Kutti, T., Hoffmann, F., and Bannister, R.J. 2018. Impact of particulate sediment, bentonite and barite (oil-drilling waste) on net fluxes of oxygen and nitrogen in Arctic-boreal sponges. Environ. Pollut. 238: 948–958.
- FAO. 2009. [International guidelines for the management of deep-sea fisheries in the high seas](#). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Accessed 30 October 2019.
- Flemming, B.W. 1976. Side Scan Sonar: A Practical Guide. International Hydrographic Review. 28 p.
- Foglini, F., Grande, V., Marchese, F., Bracchi, V.A., Prampolini, M., Angeletti, L., Castellan, G., Chimienti, G., Hansen, I.M., Gudmundsen, M., Meroni, A.N., Mercorella, A., Vertino, A., Badalamenti, F., Corselli, C., Erdal, E., Martorelli, E., Savini, A., and Taviani, M. 2019. [Application of Hyperspectral Imaging to Underwater Habitat Mapping, Southern Adriatic Sea](#). Sensors. 19: 2261.
- Försterra, G., Beuck, L., Häussermann, V., and Freiwald, A. 2005. Shallow-water *Desmophyllum dianthus* (Scleractinia) from Chile: characteristics of the biocoenoses and the bioeroding community, heterotrophic interactions and (paleo)-bathymetric implications. In Cold-water Corals and Ecosystems. Edited by A. Freiwald and J.M. Roberts. Springer-Verlag, Heidelberg. pp. 771–805, 937–977.
- Freese, J.L., and Wing, B.L. 2003. Juvenile Red Rockfish, *Sebastes* sp., Associations with Sponges in the Gulf of Alaska. Marine Fisheries Review, 65(3): 38–42.
- Freiwald, A., Fosså, J.H., Grehan, A., Koslow, T., and Roberts, J.M. 2004. Cold-water Coral Reefs. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. 87 p.
- Freiwald, A., and Roberts, J.M. (eds). 2005. Cold-water corals and ecosystems. Spring Berlin Heidelberg, New York. 1242 p.
- Fristedt, K. 1887. Sponges from the Atlantic and Arctic Oceans and the Behring Sea. Vega-Expeditionenens Vetenskap. Iakttagelser (Nordenskiöld) 4. 401–471, pls 22–31.
- Fuller, S.D. 2011. Diversity of Marine Sponges in the Northwest Atlantic. PhD thesis, Department of Biology, Dalhousie University, Halifax, N.S. 229 p.
- Fuller, S.D., Murillo, F.J., Wareham, V., and Kenchington, E. 2008. Vulnerable marine ecosystems dominated by deep-water corals and sponges in the NAFO convention area. NAFO SCR Doc. 08/22.

-
- Gass, S.E. 2005. Fishermen help recording the black coral from Canada. *In* Deep-Sea Newsletter. No. 34, June 2005.
- Gass, S.E., and Roberts, J.M. 2006. The occurrence of the cold-water coral *Lophelia pertusa* (Scleractinia) on oil and gas platforms in the North Sea: Colony growth, recruitment and environmental controls on distribution. *Mar. Pollut. Bull.* 52: 549–559.
- Gass, S.E., and Willison, J.H.M. 2005. An assessment of the distribution of deep-sea corals in Atlantic Canada by using both scientific and local forms of knowledge. *In* Cold-Water Corals and Ecosystems. Edited by A. Freiwald and J.M. Roberts. Springer Berlin Heidelberg. pp. 223–245.
- Gates, A.R., and Jones, D.O.B. 2012. [Recovery of Benthic Megafauna from Anthropogenic Disturbance at a Hydrocarbon Drilling Well \(380 m Depth in the Norwegian Sea\)](#). *PLoS ONE*. 7(10): e44114.
- George, J., and Vinodkumar, V. 2016. A Review of Advances in Synthetic Aperture Sonar Imaging Algorithms. *International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering*, 3(1): ISSN 2321–2004.
- Gilkinson, K., and Edinger, E. (eds). 2009. The ecology of deep-sea corals of Newfoundland and Labrador waters: biogeography, life history, biogeochemistry, and relation to fishes. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2830: 136 p.
- Gillard, B., Purkiani, K., Chatzievangelou, D., Vink, A., Iversen, M., and Thomsen, L. 2019. Physical and hydrodynamic properties of deep sea mining-generated, abyssal sediment plumes in the Clarion Clipperton Fracture Zone (eastern-central Pacific). *Elementa*. 7(5): 1–14.
- Gilliam, D.S., Walker, B.K., Saelens, S.J., Fahy, D.P., and Kosmynin, V.N. 2008. Recovery of Injured Giant Barrel Sponges, *Xestospongia muta*, Offshore Southeast Florida. *Marine & Environmental Sciences Faculty Proceedings, Presentations, Speeches, Lectures*. 55 p.
- Girard, F., and Fisher, C.R. 2018. Long-term impact of the Deepwater Horizon oil spill on deep-sea corals detected after seven years of monitoring. *Biol. Conserv.* 225: 117–127.
- Gleason, A.C.R., Reid, R.P., and Voss, K.J. 2007. [Automated classification of underwater multispectral imagery for coral reef monitoring](#). Presented at the Oceans 2007, p. 1–8. IEEE, Vancouver, BC.
- Grant, N., Matveev, E., Kahn, A.S., and Leys, S.P. 2018. Suspended sediment causes feeding current arrests in situ in the glass sponge *Aphrocallistes vastus*. *Mar. Environ. Res.* 137: 111–120.
- Grant, N., Matveev, E., Kahn, A.S., Archer, S.K., Dunham, A., Bannister, R.J., Eerkes-Medrano, D., and Leys, S.P. 2019. Effect of suspended sediments on the pumping rates of three species of glass sponge in situ. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 615: 79–100.
- Guijarro, J., Beazley, L., Lirette, C., Kenchington, E., Wareham, V., Gilkinson, K., Koen Alonso, M., and Murillo, F.J. 2016. Species Distribution Modelling of Corals and Sponges from Research Vessel Survey Data in the Newfoundland and Labrador Region for Use in the Identification of Significant Benthic Areas. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3171: 126 p.
- Gullage, L., Devillers, R., and Edinger, E. 2017. Predictive distribution modelling of cold-water corals in the Newfoundland and Labrador region. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 582: 57–77.
- Hamel, J.F., Montgomery, E.M., Barnich, R., and Mercier, A. 2015. [Range extension of the deep-sea polychaete worm *Neopolynoe acanellae* in Canada](#). *Mar. Biodivers. Rec.* 8: e9.

-
- Hawkes, N., Korabik, M., Beazley, L., Rapp, H.T., Xavier, J.R., and Kenchington, E. 2019. Glass sponge grounds on the Scotian Shelf and their associated biodiversity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 614: 91–109.
- Heifetz, J., Stone, R.P., and Shotwell, S.K. 2009. Damage and disturbance to coral and sponge habitat of the Aleutian Archipelago. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 397: 295–303.
- Hennige, S.J., Wicks, L.C., Kamenos, N.A., Perna, G., Findlay, H.S., and Roberts, J.M. 2015. [Hidden impacts of ocean acidification to live and dead coral framework](#). *Proc. R. Soc. B.* 282: 20150990.
- Henry, L.A., and Hart, M. 2005. [Regeneration from Injury and Resource Allocation in Sponges and Corals – a Review](#). *Int. Rev. Hydrobiol.* 90(2): 125–158.
- Henry, L.A., and Roberts, J.M. 2007. Biodiversity and ecological composition of macrobenthos on cold water coral mounds and adjacent off-mound habitat in the bathyal Porcupine Seabight, NE Atlantic. *Deep-Sea Res. Part I.* 54: 654–672.
- Henry, L.A., Kenchington, E.L.R., and Silvaggio, A. 2003. Effects of mechanical experimental disturbance on aspects of colony responses, reproduction, and regeneration in the cold-water octocoral *Gersemia rubiformis*. *Can. J. Zool.* 81: 1691–1701.
- Hestetun, J.T., Tompkins-MacDonald, G., and Rapp, H.T. 2017. A review of carnivorous sponges (Porifera: Cladorhizidae) from the Boreal North Atlantic and Arctic. *Zool. J. Linn. Soc.* 181: 1–69.
- Hitchin, R., Turner, J.A., and Verling, E. 2015. Epibiota remote monitoring from digital imagery: Operational guidelines. 29 p.
- Hoeksema, B.W. and Cairns, S. 2020. [World List of Scleractinia. *Lophelia pertusa* \(Linnaeus, 1758\) - World Register of Marine Species](#). Accessed 3 December 2019
- Hogg, M.M., Tendal, O.S., Conway, K.W., Pomponi, S.A., van Soest, R.W.M., Gutt, J., Krautter, M., and Roberts, J.M. 2010. Deep-sea Sponge Grounds: Reservoirs of Biodiversity. UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 32. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. 89 p.
- Holden, H., and Ledrew, E. 1999. Hyperspectral Identification of Coral Reef Features. *Int. J. Remo. Sens.* 20(13): 2545–2563.
- Hsing, P.Y., Fu, B., Larcom, E.A., Berlet, S.P., Shank, T.M., Govindarajan, A.F., Lukasiewicz, A.J., Dixon, P.M., and Fisher, C.R. 2013. [Evidence of lasting impact of the Deepwater Horizon oil spill on a deep Gulf of Mexico coral community](#). *Elementa:Sci. Anthropol.* 1:000012.
- Hueckel, G.J., Buckleu, R.M., and Benson, B.L. 1989. Mitigating rocky habitat loss using artificial reefs. *Bull. Mari. Sci.* 44(2): 913–922.
- Hurley, G., and Ellis, J. 2004. Environmental Effects of Exploratory Drilling Offshore Canada: Environmental Effects Monitoring Data and Literature Review – Final Report. Prepared for The Canadian Environmental Assessment Agency (CEAA), Regulatory Advisory Committee (RAC). August, 2004.
- Husky Energy. 2018. Husky Exploration Drilling Project: Environmental Impact Statement. Husky Control Doc No. ED-HSE-RP-0030. File No: 121413837. Prepared by Stantec Consulting Ltd. St. John's, NL. 825 p.
- Huvenne, V.A.I., Bett, B.J., Masson, D.G., Le Bas, T.P., and 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.

-
- ICES. 2010. Report of the ICES/NAFO Joint Working Group on Deep-water Ecology (WGDEC), 22–26 March 2010, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2010/ACOM:26. 160 p.
- Järnegren, J., Brooke, S., and Jensen, H. 2017. Effects of drill cuttings on larvae of the cold-water coral *Lophelia pertusa*. *Deep-Sea Res. II*. 137: 454–462.
- Järnegren, J., Brooke, S., and Jensen, H. 2020. [Effects and recovery of larvae of the cold-water coral *Lophelia pertusa* \(*Desmophyllum pertusum*\) exposed to suspended bentonite, barite and drill cuttings](#). *Mar. Env. Res.* 158.
- Johnsen, G., Ludvigsen, M., Sørensen, A., and Aas, L.M.S. 2016. The use of underwater hyperspectral imaging deployed on remotely operated vehicles – methods and applications. *IFAC Papers Online*. 49–23: 476–481.
- Jones, D.O.B., and Gates, A.R. 2010. Assessing the effects of hydrocarbon drilling activity on deep-water Megafauna in The Northern North Atlantic. A rapid universal assessment method? in SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production. Society of Petroleum Engineers. 15 p.
- Jones, D.O.B., Gates, A.R., and Lausen, B. 2012. Recovery of deep-water megafaunal assemblages from hydrocarbon drilling disturbance in the Faroe-Shetland Channel. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 461: 71–82.
- Jones, D.O.B., Hudson, I.R., and Bett, B.J. 2006. Effects of physical disturbance on the cold-water megafaunal communities of the Faroe-Shetland Channel. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 319: 34–54.
- Kark, S., Brokovich, E., Mazor, T., and Levin, N. 2015. Emerging conservation challenges and prospects in an era of offshore hydrocarbon exploration and exploitation. *Cons. Bio.* 29(6): 1573–1585.
- Kellogg, C.A., Ross, S.W., and Brooke, S.D. 2016. [Bacterial community diversity of the deep-sea octocoral *Paramuricea placomus*](#). *PeerJ*. 4:e2529.
- Kenchington, E., Best, M., Cogswell, A., MacIsaac, K., Murillo-Perez, F.J., MacDonald, B., Wareham, V., Fuller, S.D., Jørgensbye, H.I.Ø., Sklyar, V., and Thompson, A.B. 2009. Coral Identification Guide NAFO Area. SCS No. 42: 1–35.
- Kenchington, E., Lirette, C., Cogswell, A., Archambault, D., Archambault, P., Benoit, H., Bernier, D., Brodie, B., Fuller, S., Gilkinson, K., Lévesque, M., Power, D., Siferd, T., Treble, M., and Wareham, V. 2010. [Delineating Coral and Sponge Concentrations in the Biogeographic Regions of the East Coast of Canada Using Spatial Analyses](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/041. vi + 202 p.
- Kenchington, E., Murillo, F.J., Cogswell, A., and 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, Serial No. N6005, 53 p.
- Kenchington, E., Power, D., and Koen-Alonso, M. 2013. Associations of demersal fish with sponge grounds on the continental slopes of the northwest Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 477: 217–230.
- Kenchington, E., Murillo, F.J., Lirette, C., Sacau, M., Koen-Alonso, M., Kenny, A., Ollerhead, N., Wareham, V., and Beazley, L. 2014. [Kernel Density Surface Modelling as a Means to Identify Significant Concentrations of Vulnerable Marine Ecosystem Indicators](#). *PLoS ONE* 9(10): e109365.
-

