



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 2023/056**

**Région des Maritimes**

# **Système de classification de l'écologie marine infratidale pour représenter la diversité des espèces et les tendances de répartition dans la région des Maritimes**

Michelle Greenlaw, Marty King, Kayla Smith, et Ryan Martin

Station biologique de St. Andrews  
Pêches et Océans Canada  
125, promenade Marine Science  
St. Andrews (N.-B.) E5B 0E4

---

## 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 des échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

### Publié par :

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

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



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du  
ministère des Pêches et des Océans, 2023

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-49345-9 N° cat. Fs70-5/2023-056F-PDF

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

Greenlaw, M., King, M., Smith, K., et Martin, R. 2023. Système de classification de l'écologie marine infratidale pour représenter la diversité des espèces et les tendances de répartition dans la région des Maritimes. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/056. vi + 46 p.

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

*Greenlaw, M.E., King, M., Smith, K., and Martin, R. 2023. A Subtidal Marine Ecological Classification System to Represent Species Diversity and Distribution Patterns in the Maritimes Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2023/056. vi + 42 p.*

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
TERMES.....	V
INTRODUCTION.....	1
PRINCIPAL OBJECTIF DE GESTION.....	2
SYSTÈME DE CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE DE L'ÉCOLOGIE MARINE.....	3
SOURCES D'INCERTITUDE.....	5
PALIERS HIERARCHIQUES.....	6
Province et biorégion – Niveaux 2 et 3.....	6
Unités biophysiques de niveau 4.....	6
CLASSIFICATION DE LA ZONE CÔTIÈRE.....	12
DEFINIR LA COTE.....	12
NIVEAUX HIERARCHIQUES DE LA COTE.....	13
Unités biophysiques de niveau 4.....	13
Unités géomorphologiques de niveau 5.....	13
Niveau 6 – Biotopes.....	13
DISCUSSION.....	16
VALIDATION DES COUCHES DE CLASSIFICATION DE LA ZONE EXTRACOTIERE.....	16
EXEMPLE D'OBJECTIFS STRATEGIQUES DU RESEAU D'AMP.....	17
COMPARAISON AVEC LES COUCHES DE CLASSIFICATION ECOLOGIQUE PRECEDENTES CREEES POUR LA PLANIFICATION DU RESEAU D'AMP SUR LE PLATEAU NEO-ECOSSAIS.....	18
POURSUITE DU DEVELOPPEMENT DE LA HIERARCHIE DE LA CLASSIFICATION ECOLOGIQUE.....	18
PROCESSUS PARALLELE POUR LE DEVELOPPEMENT D'UNE HIERARCHIE DE CLASSIFICATION ECOLOGIQUE NORMALISEE.....	19
REMERCIEMENTS.....	20
RÉFÉRENCES CITÉES.....	20
TABLEAUX.....	24
FIGURES.....	29
ANNEXE : ATTRIBUTS DES COUCHES DE DONNÉES DU SIG.....	45

---

## RÉSUMÉ

La nécessité d'élaborer un système de classification hiérarchique de l'écologie marine (SCHEM) pour classer la structure et la répartition du biote marin et des habitats du Canada à différentes échelles spatiales est reconnue à l'échelle régionale, nationale et internationale. Un SCHEM permettra de s'assurer que tous les habitats, communautés et écosystèmes sont efficacement représentés dans les réseaux d'aires marines protégées (AMP) et qu'une approche structurée est utilisée pour prendre en compte la biodiversité à l'échelle locale, régionale et du bassin lors d'autres applications de planification spatiale marine et de gestion des océans.

Un cadre conceptuel pour un SCHEM a été élaboré pour la région du Pacifique, puis harmonisé pour être applicable entre les régions du Pacifique et des Maritimes. Le SCHEM harmonisé contient 11 niveaux, et des approches pour remplir les niveaux 4 à 8, en dessous du niveau de la biorégion, sont discutées.

Le cadre conceptuel a été appliqué dans les régions du Pacifique et des Maritimes pour fournir une classification systématique et spatialement explicite des écosystèmes à des échelles multiples. Une base de données contenant des renseignements à référence spatiale permettant de déterminer et de situer les propriétés écologiques clés a été élaborée dans le cadre de cet exercice. Nous avons également développé un ensemble d'informations à référence spatiale qui peuvent être intégrées à d'autres couches de données (par exemple, sociales, économiques). Ces résultats sont destinés à soutenir la planification et la conservation de l'espace marin dans les régions du Pacifique et des Maritimes, en particulier la conception de réseaux d'AMP.

Cet article a été présenté et examiné par des pairs lors de la réunion zonale du 29 septembre au 2 octobre 2015 sur l'évaluation des systèmes de classification hiérarchique de l'écologie marine pour les régions du Pacifique et des Maritimes, qui s'est tenue à Nanaimo, en Colombie-Britannique. Il décrit l'application de la classification dans la région des Maritimes, en mettant l'accent sur les attributs des écosystèmes benthiques deux niveaux en dessous du niveau de la biorégion (domaines biophysiques et unités géomorphologiques), y compris une classification distincte pour les zones côtières. Les données environnementales utilisées dans l'application ont été pondérées par des analyses biologiques antérieures dans la région. Des méthodes ont été proposées pour alimenter le niveau « biotope ». Ces classifications seront utilisées pour aider à atteindre le critère de représentativité pour la conception du réseau d'AMP dans la région.

---

## TERMES

*Biodiversité* – La biodiversité est la variété d'espèces dans un habitat ou un écosystème particulier. La biodiversité comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes.

*Biotope* – Un biotope est défini comme la combinaison d'un habitat abiotique et de la communauté d'espèces qui lui est associée. Il peut être défini à différentes échelles avec des degrés de similarité correspondants et doit être une association régulière pour justifier son inclusion dans un système de classification.

*Biorégion* – On a établi des unités spatiales de niveau supérieur pour chacun des trois océans entourant le Canada, qui sont principalement fondées sur les similitudes océanographiques et bathymétriques (MPO 2009).

*SHC* – Service hydrographique du Canada.

*Communauté* – Un groupe d'espèces, qui a en commun des espèces particulières à certaines densités.

*ZIEB* – Zone d'importance écologique et biologique.

*Substituts environnementaux* – Facteurs environnementaux qui ont une forte influence sur la répartition des espèces ou sur certains aspects de leur habitat. Il peut également s'agir de facteurs biologiques qui influencent la répartition des espèces, comme les prédateurs ou les proies. Il a été démontré que les variables physiques sont responsables de 25 % à 75 % de la variabilité des communautés, selon le système (Stevens et Connolly 2004, McArthur *et al.* 2010, Pitcher *et al.* 2012). L'utilisation de variables physiques pour prédire la diversité et la répartition des espèces est particulièrement utile dans l'environnement marin, où des données biologiques complètes sont rarement disponibles.

*Modèle de forêt de gradients* – Une extension du modèle de forêt aléatoire, incorporant des assemblages entiers et déterminant des seuils ou des points de changement importants dans la répartition des assemblages le long de la variable environnementale.

*Habitat* – Défini ici comme englobant le substrat (roche, sédiments ou récifs biogènes tels que les moules), sa topographie et les conditions particulières d'exposition aux vagues, de salinité, de courants de marée et d'autres caractéristiques de qualité de l'eau telles que la turbidité et l'oxygénation, qui contribuent à la nature globale d'un lieu sur le rivage ou le fond marin.

*SCHEM* – Un système de classification hiérarchique de l'écologie marine est un cadre permettant de décrire la structure de la biodiversité marine.

*Morphologie* – La forme et la structure d'un organisme.

RNCan – Ressources naturelles Canada.

*Rugosité* – La rugosité du fond (changement de la pente).

*Représentativité* – Un réseau représentatif d'AMP est un réseau qui saisit des exemples de différentes subdivisions biogéographiques qui reflètent raisonnablement la gamme complète des écosystèmes présents à l'échelle du développement du réseau, y compris la diversité biotique et des habitats de ces écosystèmes (MPO 2013b).

*Répartition des espèces* – la manière dont un taxon biologique est disposé dans l'espace.

*Modèles de répartition des espèces (MRE)* – Extrapolé la répartition des espèces dans l'espace et dans le temps, généralement sur la base d'un modèle statistique. L'élaboration d'un modèle de répartition des espèces commence par des observations sur la présence des espèces et par

---

des variables environnementales censées influencer l'adéquation de l'habitat et donc la répartition des espèces. Le modèle peut être quantitatif ou basé sur des règles et, si l'ajustement est bon entre la répartition des espèces et les prédicteurs examinés, cela peut donner un aperçu des tolérances environnementales ou des préférences d'habitat des espèces (Franklin 2009).

*Richesse des espèces* – Le nombre d'espèces différentes représentées dans une communauté écologique, un paysage ou une région.

*Topographie* – La forme et les caractéristiques du fond de l'océan.

---

## INTRODUCTION

Un système de classification hiérarchique de l'écologie marine (SCHEM) est un cadre permettant de décrire la structure de la biodiversité marine. La nécessité d'élaborer un SCHEM pour classer la diversité et la répartition du biote marin et des habitats du Canada à différentes échelles spatiales est reconnue à l'échelle régionale, nationale et internationale pour diverses raisons, notamment les suivantes :

1. Faire en sorte que tous les habitats, communautés et écosystèmes soient pris en compte et représentés de manière efficace dans les réseaux d'AMP;
2. Faire en sorte qu'une approche structurée soit utilisée pour tenir compte de la biodiversité à l'échelle locale, régionale et du bassin, dans le cadre de la planification spatiale marine et d'autres applications de gestion des océans.

Douze unités biogéographiques (biorégions) importantes ont été désignées pour les trois océans du Canada pendant un processus d'examen par les pairs du SCAS du MPO (MPO 2009). Chacune des grandes unités biogéographiques représente une « échelle maximale » qui devrait être non regroupée/subdivisée davantage en unités spatiales plus petites et écologiquement significatives pour la planification spatiale marine et d'autres objectifs de planification et de gestion des océans.

Le MPO ne dispose pas d'un système de classification de l'écologie marine normalisé; toutefois, un cadre conceptuel pour un SCHEM a été défini pour la région du Pacifique (MPO 2013a), puis harmonisé pour être applicable entre les régions du Pacifique et des Maritimes (MPO 2016). Le cadre conceptuel a été appliqué dans les régions du Pacifique et des Maritimes pour fournir une classification systématique et spatialement explicite des écosystèmes à des échelles multiples. Une base de données contenant des renseignements à référence spatiale permettant de déterminer et de situer les propriétés écologiques clés a été élaborée dans le cadre de cet exercice. Ces résultats sont destinés à soutenir la planification et la conservation de l'espace marin dans les régions du Pacifique et des Maritimes, en particulier la conception de réseaux d'AMP.

La classification harmonisée des écosystèmes benthiques a été élaborée à partir des résultats de la région des Maritimes et du Pacifique et est recommandée pour les futures applications de la classification benthique. Le SCHEM harmonisé contient 11 niveaux, et des approches pour remplir les niveaux 4 à 8, en dessous du niveau de la biorégion, sont discutées. L'application dans la région des Maritimes s'est concentrée sur les attributs des écosystèmes benthiques et a rempli deux niveaux inférieurs à celui de la biorégion (domaines biophysiques et unités géomorphologiques), y compris les zones côtières. Des méthodes ont également été proposées pour remplir le niveau « biotope ».

L'application de la classification dans les Maritimes était principalement fondée sur des données environnementales qui ont été pondérées par des analyses biologiques antérieures dans la région. Ces méthodes ont été utilisées pour développer et remplir les unités biophysiques (niveau 4) et géomorphologiques (niveau 5), et les cartes de classification qui en découlent sont présentées. Ces unités seront utilisées pour aider à atteindre le critère de représentativité pour la conception du réseau d'AMP.

Cette classification n'incluait pas la zone intertidale, bien que cette unité ait été classée dans le cadre d'autres processus de planification de réseaux d'AMP et qu'elle ait fait l'objet de discussions lors d'un processus du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) du MPO dans les Maritimes (Greenlaw *et al.* 2013, MPO 2012). Un système de classification pélagique n'a pas été développé, mais est recommandé comme travail futur. Les travaux actuels sur le

---

substrat, décrits ci-dessous, pourraient être utilisés pour aider à classer l'unité de biotope (niveau 6).

L'objectif du système de classification hiérarchique de l'écologie marine est de soutenir la prise de décision en matière de gestion à plusieurs échelles. Les données spatiales peuvent être utilisées dans de multiples processus décisionnels du MPO liés à la planification et à la conservation de l'espace marin.

## **PRINCIPAL OBJECTIF DE GESTION**

En 2011, le MPO et ses partenaires fédéraux, ainsi que les provinces et les territoires, ont publié le « Cadre national pour le réseau canadien d'aires marines protégées » ci-après appelé le Cadre national (gouvernement du Canada 2011). Les objectifs primordiaux du réseau national d'AMP du Canada sont les suivants : (1) assurer la protection à long terme de la biodiversité marine, de la fonction des écosystèmes et des caractéristiques naturelles spéciales; (2) soutenir la conservation et la gestion des ressources marines vivantes du Canada et de leurs habitats, ainsi que des valeurs socio-économiques et des services écosystémiques qu'ils fournissent; (3) accroître la sensibilisation et l'appréciation du public à l'égard des environnements marins du Canada et de sa riche histoire et culture maritimes. Le premier objectif est considéré comme l'objectif principal du réseau d'AMP. Le Cadre national explique également que le réseau national sera composé de treize réseaux biorégionaux d'AMP qui doivent être développés d'une manière conforme à l'orientation fournie par la Convention sur la diversité biologique (CDB). Les orientations de la CDB définissent cinq critères pour des réseaux d'AMP efficaces, à savoir (1) des zones d'importance écologique et biologique, (2) la représentativité, (3) la connectivité, (4) la réplication et (5) l'adéquation/la viabilité.