-
- Kenchington, E., Beazley, L., Lirette, C., Murillo, F.J., Guijarro, J., Wareham, V., Gilkinson, K., Koen Alonso, M., Benoît, H., Bourdages, H., Sainte-Marie, B., Treble, M., and Siferd, T. 2016a. [Delineation of Coral and Sponge Significant Benthic Areas in Eastern Canada Using Kernel Density Analyses and Species Distribution Models](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/093. vi + 178 p.
- Kenchington, E., Lirette, C., Murillo, F.J., Beazley, L., Guijarro, J., Wareham, V., Gilkinson, K., Koen Alonso, M., Benoît, H., Bourdages, H., Sainte-Marie, B., Treble, M., and Siferd, T. 2016b. Kernel Density Analyses of Coral and Sponge Catches from Research Vessel Survey Data for Use in Identification of Significant Benthic Areas. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3167: viii + 207p.
- Kenchington, E., Lirette, C., Murillo, F.J., Beazley, L., and Downie, A.-L. 2019a. Vulnerable Marine Ecosystems in the NAFO Regulatory Area: Updated Kernel Density Analysis of Vulnerable Marine Ecosystem Indicators. NAFO SCR Doc. 19/058, Serial No. N7030, 68 p.
- Kenchington, E., Wang, Z., Lirette, C., Murillo, F.J., Guijarro, J., Yashayaev, I., and Maldonado, M. 2019b. Connectivity modelling of areas closed to protect vulnerable marine ecosystems in the northwest Atlantic. Deep-Sea Res. Pt. I. 143: 85–103.
- Kennedy, J., Flemer, B., Jackson, S.A., Morrissey, J.P., O’Gara, F., and Dobson, A.D.W. 2014. Evidence of a Putative Deep Sea Specific Microbiome in Marine Sponges. PLoS ONE. 9(3): e91092.
- Kjeilen-Eilertsen, G., Trannum, H., Jak, R., Smit, M., Neff, J., and Durell, G. 2004. Literature report on burial: derivation of PNEC as component in the MEMW model tool. ERMS Report no. 9B. 25 p.
- Klitgaard, A.B., and Tendal, O.S. 2004. Distribution and species composition of mass occurrences of large-sized sponges in the northeast Atlantic. Prog. Oceanogr. 61: 57–98.
- Knudby, A., Kenchington, E., and Murillo, F.J. 2013. [Modeling the distribution of Geodia sponges and sponge grounds in the Northwest Atlantic](#). PLoS ONE. 8(12): e82306.
- Komyakova, V., Jones, G.P., and Munday, P.L. 2018. Strong effects of coral species on the diversity and structure of reef fish communities: A multi-scale analysis. PLoS ONE. 13(8): e0202206.
- Kunzmann, K. 1996. Associated fauna of selected sponges (Hexactinellida and Demospongiae) from the Weddell Sea, Antarctica. Rep. Polar Res. 210:1–93.
- Kutti, T., Bannister, R.J., Fosså, J.H., Krogness, C.M., Tjensvoll, I., and Søvik, G. 2015. Metabolic response of the deep-water sponge *Geodia barrette* to suspended bottom sediment, simulated mine tailings and drill cuttings. J. Expe. Mari. Bio. Ecol. 473: 64–72.
- Lakhal, S.Y., Khan, M.I., and Islam, M.R. 2009. An “Olympic” framework for a green decommissioning of an offshore oil platform. Ocean Coast Manag. 52: 113–123.
- Langton, R.W., Langton, E.W., Theroux, R.B., and Uzmann, J.R. 1990. Distribution, behavior and abundance of sea pens, *Pennatula aculeata*, in the Gulf of Maine. Mar. Biol. 107: 463–69.
- Larsson, A.I., and Purser, A. 2011. Sedimentation on the cold-water coral *Lophelia pertusa*: Cleaning efficiency from natural sediments and drill cuttings. Mar. Pollut. Bull. 62: 1159–1168.

-
- Larsson, A.I., van Oevelen, D., Purser, A., and Thompsen, L. 2013. Tolerance to long-term exposure of suspended benthic sediments and drill cuttings in the cold-water coral *Lophelia pertusa*. *Mar. Pollut. Bull.* 70: 176–188.
- Lepland, A., and Mortensen, P.B. 2008. [Barite and barium in sediments and coral skeletons around the hydrocarbon exploration drilling site in the Træna Deep, Norwegian Sea.](#) *Environ. Geol.* 56: 119–129.
- Letnes, P.A., Hansen, I.M., Aas, L.M.S., Eide, I., Pettersen, R., Tassara, L., Receveur, J., le Floch, S., Guyomarch, J., Camus, L., and Bytingsvik, J. 2019. Underwater hyperspectral classification of deep sea corals exposed to 2- methylanthralene. *PLoS ONE.* 14(2): e0209960.
- Leys, S.P., and Degnan, B.M. 2002. Embryogenesis and metamorphosis in a haplosclerid demosponge: Gastrulation and transdifferentiation of larval ciliated cells to choanocytes. *Inver. Bio.* 121(3): 171–189.
- Liefmann, S., Järnegren, J., Johnsen, G. and Murray, F. 2018. Eco-physiological responses of cold-water soft corals to anthropogenic sedimentation and particle shape. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 504: 61–71.
- Long, S., Fuhrmann, M., Kemp, K., Blicher, M., and Yesson, C. 2018. Impacts of deep-sea Greenland halibut trawling on benthic ecosystems. *Deep-Sea Biology Symposium.* Monterey, California.
- Ludvigsen, M., Lågstad, P.A., Johnsen, G., Sørensen, A.J., and Ødegård, Ø. 2013. [Scientific operations combining ROV and AUV in the Trondheim Fjord.](#) *In Proceedings of the Conference Paper in Marine Technology Society Journal.*
- Lukens, R.R., and Selberg, C. 2004. Guidelines for marine artificial reef materials (2nd ed). Gulf and Atlantic States Marine Fisheries Commission. 198 p.
- Maclsaac, K.G., Best, M., Brugler, M.R., Kenchington, E.L.R., Anstey, L.J., and Jordan, T. 2013. [Telopathes magna gen. nov., spec. nov. \(Cnidaria: Anthozoa: Antipatharia: Schizopathidae\) from deep waters off Atlantic Canada and the first molecular phylogeny of the deep-sea family Schizopathidae.](#) *Zootaxa*, 3700(2): 237–258.
- Macreadie, P.I., Fowler, A.M., and Booth, D.J. 2011. [Rigs-to-reefs: will the deep sea benefit from artificial habitat?](#) *Front Ecol Environ.* 9(8): 455–461.
- Madsen, F.J. 1944. Octocorallia (Stolonifera - Telestacea - Xeniidae - Alcyonacea - Gorgonacea). *The Danish Ingolf-Expedition, Vol. V. Bianco Luno A/S.* 5(13): 1–65.
- Maldonado, M., Giraud, K., and Carmona, C. 2008. Effects of sediment on the survival of asexually produced sponge recruits. *Mar. Biol.* 154: 631–641.
- Maldonado, M., Aguilar, R., Bannister, R.J., Bell, J.J., Conway, K.W., Dayton, P.K., Diaz, C., Gutt, J., Kelly, M., Kenchington, E.L.R., Leys, S.P., Pomponi, S.A., Rapp, H.T., Rützler, K., Tendal, O.S., Vacelet, J., and Young, C.M. 2017. [Sponge grounds as key marine habitats: a synthetic review of types, structure, functional roles and conservation concerns.](#) *In Marine Animal Forests.* Edited by Rossi, S., Bramanti, L., Gori, A. and C. Orejas Saco del Valle. Springer International Publishing, Switzerland. pp. 1–39.
- Malecha, P.W., and Stone, R.P. 2009. Response of the sea whip *Halipteris willemoesi* to simulated trawl disturbance and its vulnerability to subsequent predation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 388: 197–206.
-

-
- Matsuzaki, Y., and Fujita, I. 2017. *In situ* estimates of horizontal turbulent diffusivity at the sea surface for oil transport simulation. *Mar. Pollut. Bull.* 117(1–2): 34–40.
- Meredyk, S.P., Edinger, E., Piper, D.J.W., Huvenne, V.A.I., Hoy, S., and Ruffman, A. 2020. [Enigmatic Deep-Water Mounds on the Orphan Knoll, Labrador Sea](#). *Front. Mar. Sci.* 6(744): 1–23.
- Miles, L. 2018. Cold-water Coral Distributions and Surficial Geology on the Flemish Cap, Northwest Atlantic. MSc thesis, Department of Geography, Memorial University of Newfoundland, St. John's, N.L. 112–130.
- Molodtsova, T. 2006. Black corals (Antipatharia: Anthozoa: Cnidaria) of the northeastern Atlantic. *In* *Biogeography of the Atlantic Seamounts*. Edited by A.N. Mironov, A.V. Gebruk, A.J. Southward. KMK Scientific, Moscow, Russia. 201 p.
- Molodtsova, T.N. 2013. [Deep-sea mushroom soft corals](#) (Octocorallia: Alcyonacea: Alcyoniidae) of the Northern Mid-Atlantic Ridge. *Mar. Biol. Res.* 9(5-6): 488–515.
- Mortensen, P.B., Buhl-Mortensen, L. and Gordon, D.C. Jr. 2006. Distribution of deep-water corals in Atlantic Canada. *In* *Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium*. Tokyo, Japan. Japanese Coral Reef Society. pp. 1832–1848.
- Mortensen, P.B. and Buhl-Mortensen, L. 2004. Distribution of deep-water gorgonian corals in relation to benthic habitat features in the Northeast Channel (Atlantic Canada). *Mar. Biol.* 144: 1223–1238.
- Mortensen, P.B., and Buhl-Mortensen, L. 2005. Deep-water corals and their habitats in The Gully, a submarine canyon off Atlantic Canada. *In* *Cold-Water Corals and Ecosystems*. Edited by A. Freiwald and J.M. Roberts. Springer Berlin Heidelberg. pp. 247–277.
- MPO. 2013. [Désignation de nouvelles zones d'importance écologique et biologique \(ZIEB\) de la biorégion des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador](#). Secr. can. de Pêches et Océans Canada, avis sci. de Pêches et Océans Canada, avis sci. 2013/048.
- MPO. 2018. [Examen des énoncés des incidences environnementales pour le projet de forage exploratoire au large des côtes de la passe Flamande et de l'est de Terre-Neuve-et-Labrador](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2018/026.
- MPO. 2019a. [Énoncé de politique sur la protection du poisson et de son habitat](#). Consulté le 1er septembre 2020.
- MPO. 2019b. [Refuges marins au Canada](#). Consulté le 20 octobre 2019
- MPO. 2019c. [Réévaluation de la zone de la baie Placentia et des Grands Bancs pour désigner les zones d'importance écologique et biologique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2019/040
- MPO. 2019d. [Évaluation de l'efficacité des mesures d'atténuation pour réduire les effets potentiels de l'exploration et de la production pétrolières et gazières sur les zones visées par des objectifs de conservation benthique définis](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2019/025.
- MPO. 2020. [Examen de l'ébauche de l'évaluation régionale du forage exploratoire extracôtier pétrolier et gazier à l'est de Terre-Neuve et du Labrador par l'Agence d'évaluation d'impact](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2020/033.
- MSIP. 2020. [Marine Species Identification Portal](#): Sponge of the Northeast Atlantic. Accessed 11 January 2019.
-

-
- Murillo, F.J., Durán Muñoz, P., Sacau, M., González-Troncoso, D., and Serrano, A. 2008. Preliminary data on cold-water corals and large sponges by-catch from Spanish/EU bottom trawl groundfish survey in NAFO Regulatory Area (Divs. 3LMNO) and Canadian EEZ (Div. 3L): 2005–2007 period. NAFO SCR Doc. 08/10, Serial No. N5501, 28 p.
- Murillo, F.J., Durán Muñoz, P., Altuna, A., and Serrano, A. 2011. Distribution of deep-water corals of the Flemish Cap, Flemish Pass, and the Grand Banks of Newfoundland (Northwest Atlantic Ocean): interaction with fishing activities. ICES J. Mar. Sci. 68: 319–332.
- Murillo, F.J., Durán Muñoz, P., Cristobo, J., Ríos, P., González, C., Kenchington, E., and Serrano, A. 2012. Deep-sea sponge grounds of the Flemish Cap, Flemish Pass and the Grand Banks of Newfoundland (Northwest Atlantic Ocean): Distribution and species composition. Mar. Biol. Res. 8–9: 842–854.
- Murillo, F.J., Tabachnick, K.R., and Menshenina, L.L. 2013. [Glass sponges off the Newfoundland \(Northwest Atlantic\): Description of a new species of *Dictyaulus* \(Porifera: Hexactinellida: Euplectellidae\)](#). J. Mar. Biol. 2013: 5.
- Murillo, F.J., Kenchington, E., Lawson, J.M., Li, G., and Piper, D.J.W. 2016a. [Ancient deep-sea sponge grounds on the Flemish Cap and Grand Bank, northwest Atlantic](#). Marine Biology. 163(63): 2–11.
- Murillo, F.J., Serrano, A., Kenchington, E., and José, M. 2016b. Epibenthic assemblages of the Tail of the Grand Bank and Flemish Cap (northwest Atlantic) in relation to environmental parameters and trawling intensity. Deep-Sea Research I, 109: 99-122.
- Murillo, F.J., MacDonald, B.W., Kenchington, E., Campana, S.E., Sainte-Marie, B., and 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. SC Working Group on Ecosystem Science and Assessment: November 2013. NAFO SCS Doc. 13/024. 209 p.
- NAFO. 2014. Occurrence of deep-water corals and sponges within NAFO regulatory area based on the data of observation onboard Russian fishing vessels during 2008–2013. NAFO SCR Doc. 14/042. 6 p.
- NAFO. 2019a. [Vulnerable Marine Ecosystem \(VME\) Closures](#). Accessed 20 October 2019.
- NAFO. 2019b. [VME fact sheets 2019. Northeast Flemish Cap 5](#). Rome. Accessed 07 January 2020.
- NAFO. 2019c. Report of the 12th Meeting of the NAFO Scientific Council Working Group on Ecosystem Science and Assessment (WG-ESA). NAFO SCS Doc. 19/25. Serial No N7027. 135 p.
- Necci, A., Tarantola, S., Vamanu, B., Krausmann, E., and Ponte, L. 2019. Lessons learned from offshore oil and gas incidents in the Arctic and other ice-prone seas. Ocean Engineering, 185: 12–26.
- Neff, J.M. 2005. Composition, environmental fates, and biological effects of water based drilling muds and cuttings discharged to the marine environment: a synthesis and annotated bibliography. Prepared for Petroleum Environmental Research Forum and American Petroleum Institute. Duxbury, MA. 83 p.
- Neff, J.M. 2010. Fate and effects of water based drilling muds and cuttings in cold water environments. Report for Shell Exploration and Production Company. Houston, Texas. 310 p.