Les directives fournies par le Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) du MPO pour la planification de réseaux d'AMP représentatifs stipulent que « ...Un réseau représentatif d'AMP est un réseau qui saisit des exemples de différentes subdivisions biogéographiques qui reflètent raisonnablement la gamme complète des écosystèmes présents à l'échelle du développement du réseau, y compris la diversité biotique et des habitats de ces écosystèmes » (MPO 2010). Le niveau approprié de subdivision des biorégions dépendra des objectifs de gestion ou des exigences politiques et des données accessibles, car des informations détaillées propres aux espèces sont nécessaires pour délimiter des unités plus petites. Un processus consultatif national du SCAS a recommandé que des discussions et une orientation sur des échelles plus fines d'unités biogéographiques aient lieu et proviennent des diverses régions du MPO, par le biais de processus régionaux officiels (MPO 2013b). La classification écologique décrite dans le présent document a été élaborée pour servir de base au respect du critère de représentativité dans l'élaboration du réseau biorégional d'AMP pour la région des Maritimes (ou biorégion du plateau néo-écossais), qui comprend la baie de Fundy et les parties canadiennes du golfe du Maine et du banc de Georges. Ce travail est une étape importante dans le respect de l'engagement de développer une conception de réseau d'AMP représentative adéquate pour la biorégion du plateau néo-écossais.

Le groupe de travail sur les zones côtières protégées de la Nouvelle-Écosse, qui est un groupe de praticiens fédéraux et provinciaux des zones protégées, a convenu qu'une classification pour la zone côtière de la Nouvelle-Écosse était nécessaire pour la planification et la gestion de la conservation côtière. En 2010, le groupe de travail a recommandé la formation d'un sous-groupe de travail ad-hoc pour traiter cette question. Des représentants du MPO, de RNCAN, du ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse, du ministère des Ressources naturelles de la Nouvelle-Écosse (MRNNE) et le Dr Jon Grant, représentant l'Université Dalhousie, sont



---

membres du sous-groupe de travail, le Groupe de travail sur la classification des zones côtières de la Nouvelle-Écosse.

Plutôt que d'adopter une classification existante, ce groupe de travail de la N.-É. a recommandé que deux nouvelles classifications soient élaborées pour la zone côtière de la Nouvelle-Écosse. Ces nouvelles classifications refléteraient la disponibilité des données dans la région, les méthodes actuelles disponibles pour la cartographie et la diversité des mandats des ministères fédéraux et provinciaux responsables de la gestion des côtes. La première étape a été la classification du littoral, qui s'étend de l'arrière-plage aux isobathes subtidales de 10 m de profondeur (Greenlaw *et al.* 2013). La seconde est la classification de la zone côtière subtidale, qui s'étend jusqu'à une profondeur d'environ 100 m. Cette dernière classification met également à jour les couches de planification extracôtières afin d'intégrer les connaissances acquises concernant l'influence des variables physiques sur la composition de la biodiversité dans le golfe du Maine et de valider correctement l'approche de la classification de la zone côtière.

Des classifications distinctes de l'écologie des zones extracôtières et côtières sont décrites dans ce document. Ces classifications représentent des couches d'entrée clés dans le processus de conception du réseau biorégional d'AMP et peuvent être incorporées dans un cadre d'aide à la décision utilisant des outils tels que MARXAN (Ball *et al.* 2009). Les outils d'aide à la décision permettent d'inclure d'autres informations spatiales marines telles que les zones d'importance écologique et biologique (ZIEB, MPO 2004), les données sur l'abondance et la répartition d'autres espèces biologiques, les informations sur les espèces en péril, les données sur la condition physique, les données sur le regroupement et les données sur l'utilisation humaine (Horseman *et al.* 2011). Un cadre d'aide à la décision permettra d'assigner des objectifs à de multiples couches de données et garantira que les buts et objectifs globaux du réseau d'AMP sont atteints d'une manière efficace qui réduit au minimum les coûts socio-économiques potentiels. Cependant, en raison du manque de données biologiques à l'échelle de la région dans la zone côtière, d'autres approches peuvent être utilisées pour identifier un réseau d'AMP côtières, comme une méthode Delphic pour classer les ZIEB couplée à une superposition du SIG utilisant à la fois les classifications des zones côtières intertidales et subtidales, où les prochaines zones protégées envisagées devraient être représentatives de différents types d'unités écologiques qui ne sont pas déjà protégées.

La cartographie de la diversité et de la répartition des espèces peut également contribuer à l'élaboration d'une série d'indicateurs de biodiversité à intégrer dans une approche écosystémique de la gestion. Parmi les exemples d'autres applications qui ont et pourraient utiliser ces données, citons la planification des interventions en cas de déversement d'hydrocarbures, la délimitation des habitats critiques des espèces en péril, la délimitation des ZIEB, la délimitation des zones benthiques sensibles, les rapports sur l'état des écosystèmes et la surveillance des AMP.

## **SYSTÈME DE CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE DE L'ÉCOLOGIE MARINE**

Un SCHEM pour les écosystèmes benthiques, y compris les zones côtières et extracôtières, a été élaboré à partir des applications des régions des Maritimes et du Pacifique du MPO (tableau 1). Le SCHEM est basé sur une hiérarchie conceptuelle de Last *et al.* (2010), définie par un processus du SCAS de la région du Pacifique du MPO (MPO 2013a), et modifiée pour intégrer les échelles et les modèles biogéographiques importants dans la région des Maritimes et du Pacifique (MPO 2016). L'effort d'harmonisation est axé sur les niveaux 4 à 8. Les niveaux 1 à 3 (domaine, province, biorégion) et les niveaux 9 à 11 (espèces, populations, gènes) demeurent tels qu'ils sont exposés dans la hiérarchie conceptuelle (MPO 2013a).

---

Chaque niveau de la hiérarchie décrit des attributs et des substituts pour refléter l'échelle spatiale, l'étendue et la gamme des processus biogéographiques et écologiques. Ces processus déterminent la répartition spatiale et temporelle du biote marin. Les niveaux supérieurs (1 à 8) de la hiérarchie, du domaine aux micro-assemblages, sont basés sur l'écosystème et nécessitent des données environnementales pour être délimités, tandis que les niveaux inférieurs (6-8) nécessitent des données biologiques. Bien que les niveaux 1 à 5 (des domaines aux unités géomorphologiques) ne nécessitent pas de données biologiques, il est préférable de les développer en conjonction avec des données biologiques afin de déterminer quelles variables sont les plus importantes pour structurer la composition biologique de la Région. En l'absence de données biologiques, les variables environnementales peuvent être utilisées seules. Le niveau des biotopes et les niveaux qui lui sont imbriqués (niveaux 6 à 8) nécessiteront un échantillonnage in situ pour délimiter les classes. À ces niveaux, les données sont rarement disponibles à l'échelle de la région en raison de la nature chronophage des enquêtes directes, utilisant des équipements d'échantillonnage benthique, des images sous-marines et/ou des représentations acoustiques du fond marin. Les trois niveaux de base (9-11) sont basés sur les espèces.

Des subdivisions à l'intérieur de chaque niveau peuvent être souhaitables pour saisir des modèles spécifiques, et ont été définies dans l'application des Maritimes à l'intérieur du niveau biophysique (niveau 4). Lorsqu'ils appliquent le cadre, Last *et al.* (2010) décrivent la nécessité d'imbriquer les unités dans les niveaux supérieurs. Il faut pour cela reconnaître que les mêmes unités géomorphologiques (niveau 5) au sein d'une combinaison d'unités biophysiques (niveau 4) devraient présenter un éventail similaire de composantes biologiques. De même, alors que les unités géomorphologiques peuvent s'imbriquer commodément dans une seule unité biophysique, il y a des exceptions; par exemple, un canyon qui s'étend le long de la pente continentale s'étendra typiquement sur une large gamme de profondeur traversant plusieurs régions de profondeur. Dans ce cas, le canyon, qui est l'unité géomorphologique, peut dépasser l'échelle des unités biophysiques individuelles. Chaque unité biophysique du canyon devrait avoir une composition biotique distincte de celles qui lui sont adjacentes, car ces unités ont généralement des biotas différents associés à des profondeurs et des substrats différents. Les unités doivent être considérées indépendamment, par exemple, dans un processus de sélection d'AMP. Si une unité est exclue de ce processus, la représentativité du réseau d'AMP sera compromise.

L'objectif du système de classification hiérarchique de l'écologie marine est de soutenir la prise de décision en matière de gestion à plusieurs échelles. Les données spatiales peuvent être utilisées dans de multiples processus décisionnels du MPO liés à la planification et à la conservation de l'espace marin (c.-à-d. l'élaboration d'indicateurs pour la mise en œuvre d'une approche écosystémique de la gestion), à la détermination de l'habitat essentiel des espèces en péril, à la détermination des zones benthiques sensibles, à la planification des interventions en cas de déversement d'hydrocarbures et à l'établissement des sites aquacoles. Plusieurs échelles spatiales peuvent être utilisées dans ces décisions, comme l'illustre le tableau 2. Le niveau spatial utilisé pour appuyer la prise de décisions dépendra des objectifs spécifiques à atteindre. Le tableau 2 représente une première approximation du contexte actuel du MPO, et les applications futures des données spatiales peuvent révéler une modification des priorités.

Des méthodes ont été utilisées pour classer séparément les unités biophysiques et géomorphologiques côtières et extracôtières (niveaux 4 et 5) sur le plateau néo-écossais. Les zones extracôtières ont été classées séparément, en raison de l'échelle légèrement différente des caractéristiques extracôtières. Nous proposons une méthode pour classer une composante des unités de biotope (le substrat), mais cette méthode n'a pas encore été publiée. Il est recommandé de poursuivre cette démarche au fil du temps, car la classification à haute

---

résolution sera précieuse pour la planification et la gestion de l'espace marin dans le cadre de décisions autres que la planification du réseau d'AMP (c.-à-d. la planification des déversements d'hydrocarbures, le choix des sites d'aquaculture, la délimitation des AMP).

Ces couches de classification écologique rempliront les échelles moyennes et inférieures du SCHEM (tableau 1, niveaux 4 et 5). Ces couches s'imbriquent dans les couches de classification écologique à plus grande échelle déjà développées (MPO 2009). Des conseils sont donnés sur les méthodes permettant d'établir des couches de planification appropriées à plus petite échelle, basées sur les micro-habitats et les espèces, y compris leurs utilisations possibles en matière de gestion.

Les couches seront développées à des échelles plus basses, lorsque les données seront disponibles, afin d'incorporer d'autres composantes de l'habitat primaire telles que la biologie et l'océanographie. Ceci est important pour s'assurer que les AMP planifiées sont représentatives des modèles d'habitats/de biotopes à plus petite échelle au sein des unités de planification des AMP. L'échelle de l'habitat primaire/biotope est également une échelle appropriée pour d'autres objectifs de gestion du MPO, notamment la gestion des pêches benthiques et le choix des sites d'aquaculture.

Les unités biophysiques et géomorphologiques devraient être à une échelle appropriée pour la planification du réseau d'AMP sur le plateau néo-écossais. Des recherches ont montré que les avantages des AMP en termes de conservation augmentaient avec la taille des AMP (> 100 km<sup>2</sup>, Edgar *et al.* 2014). Les AMP existantes sur la côte atlantique du Canada varient de 2 km<sup>2</sup> à 4 300 km<sup>2</sup>; toutefois, de plus grandes zones, dont le chenal Fundian – Browns Bank dans la région des Maritimes et le chenal Laurentien dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, ont été proposées comme zones d'intérêt, la première étape pour devenir potentiellement une AMP.

## **SOURCES D'INCERTITUDE**

Il est important de noter, au moment de déterminer les unités dans chaque niveau, que le crénelage des données (c'est-à-dire les différences dans les échelles spatiales ou temporelles et la résolution des données biologiques et environnementales) peut nuire à la détection d'associations écologiques significatives entre les données biologiques et environnementales et, par conséquent, l'emplacement des limites précises entre les unités adjacentes.

Une classification hiérarchique repose sur des substituts physiques et environnementaux représentant les tendances dans l'habitat et la structure de la communauté qui pourraient ne pas fonctionner aussi bien que des classifications biologiques quand vient le temps de respecter le critère de la représentativité de la biodiversité dans la planification de la conservation. Cependant, les classifications utilisant uniquement des données biologiques ne peuvent être représentatives de l'ensemble de l'écosystème, de la microfaune à la macrofaune.

L'emplacement et les limites de certaines unités spatiales peuvent changer au fil du temps en raison de l'évolution des processus environnementaux, des conditions et des interactions en réaction à des phénomènes mondiaux comme le changement climatique. L'application des méthodes ici produit un instantané de l'habitat et de la structure de la communauté, mais ne tient pas compte des changements temporels. Les changements temporels peuvent être pris en compte grâce à un processus de mise à jour permanente des classifications, y compris des éléments utilisés pour définir les unités biophysiques.

---

## **PALIERS HIERARCHIQUES**

### **Province et biorégion – Niveaux 2 et 3**

Les subdivisions de premier et de second ordre des unités biogéographiques marines canadiennes, appelées ici provinces et biorégions, ont été délimitées par le Secteur des sciences du MPO (MPO 2009). Le Conseil canadien des ministres des ressources (CCMR) a convenu que trois biorégions étaient appropriées pour l'échelle provinciale la plus grossière de l'océan Atlantique (figure 1) : le plateau néo-écossais, les plateaux de Terre-Neuve et du Labrador et le golfe du Saint-Laurent. Les critères retenus pour la subdivision étaient les différences marquées dans les communautés de poissons et de plancton entre les zones centrales du plateau néo-écossais et du plateau Terre-Neuve-Labrador. La ligne de démarcation exacte entre les deux unités biogéographiques est floue. Il a été suggéré que les talus respectifs donnant sur le chenal Laurentien font partie des unités des deux plateaux. Cependant, on précise que la fosse comme telle peut être considérée plus avantageusement comme étant une zone de transition permanente, sa profondeur importante contribuant aux caractéristiques uniques de cette zone (MPO 2009).

À l'extrémité sud de l'unité biogéographique du plateau néo-écossais, les zones de la baie de Fundy et du banc de Georges présentent des affinités biogéographiques avec le golfe du Maine et le plateau néo-écossais. Les personnes nommées par le CCMR ont suggéré que cette limite serait mieux représentée comme une subdivision de premier ordre de la plus grande unité biogéographique du plateau néo-écossais, qui a été intégrée à la planification régionale. Pour la planification régionale, la biorégion du plateau néo-écossais a été subdivisée en trois régions de planification (Greenlaw *et al.* 2013) afin de reconnaître les unités océanographiques et géomorphologiques à l'échelle la plus grossière. Cette subdivision a été effectuée pour faciliter les consultations avec les différents groupes de parties prenantes, et pour refléter la disponibilité des données. Ces unités sont la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse, le plateau néo-écossais au large et la baie de Fundy. Les limites entre les zones de planification de la baie de Fundy et de la côte Atlantique ont été déterminées par le processus de classification du littoral, puis réexaminées par la création de la classification de la zone côtière subtidale (figure 2).