-
- Neff, J.M., McKelvie, S., and Ayers, R.C. Jr. 2000. Environmental impacts of synthetic based drilling fluids. Report prepared for MMS by Robert Ayers & Associates, Inc. August 2000. U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. OCS Study MMS 2000-064. 118 p.
- Neves, B.M., Edinger, E., Hillaire-Marcel, C., Saucier, E.M., France, S.C., Treble, M.A., and Wareham, V.E. 2015. Deep-water bamboo coral forests in a muddy Arctic environment. *Mar. Biodivers.* 45: 867–871.
- Neves, B.M., Edinger, E., and Wareham Hayes, V.E. 2018b. Morphology and composition of the internal axis in two morphologically contrasting deep-water sea pens (Cnidaria: Octocorallia). *J. Nat. Hist.* 58: 659–685.
- Neves, B.M., Wareham Hayes, V., Herder, E., Hedges, K., Grant, C., and Archambault, P. 2020. [Cold-Water Soft Corals \(Cnidaria: Nephtheidae\) as Habitat for Juvenile Basket Stars \(Echinodermata: Gorgonocephalidae\)](#). *Front. Mar. Sci.* 7:547896.
- Newfoundland Offshore Petroleum Drilling and Production Regulations. SOR/2009-316. Accessed 10 January 2020.
- Nexen Energy ULC. 2019. Flemish Pass Exploration Drilling Project (2018–2028) – Environmental Impact Statement. Prepared by Amec Foster Wheeler. St. John's, NL Canada. 1185 p.
- Niu, H., Drozdowski, A., Husain, T., Veitch, B., Bose, N., and Lee, K. 2009. Modeling the dispersion of drilling muds using the bblt model: the effects of settling velocity. *Environ. Model. Assess.* 14(5): 585–594.
- Norwegian Environment Agency. 2015. Environmental monitoring of petroleum activities on the Norwegian continental shelf. M-408. 64 p.
- Norwegian Standards. 2012. Water Quality – Visual seabed surveys using remotely operated and/or towed observation gear for collection of environmental data. NS EN 16260:2012. 22 p.
- NPC. 2011. Plugging and abandonment of oil and gas wells. Working Document of the NPC North American Resource Development Study. Paper #2-25: 21 p.
- NSB Energy Consulting. 2016. Drilling Performance Review Offshore Newfoundland and Labrador. Prepared for Nalcor Energy – Oil and Gas. St. John's, NL. 545 p.
- Nutting, C.C. 1912. [Descriptions of the Alcyonaria collected by the U.S. Fisheries steamer "Albatross," mainly in Japanese waters, during 1906](#). Proceedings of the U.S. National Museum. Accessed 15 December 2019.
- Oebius, H.U., Becker, H.J., Rolinski, S., and Jankowski, J.A. 2001. Parametrization and evaluation of marine environmental impacts produced by deep-sea manganese nodule mining. *Deep Sea Res. Part II: Topi. Stud. Ocean.* 48(17–18): 3453–3467.
- OGP. 2003. Environmental aspects of the use and disposal of non aqueous drilling fluids associated with offshore oil & gas operations. International Association of Oil & Gas Producers. Report No: 342. 114 p.
- OGP. 2010. Blowout Frequencies. Risk Assessment Data Directory No. 434-02. 20 p.
- OGP. 2019. Blowout Frequencies. Risk Assessment Data Directory No. 434-02. 28 p.
- OMV New Zealand Ltd. 2018. Taranaki Basin Impact Assessment. Prepared by SLR Consulting NZ Limited. Port Nelson, Nelson, New Zealand. 319 p.

-
- Owen, R. 1841. Description of a New Genus and Species of Sponge (*Euplectella aspergillum*). Proceedings of the Zoological Society of London, 9: 3–5.
- Paine, M.D., DeBlois, E.M., Kilgour, B.W., Tracy, E., Pocklington, P., Crowley, R.D., Williams, U.P., and Janes, G.G. 2014. Effects of the Terra Nova offshore oil development on benthic macro-invertebrates over 10 years of development drilling on the Grand Banks of Newfoundland, Canada. Deep Sea Res. Part II. 110: 38–64.
- Parent, L., Ferry, N., Barnier, B., Garric, G., Bricaud, C., Testut, C.E., Le Galloudec, O., Lellouche, J.-M., Greiner, E., Drevillon, M., Remy, E., Moulines, J.-M., Guinehut, S., and Cabanes, C. 2013. GLOBAL Eddy-Permitting Ocean Reanalyses and Simulations of the Period 1992 to Present. Proc. 20 Years Prog. Radar Altimetry, 1–31.
- Perkol-Finkel, S., and Stella, I. 2014. Ecologically active concrete for coastal and marine infrastructure: Innovative matrices and designs. ICE Publishing.
- Pham, C.K., Murillo, F.J., Lirette, C., Maldonado, M., Colaço, A., Ottaviani, D., and Kenchington, E. 2019. [Removal of deep-sea sponges by bottom trawling in the Flemish Cap area: conservation, ecology and economic assessment](#). Sci. Rep. 9: 15843.
- Picton, B.E., and Costello, M.J. 1998. BioMar biotope viewer: a guide to marine habitats, fauna and flora of Britain and Ireland. [CD-ROM] Environmental Sciences Unit, Trinity College, Dublin.
- Picton, B.E., Morrow, C.C., and R.W.B. van Soest. 2011. [Isodictya palmate \(ellis & Solander, 1786\)](#). In Sponges of Britain and Ireland. Accessed 3 January 2020.
- Pierdomenico, M., Russo, T., Ambroso, S., Gori, A., Martorelli, E., D'Andrea, L., Gili, J.M., and Chiocci, F.L. 2018. Effects of trawling activity on the bamboo-coral *Isidella elongata* and the sea pen *Funiculina quadrangularis* along the Gioia Canyon (Western Mediterranean, southern Tyrrhenian Sea). Prog. Oceanogr. 169: 214–226.
- Pierrejean, M., Grant, C., Neves, B.M., Chaillou, G., Edinger, E., Blanchet, F.G., Maps, F., Nozais, C., and Archambault, P. 2020. [Influence of deep-water corals and sponge gardens on infaunal community composition and ecosystem functioning in the Eastern Canadian Arctic](#). Fron. Mar. Sci. 7:495.
- Pineda, M.C., Duckworth, A., and Webster, N. 2015. Appearance matters: sedimentation effects on different sponge morphologies. J. Mar. Bio. Asso. UK. 96(2): 481–492.
- Pivel, M.A.G., Freitas, C.M.D.S., and Comba, J.L.D. 2009. Modeling the discharge of cuttings and drilling fluids in a deep-water environment. Deep-Sea Res. II. 56: 12–21.
- Plotkin, A. 2004. Biodiversity and distribution of Polymastiidae (Desmospongiae, Hadromerida) in the Arctic area. Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova, 68: 535–547.
- Plotkin, A., Gerasimova, E., and Rapp, H. 2018. Polymastiidae (Porifera: Demospongiae) of the Nordic and Siberian Seas. J. Mar. Biolog. Assoc. U.K. 98(6):1273–1335.
- Pollock, F.J., Lamb, J.B., Field, S.N., Heron, S.F., Schaffelke, B., Shedrawi, G., Bourne, D.G., and Willis, B.L. 2014. [Sediment and Turbidity Associated with Offshore Dredging Increase Coral Disease Prevalence on Nearby Reefs](#). PLoS ONE, 9(7): e102498.
- Purser, A. 2015. [A Time Series Study of *Lophelia pertusa* and Reef Megafauna Responses to Drill Cuttings Exposure on the Norwegian Margin](#). PLoS ONE, 10(7): e0134076.
- Purser, A., and Thomsen, L. 2012. Monitoring strategies for drill cutting discharge in the vicinity of cold-water coral ecosystems. Mar. Pollut. Bull. 64: 2309–2316.
-

-
- Radice, V.Z., Quattrini, A.M., Wareham, V.E., Edinger, E.N., and Cordes, E.E. 2016. Vertical water mass structure in the North Atlantic influence the bathymetric distribution of species in the deep-sea coral genus *Paramuricea*. *Deep Sea Res. I.* 116: 253–263.
- Ragnarsson, S.Á., Burgos, J.M., Kutti, T., van der Beld, I., Egilsdóttir, H., Arnaud-Haond, S., and Grehan, A. 2016. The impact of anthropogenic activity on cold-water corals. *In* *Marine Animal Forests: The ecology of benthic biodiversity hotspots*. Edited by S. Rossi, L. Bramanit, A. Gori and Orejas, C. Springer International Publishing AG. pp. 989–1023.
- Raimondi, P.T., Barnett, A.M., and Krause, P.R. 1997. The effects of drilling muds on marine invertebrate larvae and adults. *Environ. Toxicol. Chem.* 16(6): 1218–1228.
- Ramirez-Llodra, E., Tyler, P.A., Baker, M.C., Bergstad, O.A., Clark, M.R., Escobar, E., Levin, L.A., Menot, L., Rowden, A.A., Smith, C.R., and Van Dover, C.L. 2011. [Man and the Last Great Wilderness: Human Impact on the Deep Sea](#). *PLoS ONE*, 6(7): e22588.
- Reiswig, H.M. 1971. In situ pumping activities of tropical Desmospongiae. *Marine Biology*. 9:38–50.
- Reiswig, H.M., and Kelly, M. 2011. The Marine Fauna of New Zealand: Hexasterophoran Glass Sponges of New Zealand (Porifera: Hexactinellida: Hexasterophora): Orders Hexactinosida, Aulocalycoida and Lychniscosida. *NIWA Biodiversity Memoir*, ISSN 1174–0043; 124. pp. 1–176.
- Roberts, J., Wheeler, A., Freiwald, A., and Cairns, S. 2009. [Cold-Water Corals: The Biology and Geology of Deep-Sea Coral Habitats](#). Cambridge University Press. New York, USA.
- Roberts, J.M., Wheeler, A.J., and Freiwald, A. 2006. Reefs of the deep: the biology and geology of cold-water coral ecosystems. *Science*, 312: 543–547.
- Robinson, B.H., Reisenbichler, K.R., and Sherlock, R.E. 2017. [The coevolution of midwater research and ROV technology at MBARI](#). *Oceanography*, 30(4):26–37.
- Rooper, C.N., Goddard, P., and Wilborn, R. 2019. [Are fish associations with corals and sponges more than an affinity to structure: Evidence across two widely divergent ecosystems](#). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*
- Ruiz-Ramos, D.V., Fisher, C.R., and Baums, I.B. 2017. [Stress response of the black coral *Leiopathes glaberrima* when exposed to sub-lethal amounts of crude oil and dispersant](#). *Elemental Science of the Anthropocene*. 5: 77.
- Ryer, C.H., Stoner, A.W., and Titgen, R.H. 2004. Behavioral mechanisms underlying the refuge value of benthic habitat structure for two flatfishes with differing anti-predator strategies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 269: 231–243.
- Salim, S., Pattiaratchi, C., Tinoco, R.O., and Jayaratne, R. 2018. Sediment Resuspension Due to Near-Bed Turbulent Effects: A Deep Sea Case Study on the Northwest Continental Slope of Western Australia. *J. Geophys. Res. Oceans*. 123(10), 7102–7119.
- Santos, M.F., Silva, J., Fachel, J.M.G., and Pulgati, F.H. 2010. Effects of non-aqueous fluids-associated drill cuttings discharge on shelf break macrobenthic communities in the Campos Basin, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167: 65–78.
- Sarà, A., Cerrano, C., and Sarà, M. 2002. Viviparous development in the Antarctic sponge *Stylocordyla borealis* Loven, 1868. *Polar Biol.* 25: 425–431.
- Saucier, E.H. 2016. Phylogenetic studies of the deep-sea bamboo corals (Octocorallia: Isididae: Keratoisidinae). Doctor of Philosophy Dissertation, Graduate Faculty of the University of Louisiana at Lafayette. ProQuest Number: 10163340.
-

-
- Schönberg, C. 2016. Effects of dredging on filter feeder communities, with a focus on sponges. Report of Theme 6 – Project 6.1. WEMSI Dredging Science Node. Western Australian Marine Science Institution. 140 p.
- Schöttner, S., Hoffman, F., Wild, C., Rapp, H.T., Boetius, A., and Ramette, A. 2009. Inter- and intra-habitat bacterial diversity associated with cold-water corals. *The ISME Journal*, 3: 756–759.
- Schöttner, S., Hoffman, F., Cárdenas, P., Rapp, H.T., Boetius, A., and Ramette, A. 2013. Relationships between Host Phylogeny, Host Type and Bacterial Community Diversity in Cold-Water Coral Reef Sponges. *PLoS ONE*, 8(2): e55505.
- Schuster, H.S. 2013. Asphyxiation by sedimentation? - a sponge's perspective. University of Southampton, Natural and Environmental Sciences Ocean and Earth Science, PhD thesis, Faculty of Natural and Environmental Sciences, Southampton, England. 196 p.
- Seabeam Instruments. 2000. Multibeam Sonar Theory of Operation. East Walpole, MA. 107 p.
- Seidov, D., Mishonov, A., Reagan, J., and Parsons, R. 2017. Multidecadal variability and climate shift in the North Atlantic Ocean. *Geophys. Res. Lett.* 44: 4985–4993.
- Smit, M.G.D., Holthaus, K.I.E., Trannum, H.C., Neff, J.M., Kjeilen-Eilertsen, G., Jak, R.G., Singaas, I., Huijbregts, M.A.J., and Hendriks, A.J. 2008. Species sensitivity distribution for suspended clays, sediment burial, and grain size change in the marine environment. *Environ. Toxicol. Chem.* 27(4): 1006–1012.
- Smit, M.G.D., Tamis, J.E., Jak, R.G., Karman, C.C., Kjeilen-Eilertsen, G., Trannum, H., and J. Neff. 2006. Threshold levels and risk functions for non-toxic sediment stressors: burial, grain size changes, and hypoxia – summary. ERMS Report no. 9. 49 p.
- Smith, G.C., Roy, F., Reszka, M., Surcel Colan, D., He, Z., Deacu, D., Belanger, J.-M., Skachko, S., Liu, Y., Dupont, F., Lemieux, J.-F., Beaudoin, C., Tranchant, B., Drévilion, M., Garric, G., Testut, C.-E., Lellouche, J.-M., Pellerin, P., Ritchie, H., Lu, Y., Davidson, F., Buehner, M., Caya, A., and Lajoie, M. 2016. [Sea ice forecast verification in the Canadian Global Ice Ocean Prediction System](#). *Q. J. Roy. Meteor. Soc.* 142(695): 659–671.
- Stansbury, D.E., Shelton, P.A., Bratley, J., Murphy, E.F., Lilly, G.R., Cadigan, N.G., and Morgan, M.J. 1998. [An assessment of the cod stock in NAFO Subdivision 3Ps](#). DFO Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc. 98/19.
- Stantec Consulting Ltd. 2018. Newfoundland Orphan Basin Exploration Drilling Program. Prepared for BP Canada Energy Group ULC. St. John's, NL. 45 p.
- Statoil Canada Ltd. 2017. Flemish Pass Exploration Drilling Program – Environmental Impact Statement. Prepared by Amec Foster Wheeler and Stantec Consulting. St. John's, NL Canada. November 2017. 1474 p.
- Steinhauer, M., and Imamura, E. (eds). 1990. California OCS Phase H Monitoring Program: Year-Three Annual Report. Report prepared for the U.S. Department of the Interior. Minerals Management Service, Pacific OCS Region, Los Angeles, California. Contract No. 14-12-0001-30262. Volume I (MMS 90-0055).
- Stone, R.P. 2006. Coral habitat in the Aleutian Islands of Alaska: depth distribution, finescale species association, and fisheries interactions. *Coral Reefs*, 25: 229–238.
- Stone, R.P., Masuda, M.M., and Malecha, P.W. 2005. Effects of bottom trawling on softsediment epibenthic communities in the Gulf of Alaska. *Am. Fish. Soc. Symp.* 41. 461–475.

-
- Stone, R.P., and Shotwell, S.K. 2007. State of the U.S. Deep Coral Ecosystems in the Alaska Region: Gulf of Alaska, Bering Sea and the Aleutian Islands. *In* State of Deep Coral Ecosystems of the United States. NOAA Technical Memorandum CRCP-3. Silver Spring MD. 2007:65–108. 376 p.
- Sward, D., Monk, J., and Barrett, N. 2019. [A Systematic Review of Remotely Operated Vehicle Surveys for Visually Assessing Fish Assemblages](#). *Front. Mar. Sci.* 6:134.
- Tabachnick, K.R., and Menshenina, L.L. 2007. Revision of the genus *Asconema* (Porifera: Hexactinellida: Rossellidae). *J. Mar. Biolog. Assoc. U.K.* 87(6): 1403–1429.
- Taghiyev, F., Hodne, H., and Saasen, A. 2015. [Using Drill Cuttings Waste as Resource for Spud Mud](#). Society of Petroleum Engineers.
- 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: iii + 15 p.
- Tenningen, E., Buhl-Mortensen, P., Klungsøyr, J., Meier, S., Purser, A., and Thomsen, L. 2011. Environmental monitoring report: Morvin 2009–2010. Norway: Institute of Marine Research. 125 p.
- Thompson, J.H., and Bright, T.J. 1980. Effects of an offshore drilling fluid on selected corals. *In* Proceedings of the Symposium on research on environmental fate and effects of drilling fluids and cuttings. Lake Buena Vista, Fla. 2: 1044–1078.
- Thurber, A.R., Sweetman, A.K., Narayanaswamy, B.E., Jones, D.O.B., Ingels, J., and Hansman, R.L. 2014. Ecosystem function and services provided by the deep sea. *Biogeosciences*, 11: 3941–3963.
- Tjensvoll, I., Kutti, T., Fosså, J.H., and Bannister, R.J. 2013. Rapid respiratory responses of the deep-water sponge *Geodia barretti* exposed to suspended sediments. *Aquat Biol.* 19: 65–73.
- Tompkins, G., Baker, E., Anstey, L., Walkusz, W., Siferd, T., and Kenchington, E. 2017. Sponges from the 2010-2014 Paamiut Multispecies Trawl Surveys, Eastern Arctic and Subarctic: Class Demospongiae, Subclass Heteroscleromorpha, Order Poecilosclerida, Family Coelosphaeridae, Genera *Forcepia* and *Lissodendoryx*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3224: v + 129 p.
- Tompkins-MacDonald, G.J., and Leys, S.P. 2008. Glass sponge arrest pumping in response to sediment: implications for the physiology of the hexactinellid conduction system. *Mar. Biol.* 154: 973–984.
- Trannum, H.C., Nilsson, H.C., Schaanning, M.T., and Øxnevad, S. 2010. Effects of sedimentation from water-based drill cuttings and natural sediment on benthic macrofaunal community structure and ecosystem processes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 383: 111–121.
- Trannum, H.C., Pettersen, A., and Brakstad, F. 2006. Field trial at Sleipner Vest Alfa Nord: Effects of drilling activities on benthic communities. ERMS Report no. 16. 50 p.
- Trowbridge, J.H., and Lentz, S.J. 2018. The bottom boundary layer. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 10: 397–420.
- Vad, J., Kazanidis, G., Henry, L., Jones, D.O.B., Tendal, O.S., Christiansen, S., Henry, T.B., and Roberts, J.M. 2018. [Potential impacts of offshore oil and gas activities on deep-sea sponges and the habitats they form](#). *Adv. Mar. Biol.* 79: 33–60.

-
- Vad, J., Orejas, C., Moreno-Navas, J., Findlay, H.S., and Roberts, J.M. 2017. [Assessing the living and dead proportions of cold-water coral colonies: implications for deep-water Marine Protected Area monitoring in a changing ocean](#). PeerJ, 5:e3705.
- Verhoeven, J.T.P., and Dufour, S.C. 2017. Microbiomes of the Arctic carnivorous sponges *Chondrocladia grandis* and *Cladorhiza oxeata* suggest a specific, but differential involvement of bacterial associates. Arctic Science, 4: 186–204.
- Verhoeven, J.T.P., Kavanagh, A.N., and Dufour, S.C. 2016. Microbiome analysis shows enrichment for specific bacteria in separate anatomical regions of the deep-sea carnivorous sponge *Chondrocladia grandis*. FEMS Microbiol. Ecol. 93(1): fiw214.
- Verrill, A.E. 1913. Report of the Canadian Arctic Expedition 1913-18. Volumn VIII: Mollusks, Echinoderms, Coelenterates, Tec. Part G: Alcyonaria and Actinaria. P.A. Acland. April 28, 1922.
- Vosmaer, G.C.J. 1885. The Sponges of the 'Willem Barents' Expedition 1880 and 1881. Bijdragen tot de Dierkunde. 12 (3): 1–47, pls IV.
- Vrålstad, T., Saasen, A., Fjær, E., Øia, T., Ytrehus, J.D. and Khalifeh, M. 2019. Plug & abandonment of offshore wells: Ensuring long-term well integrity and cost-efficiency. J. Petrol. Sci. Eng. 173: 478–491.
- Wareham Hayes, V.E., de Moura Neves, B., Walkusz, W., and Edinger, E. 2019. Updates on the Distribution of Deep-sea Corals in the Northwest Atlantic: a fourteen-year perspective (2005-2019). 7th International Symposium Deep-Sea Corals, Cartagena, Columbia. July 29–August 2, 2019.
- Wareham Hayes, V.E., Fuller, S., Shea, E., Tucker, K., and Baker, K. 2017. Egg deposition by *Rossia palpebrosa* (Cephalopoda: Rossiinae) in deep-sea sponges, in temperate Northwest Atlantic and fringes of polar Canadian Arctic. Poster, 10th World Sponge Conference, Galway, Ireland June 25–30, 2017.
- Wareham, V.E. 2009. Updates on deep-sea coral distributions in the Newfoundland Labrador and Arctic Regions, Northwest Atlantic pp. 4-22. *In* The ecology of deep-sea corals of Newfoundland and Labrador waters: biogeography, life history, biogeochemistry, and relation to fishes. Edited by Gilkinson, K. and E. Edinger. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2830: 136 p.
- Wareham, V.E., and Edinger, E.N. 2007. Distributions of deep-sea corals in the Newfoundland and Labrador region, Northwest Atlantic Ocean. *In* Conservation and adaptive management of seamount and deep-sea coral ecosystems. Edited by R. Y. George and S. D. Cairns. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami. Miami, Florida. pp. 289–313.
- Wareham, V.E., Molodtsova, T.N., Murillo, F.J., and Opresko, D.M. 2012. Recent progress in our understanding of the distribution of black corals (Cnidaria: Anthozoa: Antipatharia) in the Northwest Atlantic. 5th International Symposium on Deep-Sea Corals, Amsterdam, Netherlands. April 4, 2012.
- Weber, M., Lott, C., and Fabricius, K.E. 2006. Sedimentation stress in a scleractinian coral exposed to terrestrial and marine sediments with contrasting physical, organic and geochemical properties. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 336: 18–32.
- Weiler, B.A., Verhoeven, J.T.P. and Dufour, S.C. 2018. [Bacterial communities in tissues and surficial mucus of the cold-water coral *Paragorgia arborea*](#). Front. Mar. Sci. 5: 1–14.

-
- Wells, N.J., Stenson, G.B., Pepin, P., and Koen-Alonso, M. 2017. [Identification and Descriptions of Ecologically and Biologically Significant Areas in the Newfoundland and Labrador Shelves Bioregion](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/013. v + 87 p.
- Wheeler, A.J., Beyer, A., Freiwald, A., de Haas, H., Huvenne, V.A.I., Kozachenko, M., Olu-Le Roy, K., and Opderbecke, J. 2007. Morphology and environment of cold-water coral carbonate mounds on the NW European margin. *Int. J. Earth Sci.* 96(1): 37–56.
- White, H.K., Hsing, P.Y., Cho, W., Shank, T.M., Cordes, E.E., Quattrini, A.M., Nelson, R.K., Camilli, R., Demopoulos, A.W., German C.R., Brooks J.M., Roberts H.H., Shedd W., Reddy C.M., and Fisher C.R. 2012. Impact of the Deepwater Horizon oil spill on a deep-water coral community in the Gulf of Mexico. *PNAS.* 109(50): 20303–20308.
- WHOI. 2019. [Underwater Vehicles - SeaBed](#). Accessed 20 October 2019.
- Wilding, T.A. 2011. A characterization and sensitivity analysis of the benthic biotopes around Scottish salmon farms with a focus on the sea pen *Pennatula phosphorea* L. *Aquac. Res.* 42: 35–40.
- Williams, A., Althaus, F., and Schlacher, T.A. 2015. Towed camera imagery and benthic sled catches provide different views of seamount benthic diversity. *Limnol. Oceanogr.* 13: 62–73.
- Williams, A., Schlacher, T.A., Rowden, A.A., Althaus, F., Clark, M.R., Bowden, D.A., Stewart, R., Bax, N.J., Conalvey, M., and Kloser, R.J. 2010. [Seamount megabenthic assemblages fail to recover from trawling impacts](#). *Mar. Ecol.* 31: 183–199.
- Williams, G.C. 1995. Living genera of sea pens (Coelenterata: Octocorallia: Pennatulacea): illustrated key and synopses. *Zoo. J. Linne. Soci.* 113: 93–140.
- Wulff, J.L. 2008. [Collaboration among sponge species increases sponge diversity and abundance in a seagrass meadow](#). *Mar. Ecol.* 29(2):193–204.
- Wynn, R.B., Huvenne, V.A.I., Le Bas, T.P., Murton, B.J., Connelly, D.P., Bett, B.J., Ruhl, H.A., Morris, K.J., Peakall, J., Parsons, D.R., Sumner, E.J., Darby, S.E., Dorrell, R.M., and Hunt, J.E. 2014. [Autonomous Underwater Vehicles \(AUVs\): Their past, present and future contributions to the advancement of marine geoscience](#). *Marine Geology*, 352: 451–468.
- Yamamoto, M., and Morooka, C.K. 2005. Dynamic positioning system of semisubmersible platform using fuzzy control. *J. Braz. Soci. Mech. Sci. Engi.* 27(4): 449–455.
- Yoklavich, M., Clarke, M.E., Laidig, T., Fruh, E., Krigsman, L. Anderson, J., Taylor, J., and Romsos, C. 2016. [A characterization of deep-sea coral and sponge communities in areas of high bycatch in bottom trawls off Northern California](#). NOAA Technical Memorandum NMFS.
- Yoklavich, M., Reynolds, J. and Rosen, D. 2015. A Comparative Assessment of Underwater Visual Survey Tools: Results of a Workshop and User Questionnaire. NOAA Technical Memorandum NMFS.
- Zahra, O., and Rouhollah, A. 2016. Effect of the Spudcan's Footprints on Nearby Jackets Mudmat in Clayey Soil – Case Study. *Inter. J. Mari. Tech.* 6: 41–50.
- Zhao, J., Meng, J., Zhang, H., and Yan, J. 2017. [A New Method for Acquisition of High-Resolution Seabed Topography by Matching Seabed Classification Images](#). *Rem. Sens.* 9(12): 1214.
- Zibowius, H., and Cairns, S.D. 1992. Revision of the northeast Atlantic and Mediterranean Stylasteridae (Cnidaria: Hydrozoa). *Mémoires du Museum national d'Histoire naturelle, Paris, série A, Zoologie.* 153: 1–136.
-