Pour démontrer ces divisions biogéographiques, le golfe du Saint-Laurent est utilisé comme exemple. Le golfe du Saint-Laurent présente des différences dans les communautés de poissons, de plancton et de benthos si l'on compare le sud du golfe et le nord du golfe; il existe également certaines affinités entre les communautés du sud du golfe et celles de l'unité biogéographique du plateau néo-écossais. Les processus océanographiques dominants donnent de la cohérence au golfe du Saint-Laurent en tant qu'unité biogéographique distincte, mais une étude plus poussée des communautés benthiques et de leurs affinités avec les biorégions du plateau néo-écossais et du golfe du Saint-Laurent pourrait révéler des tendances différentes dans le benthos que celles reflétées dans ces grandes subdivisions (MPO, 2009).

À des fins administratives et pratiques, la planification du réseau d'AMP pour la biorégion du plateau néo-écossais se fera à l'intérieur des limites de la Région des Maritimes du MPO (figure 1), qui contient toute la biorégion du plateau néo-écossais, mais qui chevauche la biorégion du golfe du Saint-Laurent dans la zone de la baie de Sydney.

### **Unités biophysiques de niveau 4**

Les unités biophysiques ont été délimitées à l'aide de deux couches de composantes environnementales : l'océanographie et la profondeur. Des relations biologiques ont été

---

précédemment démontrées pour les variables de ces composantes, pour deux-tiers de la zone d'étude, et utilisées pour attribuer des pondérations à ces composantes (Pitcher *et al.* 2012).

La couche océanographique a été créée à l'aide de la température benthique, de la salinité benthique et de la contrainte de courant benthique, qui étaient facilement disponibles comme variables modélisées sur l'ensemble du plateau néo-écossais et qui ont été identifiées comme des variables explicatives importantes de la biodiversité benthique dans la forêt de gradients de Pitcher *et al.* (2012) dans le golfe du Maine et sur les 2/3 du plateau néo-écossais. Ces variables ont été pondérées en fonction de leur « importance », une mesure issue de l'analyse de la forêt de gradients, extraite pour la partie de l'analyse située sur le plateau néo-écossais, pour structurer la composition de la biodiversité.

La profondeur a été dérivée d'une bathymétrie à haute résolution (environ 50 m), décrite ci-dessous. Les points de rupture définissant les zones bathymétriques ont également été déterminés à partir de la partie du plateau néo-écossais de l'analyse de la forêt de gradients de Pitcher *et al.* (2012), comme étant les régions les plus importantes le long du gradient de profondeur pour influencer les changements dans la diversité et la répartition des espèces.

Les composantes océanographiques et bathymétriques ont été superposées pour définir les unités biophysiques et les limites de cette couche ont été lissées lorsque les chevauchements des composantes étaient légèrement séparés spatialement, jusqu'à un maximum de 500 m. Bien que la résolution des couches océanographiques et bathymétriques soit à plus petite échelle que 500 m (35 m pour l'océanographie et 50 m pour la bathymétrie), les données sous-jacentes utilisées pour créer les couches étaient de résolution variable et, au-delà des zones bien étudiées, n'atteignent pas une densité native de moins de 500 m.

Les travaux futurs pourraient poursuivre une approche basée sur les espèces pour créer une couche de classification pour les niveaux 4 et 5 de la composante extracôtière, en incorporant des données biologiques, comme Pitcher *et al.* (2012). Une approche basée sur les espèces n'a cependant pas pu être utilisée pour la composante côtière de la classification en raison du manque de données biologiques à l'échelle de la région. Une comparaison entre les approches extracôtières est recommandée, car l'approche présentée dans ce rapport est conçue pour prendre en compte les modèles de communauté de la microfaune à la macrofaune. L'incorporation de données biologiques ferait que la couche finale serait biaisée en faveur des espèces que nous pouvons mesurer.

La principale différence entre le système du SCHEM appliqué à la biorégion du plateau néo-écossais et à la biorégion du plateau nord du Pacifique réside dans la production des niveaux du cadre, en commençant par le niveau de l'unité biophysique. Bien qu'ils soient à peu près de la même étendue spatiale (de 100 à 1000 km), pour rendre applicable le système de classification de l'écologie marine du Pacifique (niveau 4), Rubidge *et al.* (2016) adoptent une approche biogéographique traditionnelle en utilisant la composition des espèces pour définir les zones où se trouvent des groupes d'espèces similaires, alors que les couches des Maritimes utilisent une approche physiographique pour créer des unités océanographiques et bathymétriques, puis utilisent des données biologiques pour valider les unités abiotiques. Les deux approches sont valables et sont déterminées par les besoins de la région, les classifications précédentes existantes dans la région et la disponibilité des données.

#### **Niveau 4a – Unités océanographiques**

Les unités océanographiques ne figuraient pas dans le système de classification de Last *et al.* (2010), ni dans la délimitation des unités biophysiques de la région du Pacifique, mais elles ont été incluses dans les unités biophysiques du plateau néo-écossais en raison des preuves irréfutables selon lesquelles les facteurs océanographiques structurent la biodiversité à une

---

méso-échelle sur le plateau néo-écossais. Il existe une variété de variables océanographiques qui influencent généralement la diversité et la répartition des espèces. La productivité et la température ont été historiquement considérées comme les plus importantes influences directes sur les organismes benthiques. Sur le plateau néo-écossais, les différences océanographiques entre l'est et l'ouest du plateau néo-écossais sont reconnues depuis longtemps; le plateau oriental connaît des températures de fond plus froides et une productivité de base plus faible que le plateau occidental en raison des différents niveaux d'apport du courant du Labrador et du Gulf Stream. Les différences régionales dans les conditions océanographiques se traduisent par des communautés dominées par de petites espèces de poissons démersaux et pélagiques et par des macroinvertébrés benthiques dans l'est du plateau néo-écossais. La similitude de la composition en espèces de l'est et de l'ouest reflète leur proximité géographique, tandis que les différences de taux de croissance entre l'est et l'ouest reflètent les différences de température climatologique et de productivité de base (Shackell et Frank 2007). On s'attend à ce que l'ouest du plateau néo-écossais ait une plus grande résilience, en raison des températures moyennes estivales du fond plus élevées, qui entraînent une productivité biologique élevée suffisante pour stabiliser le système. L'est et l'ouest sont séparés par le bassin Emerald, qui a été considéré comme un obstacle à la migration de certaines espèces (Shackell et Frank 2007). Sur le plateau néo-écossais, le courant de la Nouvelle-Écosse a été reconnu comme un fort courant localisé près de la côte, apportant des eaux froides et moins salées du nord et du golfe du Saint-Laurent, ainsi qu'une grande partie de son approvisionnement en *Calanus* (Herman *et al.* 1991).