ANNEXE A – LISTE DES ACRONYMES

| Acronyme | Définition |
|------------------------------|--|
| ACEE | Agence canadienne d'évaluation environnementale |
| AEIC | Agence d'évaluation d'effet du Canada |
| AMCEZ | Autre mesure de conservation efficace par zone |
| CO ₂ | Dioxyde de carbone |
| FAO | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| HD | Haute définition |
| HYCOM | Modèle de circulation océanique à coordonnée hybride |
| GLORYS | Global Ocean Reanalysis Simulation |
| MPO | Pêches et Océans Canada |
| NH ₄ ⁺ | Ammonium |
| NO ₂ ⁻ | Nitrite |
| NO ₃ ⁻ | Nitrate |
| NOROG | Norske Olje & Gass (administration norvégienne du pétrole et du gaz) |
| NSRF | Northern Shrimp Research Foundation |
| OCTNHE | Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers |
| OGP | Association internationale des producteurs de gaz et de pétrole |
| OPANO | Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest |
| PPPH | Programme de protection du poisson et de son habitat |
| ROPOS | Plateforme océanographique télécommandée |
| SGPOG | Système global de prévision océan-glace |
| SRPOG | Système régional de prévision océan-glace |
| T.-N.-L. | Terre-Neuve-et-Labrador |
| ZEE | Zone économique exclusive |
| ZIEB | Zone d'importance écologique et biologique |
| ZPM | Zone de protection marine (fédérale) |

ANNEXE B – DÉFINITIONS DES GROUPES DE CORAUX

Tableau A1 : Description des groupes de coraux cités dans le présent document. La fixation fait référence à la surface de la fixation, les croix indiquant la présence. Le nombre de croix indique la prévalence d'une surface de fixation dure ou douce pour un groupe précis en fonction de la majorité des taxons présents dans la région. L'état désigne l'état physique d'un échantillon provenant des relevés au chalut, qui influe sur les estimations de l'abondance et de la biomasse.

| Groupe | Description | Fixation | | État | Remarques |
|------------------|--|-------------|----------|-----------|--|
| | | Fond meuble | Fond dur | | |
| Grandes gorgones | Coraux arborescents ou en forme d'éventail de l'ordre des Alcyonacées, avec un axe interne (squelette) protéique ou calcaire. Les grandes gorgones peuvent atteindre des hauteurs de plus de >2 m. | + | ++ | Fragmenté | Échantillons souvent fragmentés dans les relevés au chalut. On les trouve généralement attachées à un substrat dur, mais le corail bambou <i>Keratoisis flexibilus</i> peut se fixer directement sur un substrat meuble (p. ex. Neves <i>et al.</i> 2015, publiée sous le nom de <i>Keratoisis</i> sp.). |
| Petites gorgones | Identiques aux grandes gorgones, mais plus petites à l'âge adulte (généralement <30 cm de hauteur). Ce groupe est principalement représenté par le corail bambou <i>Acanella arbuscula</i> et les fouets de mer <i>Radicipes</i> spp. | ++ | + | Fragmenté | Bien que <i>Radicipes</i> spp. et <i>Chrysogorgia</i> spp. puissent atteindre des hauteurs supérieures à 30 cm, ces espèces sont ici regroupées avec les petites gorgones parce qu'elles sont délicates et ne forment pas de structures massives comme les grandes gorgones. <i>Acanella arbuscula</i> se trouve généralement directement sur un substrat meuble, mais les autres petites gorgones sont habituellement fixées sur un substrat dur. |
| Coraux mous | Coraux de l'ordre des Alcyonacées sans axe interne. Ces coraux ont un corps mou soutenu par un squelette hydrostatique et de petites structures en CaCO ₃ (c.-à-d. des sclérites) intégrées dans leurs tissus. Ce groupe est principalement représenté par les familles des Nephtheidés et des Alcyoniidés (coraux-champignons), mais comprend des formes stolonifères (rampantes) comme <i>Clavularia</i> spp. | + | ++ | Entier | On les trouve généralement attachés à un substrat dur, mais <i>Gersemia fruticosa</i> et <i>Heteropolypus</i> spp. peuvent se fixer directement sur un substrat meuble. |
| Pennatules | Coraux de l'ordre des Pennatulacés. Comprennent à la fois les morphologies en plumes (p. ex. <i>Pennatula</i> spp.) et en fouet (p. ex. <i>Halipterus</i> spp., <i>Protoptilum</i> spp.). | ++ | - | Entier | On les trouve principalement sur un substrat meuble. Partiellement enterrées en permanence dans les sédiments (pédoncule). Certaines espèces peuvent s'enfouir complètement dans le substrat (p. ex. |

| Groupe | Description | Fixation | | État | Remarques |
|---------------|--|-------------|----------|-----------|--|
| | | Fond meuble | Fond dur | | |
| | | | | | <i>Pennatula aculeata</i> , Langton <i>et al.</i> 1990) à la suite d'indices que l'on ne comprend pas encore entièrement, mais qui pourraient influencer leur capturabilité dans les chaluts. |
| Coraux noirs | Coraux de l'ordre des Antipathaires. Ils ont un squelette organique en forme de fil métallique composé de couches concentriques de protéines et de chitine. La forme des colonies varie d'une morphologie en branches (p. ex. <i>Stauropthes</i> sp.) à une morphologie ressemblant à une plume (p. ex. <i>Bathypathes</i> sp.) ou à un fouet (p. ex. <i>Stichopathes</i> sp.). Certaines espèces peuvent dépasser 1 m de hauteur, mais la plupart sont inférieures à 50 cm. | - | ++ | Fragmenté | On les trouve moins fréquemment dans les relevés au chalut dans la région comparativement aux autres coraux. |
| Madréporaires | Coraux solitaires de l'ordre des Scléactiniaires. Ils ont un squelette en CaCO ₃ et peuvent être trouvés libres (non fixés) sur des fonds meubles ou fixés à des substrats durs. Ce groupe est principalement représenté par <i>Flabellum</i> spp., surtout <i>F. alabastrum</i> , une espèce vivant librement sur les fonds meubles. | ++ | + | Entier | Les individus sont petits (généralement < 5 cm de hauteur), mais peuvent se regrouper. Les autres espèces incluses dans ce groupe sont rares ou apparaissent peu fréquemment dans les relevés au chalut (p. ex. <i>Vaughanella</i> sp., <i>Javania</i> sp., <i>Fungiacyathus</i> sp.). |
| Hydrocoraux | Coraux de l'ordre des Anthoathécates (classe des Hydrozoaires). Ils ont des squelettes en CaCO ₃ et peuvent présenter une morphologie ramifiée ou incrustante ou former des feuillettes lamellés. Les colonies présentes dans cette région ont habituellement une morphologie ramifiée. | - | + | Fragmenté | On les trouve rarement dans les relevés au chalut dans la région. Les espèces observées dans la région ont une morphologie ramifiée et une hauteur inférieure à 30 cm. |

ANNEXE C – ESPÈCES DE CORAUX ET D'ÉPONGES À TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR

Tableau A2 : Liste des espèces de coraux et d'éponges d'eaux froides connues dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador.

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|--------------|--------------|---------------|----------------|--|---|
| Coraux noirs | Anthozoaires | Antipathaires | - | Antipathaires : Forme de croissance arborescente; hauteur : 50 cm (Baker <i>et al.</i> 2012). | Baker <i>et al.</i> 2012, Wareham <i>et al.</i> 2012 |
| | | | Antipathidés | Stichopathes spp. : Forme de croissance en spirale en forme de fouet et crampon; hauteur de 80 cm (Kenchington <i>et al.</i> 2009). | Murillo <i>et al.</i> 2011, 2016 b, Wareham <i>et al.</i> 2012 |
| | | | Leiopathidae | Leiopathes spp. : Forme de croissance arborescente; hauteur <1 m (Wareham <i>et al.</i> 2012, De Clippele <i>et al.</i> 2019). | Murillo <i>et al.</i> 2011, Wareham <i>et al.</i> 2012 |
| | | | Schizopathidés | Bathypathes patula : Forme de croissance monopodiale; hauteur : 15 cm (Molodtsova 2006, Baker <i>et al.</i> 2012). | Baker <i>et al.</i> 2012, Wareham <i>et al.</i> 2012 |
| | | | | Bathypathes spp. : Forme de croissance monopodiale; hauteur <50 cm (Moldtsova 2006, V. Hayes, comm. pers.). | Wareham 2009 |
| | | | | Schizopathidés : Forme de croissance en spirale, en fouet; hauteur >60 cm (Molodtsova 2006, Baker <i>et al.</i> 2012). | Baker <i>et al.</i> 2012 |
| | | | | Stauopathes arctica : Synonyme de <i>Bathypathes arctica</i> . Forme de croissance arborescente et arbustive densément ramifiée sur une tige mince avec crampon; hauteur <1 m (Molodtsova 2006, V. Hayes, comm. pers.). | Gass 2005, Gass et Wilson 2005, Wareham et Edinger 2007, Wareham <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016 b |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources | | |
|---|--|------------------|---|--|--|--|---|
| Coraux noirs | Anthozoaires | Antipathaires | Schizopathidés | <i>Stauropathes cf. punctate</i> : Forme de croissance arborescente, arbustive ou en éventail, avec crampon; hauteur <1 m (Molodtsova 2006, V. Hayes, comm. pers.). | Wareham <i>et al.</i> 2012 | | |
| | | | | <i>Telopathes magnus</i> : Longue forme de croissance arborescente avec crampon; hauteur >1 m (MacIsaac <i>et al.</i> 2013). | Beazley <i>et al.</i> 2013 | | |
| Madréporaires | | Scléractiniaires | Fungiacyathidae | Fungiacyathidés | <i>Fungiacyathus (Bathyactis) marenzelleri</i> : Dur, avec une forme de croissance en disque; hauteur ~1 cm, largeur ~2 cm (V. Hayes, comm. pers.). | V. Hayes, comm. pers. | |
| | | | | | Caryophyllidés | <i>Caryophyllia (Caryophyllia) ambrosia</i> : Forme de croissance en tasse; hauteur ~3 cm, largeur ~3 cm (Cairns 1981). | V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | | | <i>Desmophyllum dianthus</i> : Dur, avec une forme de croissance en calice; hauteur de 7 cm, largeur de 5 cm (Cairns 1981). | Wareham et Edinger 2007, Baker <i>et al.</i> 2012 |
| | | | <i>Vaughanella margaritata</i> : Dur, avec une forme de croissance en tasse; hauteur <3 cm, largeur ~3 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Baker <i>et al.</i> 2012 | | | |
| | | | Flabellidés | <i>Flabellum (Ulocyathus) alabastrum</i> : Dur, avec une forme de croissance en tasse; hauteur <5 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Baker <i>et al.</i> 2012 | | |
| | | | | <i>Flabellum (Ulocyathus) angulare</i> : Dur, avec une forme de croissance en tasse; hauteur <4 cm, largeur <6 cm (Cairns 1981). | Beazley et Kenchington 2015 | | |
| <i>Flabellum (Ulocyathus) macandrewi</i> : Dur, avec une forme de croissance en tasse, se fragmente facilement; hauteur <2 cm (Cairns 1981). | Wareham 2009, Baker <i>et al.</i> 2012 | | | | | | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|---------------------------|--------------|------------------|------------------|--|---|
| Madréporaires | | Scléractiniaires | Flabellidés | Javania cailleti : Forme de croissance en calice; hauteur ~1 cm, largeur ~8 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham 2009, Baker <i>et al.</i> 2012 |
| Coraux formant des récifs | | | Caryophyllidés | Lophelia pertusa : Récemment identifié comme <i>Desmophyllum pertusum</i> . Dur, avec une forme de croissance ramifiée, des branches croisées et fusionnées; la hauteur varie de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres (voir Wheeler <i>et al.</i> 2007). | Cette espèce n'a pas été documentée dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Documentée sur le plateau néo-écossais (Buhl-Mortensen <i>et al.</i> 2017) et dans le sud-ouest du Groenland (Kenchington <i>et al.</i> 2016). |
| Grandes gorgones | Anthozoaires | Alcyonacés | - | Alcyonacés : Publiés sous les espèces de gorgones. Forme de croissance arborescente; hauteur de 50 cm (Baker <i>et al.</i> 2012). | Baker <i>et al.</i> 2012 |
| | | | Acanthogorgiidés | Acanthogorgia armata : Forme de croissance arborescente dense avec crampon; hauteur de 50 cm (Wareham et Edinger 2007, Baker <i>et al.</i> 2012). | Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016 b |
| | | | Chrysogorgiidés | Chrysogorgia spp. : Formes de croissance arborescente ou en goupillon; hauteur <30 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Meredyk <i>et al.</i> 2020 |
| Grandes gorgones | Anthozoaires | Alcyonacés | Coralliidés | Corallium spp. : Squelette dur avec des formes de croissance arborescente; hauteur <30 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Beazley <i>et al.</i> 2013 |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|------------------|--------------|------------|-------------|--|---|
| | | | Isididés | Isididés : Forme de croissance arborescente avec axe articulé; hauteur de 30 cm (Baker <i>et al.</i> 2012). | Baker <i>et al.</i> 2012, Meredyk <i>et al.</i> 2020 |
| | | | | Keratoisis cf. siemensii : Forme de croissance arborescente avec axe articulé. | Murillo <i>et al.</i> 2016 b |
| | | | | Keratoisis flexibilus : Publiée sous le nom de <i>Keratoisis</i> sp. Forme de croissance arborescente dense, avec des branches minces et un axe articulé; hauteur <1 m (Neves <i>et al.</i> 2015). | Neves <i>et al.</i> 2015, Saucier 2016 |
| | | | | Keratoisis grayi : Publiée sous le nom de <i>Keratoisis ornata</i> . Forme de croissance arborescente avec des branches épaisses, axe articulé; hauteur de 215 cm; largeur de 250 m (Baker <i>et al.</i> 2012, 2019). | Edinger <i>et al.</i> 2007, Wareham et Edinger 2007, Baker <i>et al.</i> 2012 |
| | | | | Keratoisis sp. : Forme de croissance arborescente avec axe articulé. | Murillo <i>et al.</i> 2011, Beazley <i>et al.</i> 2013 |
| | | | | Lepidisis sp. : Forme de croissance en fouet, avec axe articulé; hauteur de 30 cm (Baker <i>et al.</i> 2012). | Baker <i>et al.</i> 2012, Miles 2018. |
| | | | Plexauridés | Paramuricea grandis : Grande forme de croissance arborescente ou en éventail; hauteur <1 m (Wareham et Edinger 2007). | Murillo <i>et al.</i> 2016 b |
| | | | | Paramuricea placomus : Remarque : publiée sous le nom de <i>P. grandis</i> . Grande forme de croissance arborescente ou semblable à un éventail; hauteur <1 m (Wareham et Edinger 2007). | Edinger <i>et al.</i> 2007, Wareham et Edinger 2007 |
| Grandes gorgones | Anthozoaires | Alcyonacés | Plexauridés | Paramuricea spp. : Grandes formes de croissance arborescente ou en éventail; jusqu'à 4 espèces (Radice <i>et al.</i> 2016); hauteur de 45 cm (Baker <i>et al.</i> 2012). | Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2011, 2016 b, Radice <i>et al.</i> 2016 |
| | | | | Placogorgia sp. : Forme de croissance arborescente ou en éventail. | Murillo <i>et al.</i> 2011, 2016 b; V. Hayes, comm. pers. |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|--|--|------------|----------------|---|--|
| Petites gorgones | | | Paragorgiids | Paragorgia arborea : Grande forme de croissance arborescente ou en éventail, avec des branches épaisses; hauteur <5 m (Baker <i>et al.</i> 2012, Buhl-Mortensen <i>et al.</i> 2019). | Gass et Wilson 2005; Wareham et Edinger 2007; Baker <i>et al.</i> 2012, Miles 2018, Meredyk <i>et al.</i> 2020 |
| | | | | Paragorgia johnsoni : Grande forme arborescente ou en éventail; hauteur ~1 m (V. Hayes, comm. pers.). | Murillo <i>et al.</i> 2011, 2016 b |
| | | | Primnoids | Primnoa resedaeformis : Forme de croissance arborescente dure, mais flexible avec ramification dichotomique; hauteur de 1 m (Bayer 1983, Buhl-Mortensen <i>et al.</i> 2016). | Gass et Wilson 2005; Wareham et Edinger 2007; Murillo <i>et al.</i> 2016 b |
| | | | Anthothelids | Anthothela grandiflora : Colonies densément ramifiées; hauteur <10 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Murillo <i>et al.</i> 2016 b |
| | | | Chrysogorgiids | Radicipes gracilis : Forme de croissance mince, en fouet, avec crampon rhizoïde; hauteur <1 m (Wareham et Edinger 2007). | Wareham et Edinger 2007, Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016 b |
| Chrysogorgia agassizii : Forme de croissance en goupillon; hauteur de 30 cm (Bayer 1983, Baker <i>et al.</i> 2012). | Wareham 2009, Baker <i>et al.</i> 2012 | | | | |
| Petites gorgones | Anthozoaires | Alcyonacés | Isidids | Acanella arbuscula : Forme de croissance arborescente dense, mais ferme, avec axe articulé et crampon rhizoïde; hauteur <30 cm (Baker <i>et al.</i> 2012). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009, Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016 b |
| | | | Primnoids | Narella cf. laxa : Forme de croissance arborescente; hauteur <30 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Miles 2018 |
| | | | | Parastenella atlantica : Forme de croissance arborescente, planaire avec quelques branches; hauteur de 10 cm, largeur de 10 cm (Cairns 2010). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009, Murillo <i>et al.</i> 2016b |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|-----------------|---|--|---------------|--|--|
| | | | Plexauridés | Swiftia sp. : Formes arborescente, arbustive ou en éventail, petit crampon; hauteur <30 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Murillo <i>et al.</i> 2011, 2016b, Miles 2018 |
| Hydrocoraux | | Anthoathécates | Stylasteridés | Stylaster erubescens groenlandicus : Formes de croissance arborescente uniplanaire dure, branches épaissies; hauteur de 8 mm (Zibrowius et Cairns 1992). | V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | Stylaster spp. : Formes de croissance arborescente uniplanaire dure, branches épaissies; hauteur de 12 cm, largeur de 18 cm (V. Hayes, comm. pers.). | V. Hayes, comm. pers. |
| Pennatules | | Pennatulacés | Anthoptilidés | Anthoptilum grandiflorum : Colonies en fouet en forme de « ? »; hauteur de 60 cm (Baillon <i>et al.</i> 2016). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009, Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | Anthoptilum murrayi : Noter qu'il s'agit d'une espèce sœur de <i>A. grandiflorum</i> . Colonies en fouet en forme de « ? »; hauteur <50 cm (Williams 1995, V. Hayes, comm. pers.) | V. Hayes, comm. pers. |
| Pennatules | Anthozoaires | Pennatulacés | Funiculinidés | Funiculina quadrangularis : Forme de croissance délicate, en fouet; hauteur <1 m (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009, Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | Halopteridae | Halipteris cf. Christii : Forme de croissance souple, en fouet; hauteur de 12 cm (Nutting 1912). | Altuna et Murillo 2012, Murillo <i>et al.</i> 2011, 2016b |
| | | | | Halipteris finmarchica : Forme de croissance ferme, mais souple, en fouet; hauteur <2,5 m, mais généralement <1 m (Baillon <i>et al.</i> 2016, V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | Halipteris sp. : Forme de croissance souple, en fouet (Williams 1995). | Beazley 2013b, Beazley et Kenchington 2015 |
| Kophobelemnidés | Kophobelemnion sp. : Forme de croissance petite, en massue, avec la majorité de la colonie enfouie (V. Hayes, comm. pers.) | Beazley <i>et al.</i> 2013b, Beazley et Kenchington 2015 | | | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|------------|--------------|--------------|----------------|--|--|
| Pennatules | Anthozoaires | Pennatulacés | | <i>Kophobelemnon stelliferum</i> : Forme de croissance petite, en massue, avec la majorité de la colonie enfouie; hauteur <15 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009, Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | Pennatulidés | <i>Pennatula aculeata</i> : Remarque : publiée sous le nom de <i>Pennatula phosphorea</i> . Forme de croissance souple, en plume; hauteur <30 cm (Williams 1995, Baillon <i>et al.</i> 2016). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | <i>Pennatula grandis</i> : Nom récemment changé en <i>Ptilella grandis</i> . Forme de croissance souple, en plume, avec une base bulbeuse; hauteur <30 cm (Williams 1995). | Wareham et Edinger 2007, Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | Protoptilidés | <i>Protoptilum carpenteri</i> : Forme de croissance mince, en fouet, capable de s'enfourir dans les sédiments; hauteur <30 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham 2009, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | <i>Distichoptilum gracile</i> : Forme de croissance souple, mince et en fouet (Williams 1995). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | Scléroptilidés | <i>Scleroptilum grandiflorum</i> : Forme de croissance délicate, en massue; hauteur <5 cm (Williams 1995, V. Hayes, comm. pers.). | B. Neves, comm. pers. |
| | | | Umbellulidés | <i>Umbellula lindahli</i> : Forme de croissance longue, en fouet, avec une grappe terminale de polypes; hauteur <1 m (Williams 1995, B. Neves, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009, Murillo <i>et al.</i> 2016b |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources | |
|---|--|------------|---------------|---|--|-----------------------------------|
| Coraux mous (y compris les coraux-champignons) | Anthozoa | Alcyonacea | Virgulariidae | Virgularia mirabilis : Forme de croissance souple, mince et en fouet (Williams 1995). | Murillo <i>et al.</i> 2011; Murillo <i>et al.</i> 2016b; V. Hayes, comm. pers. | |
| | | | , | Pennatulacés : Formes de croissance en fouet ou en massue. | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009 | |
| | | | Alcyoniidae | Anthomastus grandiflorus : Forme de croissance en champignon; hauteur de 5 à 10 cm (Wareham et Edinger 2007, V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Altuna <i>et al.</i> 2014, Murillo <i>et al.</i> 2016b | |
| | | | | Anthomastus gyratus : Forme de croissance en champignon; hauteur <5 cm (Molodtsova 2013, V. Hayes, comm. pers.). | V. Hayes et J. Murillo, comm. pers. | |
| | | | | Anthomastus spp. : Formes de croissance en champignon; hauteur de 12 cm, largeur de 7,5 cm (Bayer 1983, Verrill 1913). | Murillo <i>et al.</i> 2011, Baker <i>et al.</i> 2012, Murillo <i>et al.</i> 2016b | |
| | | | | Pseudoanthomastus agaricus : Synonyme d' <i>Anthomastus agaricus</i> . Forme de champignon avec une longue hampe; hauteur <8 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Murillo <i>et al.</i> 2016b, Altuna <i>et al.</i> 2014, Murillo <i>et al.</i> 2016b; V. Hayes, comm. pers. | |
| | | | | Pseudoanthomastus mariejoeseae : Forme de champignon avec une longue tige; hauteur <5 cm (Molodtsova 2013). Publiée sous le nom de <i>Pseudoanthomastus</i> sp. (Murillo <i>et al.</i> 2016b). | Murillo <i>et al.</i> 2016b; V. Hayes, comm. pers. | |
| | | | | Pseudoanthomastus sp. : Forme de champignon avec une longue hampe; hauteur <5 cm (Altuna <i>et al.</i> 2014). | Altuna <i>et al.</i> 2014, Murillo <i>et al.</i> 2016b | |
| | | | | Heteropolypus sol : Synonyme de <i>Heteropolypus insolitus</i> . Forme de croissance en champignon; hauteur <4 cm, largeur ~3 cm (Bayer 1983, Molodtsova 2013). | Baker <i>et al.</i> 2012, Altuna <i>et al.</i> 2014, Murillo <i>et al.</i> 2016b | |
| | | | | Clavulariidae | Clavularia borealis : Forme de croissance molle rampante; hauteur <5 cm (V. Hayes, comm. pers.). | V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | | Clavulariidae : Formes de croissance molle rampante; hauteur <5 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Murillo <i>et al.</i> 2011, 2016b |
| Telestula septentrionalis : Forme de croissance molle rampante; hauteur <5 cm (Madsen 1944). | Madsen 1944, Murillo <i>et al.</i> 2011, 2016b | | | | | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|---|--|----------------|-------------|--|---|
| Coraux mous (y compris les coraux-champignons) | Anthozoaires | Alcyonacés | Nephthéidés | Nephthéidés indét. : Forme de croissance arborescente molle, avec squelette hydrostatique; hauteur <30 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009 |
| | | | | Drifa glomerata : Forme de croissance arborescente molle, avec squelette hydrostatique; hauteur <20 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Murillo <i>et al.</i> 2016b, Neves <i>et al.</i> 2020 |
| | | | | Duva florida : Synonyme de <i>Capnella florida</i> . Forme de croissance arborescente molle, avec squelette hydrostatique; hauteur <30 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Wareham 2009, Baker <i>et al.</i> 2012 |
| | | | | Pseudodrifa sp. : Forme de croissance arborescente molle, avec squelette hydrostatique; hauteur <10 cm (B. Neves, comm. pers.). Publiée sous le nom de <i>Drifa flavescens</i> (Murillo <i>et al.</i> 2016b). | Murillo <i>et al.</i> 2016b, B. Neves, comm. pers. |
| | | | Alcyoniidés | Gersemia fruticosa : Forme de croissance arborescente molle, avec squelette hydrostatique; hauteur <20 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | Gersemia rubiformis : Forme de croissance glomérale, molle, avec squelette hydrostatique; hauteur <5 cm (V. Hayes, comm. pers.). | Wareham et Edinger 2007, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| Éponges | Calcarea | Leucosolénidés | Sycettidés | Sycon sp. : Petite éponge en forme de tube allongé, avec une longue touffe; hauteur de 1 à 9 cm (Best <i>et al.</i> 2010, Dinn et Leys 2018). | Fuller 2011, Best <i>et al.</i> 2010, Dinn et Leys 2018 |
| Éponges | Démospouges | - | - | *Démospouges | Fuller 2008, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b |
| | | Axinellida | Axinellidés | Axinella arctica : Éponge dressée en forme de tasse ou d'éventail; hauteur de 5 à 25 cm, largeur de 5 à 10 cm (Dinn et Leys 2018). | Dinn et Leys 2018 |
| | | | | Axinella sp. | Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b |
| | | | | Phakellia robusta : Fine éponge verticale en éventail. | Fuller 2011 |
| Phakellia spp. : Éponge dressée en forme de tasse ou d'éventail; hauteur de 20 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, OPANO 2014, Murillo <i>et al.</i> 2016b, Dinn et Leys 2018 | | | | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources | |
|---------|------------|-----------|---------------|---|--|---|
| Éponges | Démospores | | | <i>Phakellia ventilabrum</i> : Éponge dressée en forme de tasse ou d'éventail; hauteur ~20 cm (Ackers et Moss 2007, CIEM 2010). | Fuller 2011 | |
| | | | | <i>Plicatellopsis bowerbanki</i> : L'espèce n'est pas citée dans WoRMS (Dinn 2019), mais plutôt <i>Phakellia bowerbanki</i> . Éponge dressée en forme de vase, peut former un entonnoir à la base; hauteur ~15 cm, largeur ~30 cm (Dinn 2019). | V. Hayes, données de comm. pers. | |
| | | | Raspailiidae | <i>Janulum spinispiculum</i> : Incrustante, avec les oscules émergeant de la croûte sur des portions surélevées presque cylindriques; hauteur <2 cm, largeur >15 cm (Dinn et Leys 2018). | Dinn et Leys 2018 | |
| | | | Stelligeridae | <i>Paratimea</i> sp. | Murillo <i>et al.</i> 2016b | |
| | | Clionaida | Biemnida | Biemnidae | <i>Biemna variantia</i> : Éponge incrustante en forme de coussin; hauteur de 15 cm, largeur de 15 cm (Dinn et Leys 2018). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, données de comm. pers. |
| | | Clionidés | | | <i>Cliona</i> spp. : Petites éponges incrustantes; largeur ~20 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010 |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources | |
|---------|--|----------------|-----------------------|--|--|-----------------------------|