Les variables ont été choisies en vue de leur inclusion dans la couche des unités océanographiques en fonction des résultats d'une analyse de la forêt de gradients appliquée sur les deux-tiers du plateau néo-écossais. L'analyse a été appliquée à la fois au golfe du Maine et aux deux-tiers du plateau néo-écossais; toutefois, pour la classification, les résultats ont été extraits de la partie du plateau néo-écossais seulement. Cette analyse a fourni un classement des variables physiques et océanographiques sur la structure de la composition de la biodiversité benthique (Pitcher *et al.* 2012).

La température benthique, la température de surface de la mer, la salinité benthique, la chlorophylle de surface et la tension des courants benthiques sont les variables océanographiques qui expliquent le mieux la variabilité de la composition de la biodiversité sur l'ouest du plateau néo-écossais, selon Pitcher *et al.* 2012 (figure 3). Parmi ces variables, seules les variables benthiques ont été choisies pour être incluses dans la couche des unités océanographiques (température benthique, salinité benthique et contrainte de courant benthique). Même si les variables pélagiques ont montré une capacité prédictive élevée dans l'analyse de la forêt de gradients, elles ne devraient pas être des moteurs directs de la composition de la biodiversité benthique (variables ayant une influence physiologique sur une espèce; les substituts indirects sont en corrélation avec les moteurs directs, mais n'ont pas de lien physiologique avec l'espèce [McArthur *et al.* 2010]). Idéalement, les variables décrivant les gradients directs et les gradients de ressources seraient toujours utilisées comme prédicteurs pour développer une classification représentative des modèles de communautés biologiques. De plus, on s'attend à ce que les variables pélagiques incluses dans l'analyse de la forêt de gradients présentent une forte corrélation avec les variables benthiques importantes pour la structuration de la composition des espèces à l'ouest du plateau néo-écossais (p. ex. la stratification, la remontée d'eau et le mélange des marées). Par exemple, la température de surface de la mer change radicalement là où l'amplitude de la marée commence à augmenter, à l'entrée de la baie de Fundy. L'irradiance benthique et la stratification ont été incluses dans l'analyse. L'irradiance benthique est apparue comme très importante. La stratification n'a pas obtenu un classement élevé; cependant, la couche de stratification était basée sur des données d'échantillonnage à faible densité de la colonne d'eau. Ces facteurs ne devraient exercer une

---

force structurante que sur l'ouest du plateau néo-écossais, où les marées plus fortes dominent la structure de l'écosystème. Une analyse de sensibilité a été suggérée pour évaluer l'influence de la suppression des variables pélagiques des unités océanographiques; cependant, elle n'a pas été réalisée pour les raisons décrites ci-dessus et en raison de contraintes de temps.

Les variables incluses ont été normalisées (de 0 à 1) et combinées en une seule couche (figure 4) en utilisant des pondérations basées sur leur « importance » approximative (une métrique issue de l'analyse de la forêt de gradients) pour structurer la composition de la biodiversité. Il s'agit de la température benthique (40 %), de la salinité (35 %) et de la contrainte de courant benthique (25 %), sur la base des résultats de Pitcher *et al.* 2012. À partir de cette couche, neuf unités océanographiques ont été établies (figure 4, figure 5 et figure 6 en médaillon) :

*Région 1 – Baie de Fundy et est de la zone côtière de la Nouvelle-Écosse : température benthique élevée (T), faible salinité benthique, Chl-a élevée, moyenne quadratique élevée de la vitesse du courant de marée.*

*Région 2 – Golfe du Maine : température benthique élevée, salinité benthique élevée, Chl-a moyenne, moyenne quadratique élevée de la vitesse du courant de marée.*

*Région 3 – Baccaro et LaHave Bank : température benthique élevée, salinité benthique moyenne, Chl-a moyenne, moyenne quadratique faible de la vitesse du courant de marée.*

*Région 4 – Zone côtière Atlantique : faible température benthique, faible salinité benthique, Chl-a élevée, moyenne quadratique faible de la vitesse du courant de marée.*

*Région 5 – LaHave et le bassin Emerald : température benthique élevée, salinité benthique élevée, Chl-a élevée, moyenne quadratique faible de la vitesse du courant de marée.*

*Région 6 – Bancs Western et de l'île de Sable : température benthique élevée, salinité benthique moyenne, Chl-a moyenne, moyenne quadratique faible de la vitesse du courant de marée.*

*Région 7 – Est du plateau néo-écossais : faible température benthique, salinité benthique moyenne, Chl-a élevée, moyenne quadratique moyenne de la vitesse du courant de marée.*

*Région 8 – Caractéristiques du talus Laurentien.*

*Région 9 – Caractéristiques de la pente, du glaciaire et de l'abysse.*

Les couches océanographiques ont été obtenues à partir de nombreuses sources. Leur compilation est décrite dans un rapport non publié de Smith (2005) qui détaille la création de nombreuses couches pour obtenir un modèle d'habitat hauturier (Kostylev et Hannah 2004, MPO 2005) pour le golfe du Maine.

Les couches de salinité benthique et de température benthique (figure 7A et 7B) ont été dérivées à partir des données compilées pour la publication de Naimie *et al.* (1994). Les données originales recueillies par Naimie *et al.* (1994) ont été obtenues à partir de bases de données historiques de température/salinité rassemblées à partir d'archives nationales canadiennes et de croisières, bien qu'il ne soit pas précisé quelles bases de données spécifiques ont été utilisées. Les champs de densité moyenne climatologique ont été calculés pour chacune des six périodes bimensuelles (janvier-février, mars-avril, mai-juin, juillet-août, septembre-octobre et novembre-décembre). La plage temporelle des données s'étendait de 1912 à 1991, la densité de données la plus élevée étant observée à partir de 1964. Lorsque des modèles océanographiques incluant des données actuelles seront disponibles, cette couche pourra être refaite pour comparer les changements de frontières dans le temps, notamment à la lumière du changement climatique.

---

Pour chaque période, toutes les données de bouteilles et de conductivité-température-profondeur (CTD) d'un intervalle glissant de quatre mois centré sur le milieu d'une période bimestrielle donnée, qui ont passé le contrôle de qualité standard, ont été utilisées comme données d'entrée. Le nombre de stations/profils d'entrée sur la grande région du golfe du Maine et du plateau écossais varie d'environ 11 000 pour janvier-février à environ 21 000 pour septembre-octobre. Les champs ont été interpolés aux nœuds d'un maillage d'éléments finis couvrant le golfe du Maine dans son intégralité et présentant des échelles de longueur allant de 10 à 500 m (Lynch et Naimie 1993). Les valeurs sont censées être à un mètre au-dessus du fond de la mer.

Les données de température et de salinité benthiques annuelles moyennes de Naimie *et al.* (1994) ont été utilisées par Smith (2005) pour calculer les moyennes de température et de salinité, tandis que la variabilité de la température et de la salinité a été calculée comme le maximum et le minimum saisonniers. Les couches de températures benthiques saisonnières ont été créées par Hannah *et al.* (2001), en utilisant les données de 1950 à 1994. Bien qu'il ne soit pas précisé comment la variabilité a été calculée, l'interpolation des couches saisonnières a pour effet d'atténuer la variabilité due au mouvement du panache fluvial, aux variations du brisant du plateau et aux anneaux du noyau chaud, ce qui entraîne une variabilité artificiellement faible dans les régions frontales et littorales. La variabilité interannuelle et suprasaisonnière est également ignorée. Pour une utilisation dans le littoral, ces couches peuvent seulement définir une condition générale au large, plutôt que des valeurs réelles dans le littoral. La résolution des couches de température benthique saisonnière est de 500 m<sup>2</sup>/pixel.