| Éponges | Démospores | Dendroceratida | Dictyonellidés | <i>Spongionella pulchella</i> : Éponge droite, à lamelles épaisses ou ramifiée, avec une hampe courte; hauteur de 5 à 10 cm, largeur de 5 à 10 cm (MSIP 2020). | Best <i>et al.</i> 2010, Murillo <i>et al.</i> 2016b | |
| | | | | <i>Spongionella sp.</i> | Fuller 2011 | |
| | | | Desmacellidés | - | *Desmacellida sp. | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | Desmacellidés | <i>Desmacella annexa</i> : Voir <i>Stryphnus ponderosus</i> . Éponge massive, incrustante ou dressée; hauteur de 5 cm et plus (MSIP 2020). | Cárdenas et Rapp 2015 |
| | | Haploscléride | Chalinidés | - | *Haplosclérides | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | * <i>Haliclona spp.</i> : Éponges dressées en forme de doigt, avec une hampe. | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, *Murillo <i>et al.</i> 2016b, Dinn et Leys 2018 | |
| | | | Chalinidés | <i>Cladocroce spatula</i> : Éponge dressée en forme d'éventail ou avec des lobes plats et une hampe; hauteur de 35 cm, largeur >20 cm (Dinn 2019). | V. Hayes, comm. pers. | |
| | | | | <i>Haliclona (Flagellia) porosa</i> : Éponge massive en forme de coussin; hauteur de 2 cm, largeur de 2 cm (Dinn et Leys 2018). | Dinn et Leys 2018 | |
| | | Haploscléride | Chalinidés | <i>Haliclona (Flagellia) sp.</i> : Éponge massive et incrustante avec des lobes osculaires légèrement en relief. Très friable; hauteur de 10 cm, largeur de 10 cm (Dinn et Leys 2018). | V. Hayes, comm. pers. | |
| | | | | <i>Haliclona (Gellius) sp.</i> : Remarque : publiée sous le nom de <i>Gellius sp.</i> | Murillo <i>et al.</i> 2016b | |
| Dictyod | <i>Haliclona (Haliclona) oculata</i> : Forme de croissance dressée, avec de longues branches et des extrémités | | V. Hayes, comm. pers. | | | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|------------------|------------|---|--|---|---|
| Éponges | Démospores | Hétéroscléromorphe | | arrondies et une hampe centrale; hauteur de 30+ cm, largeur de 20 cm (Dinn 2019). | Fuller 2011, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | <i>Haliclona (Haliclona) urceolus</i> : Éponge dressée, en forme de tube ou de cheminée; hauteur <10 cm (Dinn et Leys 2018). | |
| | | | Niphathidés | <i>Hemigellius arcofer</i> : Éponge dressée, en forme d'éventail épais ou de vase; hauteur de 30 cm, largeur de 20 cm (Dinn 2019). | Fuller 2011, Dinn 2019, V. Hayes, comm. pers. |
| | | - | Hétéroscléromorphe : Publiée sous le nom de <i>Halichondrida</i> indéterminée. | Murillo <i>et al.</i> 2012 | |
| | | Merliida | Hamacanthidés | <i>Hamacantha sp.</i> | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| Poéciloscléridés | - | *Poéciloscléridés : Noter que le genre <i>Myxillina</i> n'est plus utilisé (Murillo <i>et al.</i> 2012). | Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b | | |
| Acarinidés | | <i>lophon piceum</i> : Remarque : erreur d'orthographe dans OPANO (2014), <i>Lophon piceum</i> . Éponge dressée, en forme de feuille ou de tasse, avec des rebords irréguliers et une surface rainurée; hauteur de 16 cm (Arndt 1935). | Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, OPANO 2014, Dinn et Leys, 2018, V. Hayes, comm. pers. | | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|---------|-------------|------------------|---------------|--|--|
| Éponges | Démosponges | Poeciloscleridés | Cladorhizidés | <i>Iophon</i> sp. : Fort probablement une éponge dressée en forme d'éventail, toujours recueillie en petits morceaux. | Fuller 2011 |
| | | | | <i>Asbestopluma (Asbestopluma) pennatula</i> : Éponge dressée, en forme de plume, avec une tige souple; hauteur de 25 cm, largeur de 1 à 3 mm (Hestetun <i>et al.</i> 2017). | Hestetun <i>et al.</i> 2017 |
| | | | | <i>Asbestopluma (Asbestopluma) ruetzleri</i> : Éponge dressée, en forme de plume, avec une tige souple; hauteur ~15 cm (Hestetun <i>et al.</i> 2017). | Hestetun <i>et al.</i> 2017 |
| | | | | <i>Asbestopluma</i> sp. | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011 |
| | | | | <i>Chondrocladia (Chondrocladia) grandis</i> : Éponge dressée en forme de massue; hauteur de 1 à 7 cm, largeur de 2 à 4 mm (Hestetun <i>et al.</i> 2017). | Fuller 2011, Hestetun <i>et al.</i> 2017, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | Cladorhizidés | <i>Chondrocladia</i> spp. : Éponges dressées, rugueuses, à hampe droite, avec des bras minces et des pointes gonflées en forme de ballon; hauteur de 30 cm, largeur de 10 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | <i>Cladorhiza abyssicola</i> : Remarque : peut inclure <i>C. gelida</i> (Hestetun <i>et al.</i> 2017). Éponge dressée, à branches irrégulières, avec une tige centrale; hauteur de 15 à 30 cm (Hestetun <i>et al.</i> 2017, Dinn et Leys 2018). | Fuller 2011, Hestetun <i>et al.</i> 2017, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | <i>Cladorhiza kenchingtonae</i> : Éponge dressée, en forme de fil métallique, avec quelques longues branches minces; hauteur <2 m (Hestetun <i>et al.</i> 2017). | Hestetun <i>et al.</i> 2017 |
| | | | | <i>Cladorhiza</i> spp. : Éponges dressées, ressemblant à des arbres; hauteur <1 m (V. Hayes, comm. pers.). | Best <i>et al.</i> 2010, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | <i>Lycopodina versatilis</i> : Petite éponge dressée avec une tige longue et un corps cylindrique en forme de disque; hauteur de 15+ mm, largeur de 10 mm (Hestetun <i>et al.</i> 2017). | Hestetun <i>et al.</i> 2017 |
| | | | | Coelosp héridés | <i>Forcepia (Forcepia) thielei</i> : Éponge épaisse, irrégulière, pouvant ressembler à une feuille, avec une base épaisse; hauteur de 18 cm (Best <i>et al.</i> 2010; Tompkins <i>et al.</i> 2017). |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources | | | |
|---------|------------|------------------|---------|---|--|---------------|---|--|
| Éponges | Démospores | Poeciloscleridés | | <i>Forcepia</i> spp. | Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, Tompkins <i>et al.</i> 2017 | | | |
| | | | | <i>Histodermella</i> sp. : Petite éponge ronde avec plusieurs spicules minces; largeur de 1 à 2 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011 | | | |
| | | | | <i>Lissodendoryx complicata</i> : Éponge dressée, avec une ramification en filets et des branches comprimées; hauteur de 8 à 20 cm (Tompkins <i>et al.</i> 2017). | Tompkins <i>et al.</i> 2017, V. Hayes, comm. pers. | | | |
| | | | | | | Crellidés | * <i>Crella</i> spp. : Éponges incrustantes. | Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b |
| | | | | | | Espériopsidés | <i>Semisuberites cf. cribrosa</i> : Éponge en forme de trompette avec une tige longue et un crampon en forme de racine; hauteur de 25 cm (Dinn 2019). | V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | | <i>Esperiopsis villosa</i> : Éponge dressée, massive et lobée; hauteur de 6 cm, largeur de 3 cm (Carter 1874). | | Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b | |
| | | | | | | Hymedesmiidés | <i>Hymedesmia</i> sp. : Éponge incrustante fine; hauteur de 1 à 2 mm, largeur de 30 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010 |
| | | | | | | lotrochotidés | <i>lotrochota</i> sp. | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | | | Isodictyidae | <i>Isodictya palmata</i> : Éponge dressée, digitée, avec des branches comprimées de façon variable; hauteur de 35 cm, largeur >20 cm (Picton <i>et al.</i> 2011). | Murillo <i>et al.</i> 2016b; V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | | <i>Isodictya</i> spp. : Éponges arborescentes dressées. | | Fuller 2011 | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|---------|-------------|------------------|---------------|--|--|
| Éponges | Démospouges | Poéciloscléridés | Mycalidés | Mycale (Mycale) cf. loveni : Éponge dressée, en forme irrégulière d'éventail, avec un pédicule court et ferme; hauteur ~ 30+ cm; largeur ~30+ cm (Fristedt 1887, V. Hayes, comm. pers.). | Fuller 2011, Wareham-Hayes <i>et al.</i> 2017, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | Mycale (Mycale) lingua : Éponge lobée massive, molle, parfois dressée, très fragile; hauteur de 30 cm, largeur variable de 10+ cm (Dinn et Leys 2018). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, Wareham-Hayes <i>et al.</i> 2017, Dinn et Leys 2018 |
| | | | Myxillidés | Melonanchora elliptica : Éponge incrustante avec des spicules tubulaires; hauteur <1 cm, largeur de 3 cm (Dinn et Leys 2018). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, Dinn et Leys 2018 |
| | | | | Melonanchora sp. | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | Myxilla spp. | Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b |
| | | | Tedaniidés | Tedania (Tedania) suctorial : Éponge incrustante avec de petits spicules dressés; hauteur <2 cm, largeur <5 cm (Dinn et Leys 2018). | Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | Tedania sp. | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | Polymastiidés | Polymastia andrica : Éponge en forme de coussin avec de longs spicules; hauteur ~1 cm, largeur ~2 cm (Plotkin <i>et al.</i> 2018, Dinn et Leys 2018). | Murillo <i>et al.</i> 2016b, Plotkin <i>et al.</i> 2018, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | Polymastia boletiformis : Publiée sous le nom de <i>Polymastia robusta</i> . Éponge en forme de coussin avec des spicules; hauteur de 10 cm et plus, largeur de 10 cm (Picton 1998). | Fuller 2011, Plotkin <i>et al.</i> 2018, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | Polymastia corticate : Éponge massive en forme de coussin avec des spicules; hauteur ~10 cm, largeur ~14 cm (Cárdenas et Rapp 2015). | Cárdenas et Rapp 2015, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| Éponges | Démospouges | Poéciloscléridés | Polymastiidés | Polymastia grimaldii : Grande éponge en forme de coussin, comprimée verticalement avec de nombreux spicules; hauteur ~3 cm, largeur de 5 cm (Plotkin <i>et al.</i> 2018, Dinn 2019). | Plotkin 2004, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | Polymastia hemisphaericum : Anciennement <i>Radiella hemisphaericum</i> . Petite éponge en forme de coussin avec des spicules; hauteur ~1 cm, largeur ~4 cm (Plotkin <i>et al.</i> 2018). | Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2016b, Plotkin <i>et al.</i> 2018, V. Hayes, comm. pers. |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources | |
|---------|-------------|---------------|---------------|--|--|---|
| Éponges | Démospouges | | | <i>Polymastia penicillus</i> : Anciennement <i>Polymastia mammillaris</i> . Éponge en forme de coussin avec des spicules; hauteur de 11 cm, 15 cm (Plotkin <i>et al.</i> 2018, CIEM 2010) | Fuller 2011, Plotkin <i>et al.</i> 2018 | |
| | | | | <i>Polymastia spp.</i> : Éponges en forme de coussin avec des spicules. | Best <i>et al.</i> 2010, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, OPANO 2014, Meredyk <i>et al.</i> 2020 | |
| | | | | <i>Polymastia thielei</i> : Éponge globulaire avec des spicules; hauteur ~3 cm, largeur de 7 cm (Dinn et Leys 2018). | Plotkin <i>et al.</i> 2018, Murillo <i>et al.</i> 2016b, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. | |
| | | | | <i>Polymastia uberrima</i> : Éponge en forme de coussin, ovoïde à sphérique, avec des spicules sur la face supérieure; hauteur ~1 cm, largeur de 5 cm (Dinn et Leys 2018). | Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2016b, Plotkin <i>et al.</i> 2018, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. | |
| | | | | <i>Quasillina brevis</i> : Éponge en forme de bulle ou de massue; hauteur de 5,5 cm, largeur de 2,5 cm (Plotkin <i>et al.</i> 2018, Dinn et Leys 2018). | Best <i>et al.</i> 2010, Plotkin <i>et al.</i> 2018, Dinn et Leys 2018 | |
| | | | | <i>Quasillina richardi</i> : | Murillo <i>et al.</i> 2016b | |
| | | | | <i>Sphaerotylus cf. capitatus</i> : Éponge en forme de coussin avec de nombreux spicules de différentes tailles; hauteur <10 cm, largeur ~16 cm (Dinn 2019). | V. Hayes, comm. pers. | |
| | | Polymastidiés | Polymastidiés | | <i>Spinularia sarsii</i> : Anciennement <i>Radiella sarsii</i> . Éponge plate et en forme de disque, avec une frange de spicules sur la périphérie; hauteur ~1 cm, largeur ~1 cm (Dinn et Leys 2018). | Plotkin <i>et al.</i> 2018, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | | <i>Tentorium semisuberites</i> : Éponge en forme de champignon avec un corps cylindrique et un dessus arrondi; hauteur de 4 cm, largeur de 3 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, Plotkin <i>et al.</i> 2018, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | | <i>Trachyteleia hispida</i> : Éponge en forme de coussin, hispide; hauteur de 2,5 cm, largeur de 4 cm (CIEM 2010). | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | | <i>Weberella bursa</i> : Éponge globulaire compacte avec des spicules courts; hauteur <10 cm, largeur <10 cm (Plotkin <i>et al.</i> 2018). | Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, Plotkin <i>et al.</i> 2018, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | | *Halichondriidés | Murillo <i>et al.</i> 2016b |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|---|---|--|----------------------------|--|---|
| Éponges | Démospores | | | *Hymeniacion spp. : Éponges dressées; hauteur <10 cm (Dinn et Leys 2018). | Murillo <i>et al.</i> 2012, *2016b, Dinn et Leys 2018 |
| | | | | Halichondria (Halichondria) panicea : Éponge incrustante épaisse, parfois dressée et ramifiée; hauteur de 1 à 20 cm (CIEM 2010, Dinn et Leys 2018, CIEM 2010). | Dinn et Leys 2018 |
| | | | Stylocordylidae | Stylocordyla borealis : Éponge dressée, en forme de bulle, sur une longue hampe mince; hauteur de 10 à 30 cm, largeur ~2 cm (Hogg <i>et al.</i> 2010, Cárdenas et Rapp 2015). | Best <i>et al.</i> 2010, Beazley <i>et al.</i> 2013, Cárdenas et Rapp 2015, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | Stylocordyla sp. | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | Superitida | Suberitidés | *Suberitidés | Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| | | | | Homaxinella sp. : Petite éponge dressée, rugueuse, digitiforme ou ramifiée avec des spicules; largeur de 10 à 15 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010, OPANO 2014 |
| | | | | Rhizaxinella sp. : Longue éponge ramifiée mince avec une hampe et un système de soutien en forme de racine; hauteur de 30 cm, largeur de 1 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b |
| Suberites ficus : Éponge lobée épaisse ou cylindrique, lisse; hauteur de 40 cm, largeur de 7 cm (Dinn 2019, Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, V. Hayes, comm. pers. | | | | |
| Suberites sp. | Murillo <i>et al.</i> 2016b | | | | |
| Homaxinella subdola : Synonyme de <i>Halichondria subdola</i> . Éponge dressée avec une ramification irrégulière; hauteur de 22 cm, largeur de 10 cm (Bowerbank 1866). | Fuller 2011 | | | | |
| Téthydé | | Hémiastérellidés : Éponges dressées, en forme d'éventail. | Murillo <i>et al.</i> 2012 | | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|---------|------------|--|---|--|--|
| Éponges | Démospores | Tétractinellidés | Téthydés | <i>Tethya cf. norvegica</i> : Éponge sphérique massive; hauteur <1 cm, largeur <1 cm (Dinn et Leys 2018). Possible identification comme <i>T. aurantium</i> (J. Murillo, comm. pers.). | Dinn et Leys 2018 |
| | | | Ancorinidés | Ancorinidés indét. | Murillo <i>et al.</i> 2012 |
| | | <i>Stelletta normani</i> : Anciennement <i>Dragmastra normani</i> . Éponge subsphérique massive, très hispide; hauteur de 15 cm et plus, largeur de 20 cm et plus (CIEM 2009; Murillo <i>et al.</i> 2012, MSIP 2020). | | Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b | |
| | | Tétractinellidés | Ancorinidés | <i>Stelletta tuberosa</i> : Remarque : publiée sous le nom de <i>Stelletta</i> sp. (Murillo <i>et al.</i> 2012). Éponge subsphérique massive; hauteur ~15 cm, largeur ~15 cm (Cárdenas et Rapp 2015). | Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, Cárdenas et Rapp 2015 |
| | | | | <i>Stryphnus fortis</i> : Remarque : espèce sœur de <i>S. ponderosus</i> . Souvent recouverte de <i>Hexadella detritifera</i> . Éponge massive, globulaire ou de forme grumeleuse, surface extrêmement rugueuse; hauteur de 50+ cm, largeur de 15+ cm (Vosmaer 1885, Cárdenas et Rapp 2012, Fang <i>et al.</i> 2018). | Cárdenas et Rapp 2015, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b |
| | | | Géodiidés | <i>Stryphnus ponderosus</i> : Remarque : espèce sœur de <i>S. fortis</i> . Souvent recouvert de <i>Desmacella annexa</i> . Éponge massive irrégulière, grumeleuse, en forme de gobelet ou de tasse; hauteur ~30 cm, largeur de 40 cm (CIEM 2009, Best <i>et al.</i> 2010, MSIP 2020). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller <i>et al.</i> 2011, Cárdenas et Rapp 2015, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | <i>Geodia atlantica</i> : Éponge subsphérique massive, avec une cavité profonde en forme d'entonnoir; hauteur de 72 cm, largeur de 40 cm (Cárdenas <i>et al.</i> 2013). | Cárdenas <i>et al.</i> 2013, Cárdenas et Rapp 2015 |
| | | <i>Geodia barretti</i> : Éponge massive, sphérique à subsphérique; hauteur de 20+ cm, largeur de 80 cm (Cárdenas <i>et al.</i> 2013, Dinn et Leys 2018). | Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, Cárdenas <i>et al.</i> 2013, Cárdenas et Rapp 2015, Dinn et Leys 2018 | | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources | | |
|--|---|------------------|-----------------|---|--|--|--|
| Éponges | | | | <i>Geodia macandrewi</i> : Éponge subsphérique massive, avec un sommet légèrement aplati; hauteur ~30 cm (Cárdenas <i>et al.</i> 2013). | Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, Cárdenas <i>et al.</i> 2013, Cárdenas et Rapp 2015, Dinn et Leys 2018 | | |
| | | | | <i>Geodia nodastrella</i> : Éponge sphérique massive; hauteur de 6 cm, largeur de 6 cm (Cárdenas et Rapp 2015). | Cárdenas <i>et al.</i> 2013, Cárdenas et Rapp 2015 | | |
| | | | | <i>Geodia parva</i> : Éponge massive, de subsphérique à en forme de tasse; hauteur de 26 cm, largeur de 10 cm+ (Cárdenas <i>et al.</i> 2013, Murillo <i>et al.</i> 2016b). | Cárdenas <i>et al.</i> 2013, Cárdenas et Rapp 2015, Murillo <i>et al.</i> 2016b | | |
| | Démospores | Tétractinellidés | Géodiidés | | <i>Geodia phlegraei</i> : Éponge massive, de subsphérique à en forme de tasse, les grands spécimens peuvent être quelque peu aplatis; hauteur de 43 cm, largeur de 20 cm (Cárdenas <i>et al.</i> 2013). | Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, Cárdenas <i>et al.</i> 2013, Cárdenas et Rapp 2015 | |
| | | | | | <i>Geodia spp.</i> : Éponges massives, rondes ou lobées (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010, Murillo <i>et al.</i> 2016, OPANO 2014, V. Hayes, comm. pers. | |
| | | | | - | Pachastrellidés spp. : | Murillo <i>et al.</i> 2016b | |
| | | | Tetillidés | | <i>Craniella cranium</i> : Également publiée sous le nom de <i>Tetilla cranium</i> . Éponge en forme de boule, recouverte de petits spicules; hauteur de 10 cm, largeur ~5 cm (Best <i>et al.</i> 2010, Dinn et Leys 2018). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, Dinn et Leys 2018 | |
| | | | | | <i>Craniella polyura</i> : Éponge globulaire allongée droite; hauteur ~7 cm (MSIP 2020). | Murillo <i>et al.</i> 2016 | |
| | | | | | <i>Thenea levis</i> : Éponge subsphérique, allongée, massive; hauteur de 2 cm, largeur de 3 à 8 cm (Cárdenas et Rapp 2012). Remarque : identifiée comme <i>T. muricata</i> (Murillo <i>et al.</i> 2012). | Murillo <i>et al.</i> 2012, Cárdenas et Rapp 2012, 2015 | |
| | | | Hexactinellidés | Tétractinellidés | Theneidés | <i>Thenea muricata</i> : Éponge subsphérique massive; hauteur de 1 à 20 cm, largeur de 1 à 20 cm (Best <i>et al.</i> 2010). Mal identifiée, en fait <i>T. levis</i> (Murillo <i>et al.</i> 2012). | Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2016b, Cárdenas et Rapp 2012, 2015, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. |
| | | | | | | <i>Thenea sp.</i> | Best <i>et al.</i> 2010, Murillo <i>et al.</i> 2016b |
| <i>Thenea valdiviae</i> : Éponge subcirculaire ou légèrement aplatie; hauteur de 2 cm, largeur de 2 cm (Cárdenas et Rapp 2012). | Cárdenas et Rapp, 2012, 2015, Murillo <i>et al.</i> 2016b | | | | | | |

| Groupe | Classe | Ordre | Famille | Taxons et morphologies associées | Sources |
|---------|-----------------|----------------|---|---|--|
| Éponges | Hexactinellidés | Verongiidés | Ianthellidés | Hexadella detritifera : Anciennement <i>Hexadella detritifera</i> . Éponge incrustante, couramment présente sur <i>Stryphus fortis</i> (Cárdenas et Rapp 2015). | Cárdenas et Rapp 2015 |
| | | Lyssancinosida | Euplectellidés | Dictyaulus romani : Éponge dressée, tubulaire; hauteur de 30 cm (Murillo <i>et al.</i> 2013). | Fuller 2008, Murillo <i>et al.</i> 2013, 2016b |
| | | | | Euplectella aspergillum : Éponge dressée, cylindrique avec une délicate enveloppe en lattice; hauteur de 20 cm, largeur de 5 cm (Owen 1841). | Fuller 2011 |
| | | | | Euplectella spp. : Éponge dressée, délicate, cylindrique, enveloppe en lattice; hauteur de 30 cm, largeur de 15 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010, Murillo <i>et al.</i> 2012, Meredyk <i>et al.</i> 2020, V. Hayes, comm. pers. |
| | | Rossellidés | Asconema foliatum : Remarque : autre orthographe : <i>Asconema foliata</i> . Éponge dressée, à paroi mince, en forme d'entonnoir multiple; hauteur de 45 cm, largeur de 36 cm (Dinn et Leys 2018). | Tabachnick et Menshenina 2007, Fuller <i>et al.</i> 2008, Best <i>et al.</i> 2010, Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2012, 2013, 2016b, Dinn et Leys 2018, V. Hayes, comm. pers. | |
| | | Sceptrulophora | Aphrocallistidés | Aphrocallistes beatrix : Éponge dressée, à paroi mince, en forme de tube ou d'entonnoir irrégulier; hauteur ~15 cm, largeur ~10 cm (Reiswig et Kelly 2011). | Fuller 2008, Fuller 2011, Murillo <i>et al.</i> 2013, 2016b |
| | | | Euretids | Chonelasma sp. : Éponge dressée en forme de vase avec des bords évasés; hauteur de 50 cm, largeur < 100 cm (Best <i>et al.</i> 2010). | Best <i>et al.</i> 2010 |

Espèces présumées (*); World Register of Marine Species (WoRMS); Marine Species Identification Portal (MSIP)