Le facteur de stress en fond marin (figure 7C) pour les courants de marée et subtidaux a également été obtenu par Smith (2005) en utilisant la moyenne quadratique de la circulation tidale et saisonnière décrite par Lynch et Naime (1993) et Lynch *et al.* (1997).

Toutes les variables océanographiques compilées sont des représentations de sources de données historiques (1992 et antérieures). Ces données ont été choisies car elles représentent un modèle de l'environnement océanographique, plutôt qu'un modèle interpolé. La densité, la résolution et l'erreur associées aux données originales utilisées pour créer ce modèle n'étaient pas disponibles. Des travaux sont en cours pour produire des couches interpolées de température et de salinité benthiques pour les périodes actuelles.

#### **Niveau 4b – Bathomes**

Il a été démontré que la profondeur est l'un des plus forts corrélats environnementaux de la structure des poissons et des communautés benthiques à l'échelle mondiale et sur le plateau néo-écossais/golfe du Maine (MacArthur 2010, Pitcher *et al.* 2012). Les bathomes ont été décrits par Last *et al.* (2010) comme des subdivisions à plus petite échelle des biorégions qui sont caractérisées principalement par la répartition bathymétrique du biote. Last *et al.* (2010) décrivent les facteurs déterminants à ce niveau comme des processus liés à la profondeur et évoluant dans le temps, tels que la stratification des masses d'eau en profondeur, les contraintes physiologiques actuelles sur la répartition des espèces en profondeur, et la différenciation liée à la profondeur dans la répartition de l'habitat définie par les contraintes géophysiques. Comme pour les provinces, les échelles spatiales des bathomes sont vastes par rapport aux unités des niveaux inférieurs de la hiérarchie. Les bathomes dépassent souvent 1000 km<sup>2</sup> et encore plus aux profondeurs abyssales. Historiquement, la mer a été divisée par les écologistes en zones néritiques et océaniques, la frontière entre les deux étant délimitée par la marge du plateau continental, qui est souvent définie par le point de changement de gradient le plus important entre le plateau et le talus. Le changement spectaculaire de profondeur ici est illustré par un profil de profondeur représentatif du plateau néo-écossais (figure 8). Les



---

bathomes sont souvent différents les uns des autres en raison des compositions biotiques des espèces démersales, et doivent être traités comme des unités écologiques indépendantes.

Les bathomes ont été créés pour le plateau néo-écossais en utilisant les indications d'une analyse de la forêt de gradients, qui a déterminé les zones de profondeur les plus transitoires pour les modèles de composition des communautés dans le golfe du Maine et les deux-tiers du plateau néo-écossais (Pitcher *et al.* 2012).

La couche de bathymétrie (figure 9A) a été obtenue en utilisant une combinaison de données de contour, de sondage et de multifaisceaux (figure 9B) obtenues du Service hydrographique du Canada et du Groupe de cartographie océanique de l'Université du Nouveau-Brunswick. Les couches de données multifaisceaux utilisées avaient une résolution de 10 m, à l'exception de celles de la baie Passamaquoddy, de Grand Manan et de la région de Saint John de la baie de Fundy, qui avaient une résolution de 1 m. Les données de sondage intégrées avaient une distance moyenne de 64,2 m entre les sondages. Un calcul du plus proche voisin moyen (ESRI, 2013) a été effectué à partir des données de sondage afin de déterminer la résolution optimale pour la couche de sortie (figure 9C). Le calcul du plus proche voisin permet de déterminer la distance moyenne entre chaque point de sondage et son plus proche voisin. Le tableau 3 présente la résolution des sources de données originales.

Les données de contour et de sondage ont été converties à partir du référentiel vertical, du zéro des cartes, en fonction du niveau moyen de l'eau et interpolées à l'aide d'un réseau triangulé irrégulier (ESRI, 2012), avant d'être converties en une grille matricielle. La création d'un réseau triangulé irrégulier permet d'incorporer des lignes de contour dans le modèle, en utilisant une méthode de « ligne douce » pour les données de contour, et une méthode de « point d'attache en dur » pour les données de sondage. L'utilisation conjointe de ces deux méthodes permet une certaine souplesse dans l'utilisation des courbes de niveau lorsqu'elles se superposent aux données de sondage. Les données de sondage dominent et conservent leurs valeurs de profondeur, car elles sont censées être plus précises.

Les points d'arrêt ont été sélectionnés comme étant les régions les plus importantes le long du gradient de profondeur pour influencer les changements dans la diversité des espèces et les modèles de répartition, en utilisant les données actuelles et historiques du MPO et du National Marine Fisheries Service Centre (NMFSC) de chaluts benthiques et d'échantillonnage (Pitcher *et al.* 2012), y compris les points d'arrêt à (figures 10 et 6) : 50 m, 110 m, 200 m, 300 m, 500 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m, 3000 m, et 4000 m.

### **Unités géomorphologiques de niveau 5**

Les unités géomorphologiques sont basées principalement sur la géomorphologie, et sont généralement plus petites en taille que les unités bathométrique et océanographiques. Elles sont censées être des substituts d'assemblages biologiques distincts (Last *et al.* 2010) répondant à des niches écologiques fournies par des aspects de leur environnement physique.

Les relations de substitution pour certaines unités géomorphologiques, comme les estuaires, sont bien documentées, mais restent largement invalidées pour d'autres, comme celles différenciées dans les grands fonds (Heap et Harris 2008). Sur le plateau néo-écossais, la mer profonde présente des types de communautés distincts dans ses bassins et ses bancs. Les bassins profonds du plateau néo-écossais abritent de grandes populations de zooplancton en automne et en hiver. Ce mécanisme de stockage constitue l'apport dominant de jeunes copépodes dans les eaux de surface au printemps. Une faible circulation à l'intérieur des bassins fait en sorte que les populations de copépodes ne sont pas déplacées tout au long de l'année (Herman *et al.* 1991). Les bancs du plateau néo-écossais, comme le banc de Georges, subissent souvent des contraintes de courant plus élevées. Sur le banc de Georges, de forts

---

courants de marée et une topographie abrupte conduisent à un front de mélange de marée le long du flanc nord (Dale *et al.* 2003). On a estimé que la production primaire sur ce banc est environ 40 % supérieure à celle des régions de plateau environnantes et que la production de poissons est également deux fois supérieure à celle des régions environnantes (Cohen *et al.* 1982).

Le plateau néo-écossais contient également des unités géomorphologiques uniques, comme le Gully. Le Gully est une unité géomorphologique très productive, avec une grande diversité et, en raison de sa profondeur, une forte densité d'espèces de cétacés. On s'attend également à ce que la diversité des poissons soit élevée en raison de l'immense hétérogénéité de l'habitat qui s'étend sur de multiples gammes de profondeurs. La baie de Fundy est une autre caractéristique géomorphologique unique; il s'agit d'une grande baie estuarienne dont la forme et la topographie contribuent à un environnement extrêmement macro-tidal, ce qui donne lieu aux marées les plus hautes du monde. On sait que la composition des espèces qui proviennent du golfe du Maine et du plateau néo-écossais change lorsqu'elles entrent dans la baie.

Les unités géomorphologiques ont été définies à partir des unités originales de Fader (2007) pour le golfe du Maine et le plateau néo-écossais, et retravaillées pour incorporer des caractéristiques géomorphologiques côtières et extracôtières supplémentaires, telles que : les bras de mer côtiers, les zones topographiquement complexes dans les régions côtières et extracôtières, les caractéristiques des pentes et des plaines, et les canyons. La nomenclature a également été transférée aux descriptions standard normalement utilisées pour déterminer les unités géomorphologiques à partir du travail de Greene *et al.* (1999).

La classification résultante comprend 12 unités géomorphologiques à deux échelles distinctes (Figures 6 et 11) :

**Niveau 5a** – Niveau géomorphologique 1 – Unités géomorphologiques de niveau supérieur comprenant les mers intérieures, le plateau intérieur, le plateau, le talus, le soulèvement continental et la plaine abyssale. Celles-ci correspondent également aux régions de planification de la Division de la gestion côtière et des océans (DGOC) (figure 2).

**Niveau 5b** – Niveau géomorphologique 2 – Unités géomorphologiques à plus petite échelle, notamment les bras de mer, les bancs, les bassins, les plaines, les canaux, les zones topographiquement complexes, les bancs et les bassins topographiquement complexes, les canyons.

## CLASSIFICATION DE LA ZONE CÔTIÈRE

### DEFINIR LA COTE

La Division de la gestion côtière et des océans a demandé que les données côtières soient séparées des données extracôtières, ce qui nécessite de définir la côte et peut se révéler compliqué pour plusieurs raisons. Premièrement, le terme « zone côtière » est largement utilisé et est souvent défini en fonction de la question ou de la tâche. Aux fins de la planification du réseau d'AMP du MPO dans la biorégion du plateau néo-écossais, la limite de la zone côtière vers le large a été définie comme le contour de 110 m de profondeur (figure 2). La limite vers l'intérieur des terres a été définie comme la laisse des hautes eaux, conformément au Cadre national (gouvernement du Canada 2011).

La couche de la zone côtière a été encore subdivisée en sous-divisions à grande et petite échelle le long de la côte. Ces subdivisions ont été établies à partir de l'océanographie et de la géologie du littoral. Les divisions ont été dessinées manuellement, avec des couches géologiques et océanographiques sous-jacentes.

---

## NIVEAUX HIERARCHIQUES DE LA COTE

Les unités biophysiques côtières (encart de la figure 12) et les unités géomorphologiques (figure 11) ont été élaborées à l'aide de sources de données environnementales similaires à celles utilisées pour le large du plateau néo-écossais. Les unités biophysiques et géomorphologiques élaborées au large du plateau néo-écossais devraient être suffisantes pour la planification du réseau d'AMP dans la zone côtière et pour la plupart des autres utilisations du MPO.

### Unités biophysiques de niveau 4

#### Niveau 4a – Unités océanographiques

Les unités océanographiques de la zone côtière sont une combinaison de l'échelle des unités biophysiques et de l'échelle des biotopes. Les unités ont été développées à l'aide d'une moyenne pondérée de facteurs environnementaux (figure 7); une superposition combinée d'une analyse en composantes principales (ACP) de facteurs océanographiques (40 %; les facteurs océanographiques ont été décrits dans la section extracôtière) et du substrat à l'échelle par phi (60 %; la couche de données sur le substrat est décrite ci-dessous). Cette couche combinée a été classée en 9 classes distinctes d'océanographie et de substrat (figure 13).

Unités océanographiques côtières (figures 12 et 13 : nombres entiers) :

1. Baie de Fundy
2. Région de Quoddy
3. Grand Manan et ses environs
4. Banque d'Allemagne et environs
5. Côte sud
6. Côte est
7. Sud du Cap-Breton
8. Est du Cap-Breton
9. Lacs Bras D'or

#### Niveau 4b – Bathomes

Les bathomes sont les mêmes que ceux de la zone extracôtière. Dans les régions côtières, les ruptures bathymétriques se situent à 50 et 110 m (figure 10).

### Unités géomorphologiques de niveau 5

Les unités géomorphologiques de la zone côtière ont été incluses dans la couche extracôtière présentée ci-dessus. Les unités géomorphologiques côtières comprennent (figure 11) :

**Niveau 5a** - Niveau géomorphologique 1 – Baie de Fundy et plateau intérieur

**Niveau 5b** - Niveau géomorphologique 2 – Bras de mer, plaines, bancs

### Niveau 6 – Biotopes

Des variables à une échelle plus fine (10 m à 100 km) commencent à être disponibles pour la partie côtière (< 110 m) du plateau néo-écossais. Le substrat est l'une des trois composantes nécessaires pour dresser un tableau complet des biotopes (tableau 1; substrat, biologie et océanographie). Des unités de substrat à plus petite échelle ont été développées, comprenant

---

une variété d'attributs d'habitat tels que : la taille des grains superficiels, la taille des grains dominants, la gamme de tailles de grains, le type benthique primaire (dur, mixte, mou) et les types benthiques secondaires (Greenlaw *et al.* non publié<sup>1</sup>) pour commencer à remplir les niveaux de biotope de la hiérarchie de classification écologique. Ces couches ont été utilisées pour développer des unités de biotope préliminaires en utilisant uniquement le substrat pour la zone côtière (figure 13). Les couches à échelle plus fine sont utiles pour la planification du réseau d'AMP côtières, car on s'attend à ce que la taille des AMP dans la zone côtière soit également plus petite, les zones côtières comprennent moins d'espèces migratrices, et les régions plus petites protégeront une plus grande proportion d'espèces.

Les biotopes côtiers comprennent (figure 13 : numéros en lettres) :

- 1a. Substrats mous de la baie Chignecto
- 1b. Substrats mous du bassin Minas
2. Sable et gravier de la baie de Fundy
- 3a. Substrats mous du sud-ouest du Nouveau-Brunswick
- 3b. Gravier d'Owen Basin
- 4a. Couche rocheuse de l'île Passamaquoddy
- 4b. Substrats mous intérieurs de Passamaquoddy
- 5a. Gravier de l'Ouest de Grand Manan
- 5b. Substrat rocheux et substrats mous de Grand Manan
6. Extérieur de la baie de Fundy
- 7a. Substrats mixtes de Meteghan
- 7b. Substrats mixtes du large de Meteghan
- 8a. Substrats mixtes côtiers de la baie Lobster/du banc German
- 8b. Banc German extracôtier
- 9a. Substrats mixtes de Shelburne
- 9b. Substrat rocheux et sédiments mixtes de port Mouton
- 9c. Îles de la baie Mahone et sédiments mous
- 9d. Fonds rocheux de Sambro
- 9e Sédiments mixtes hauturiers de Shelburne et port Mouton
10. Substrat mou dans les bras de mer et sable/gravier au large
- 10b. Sable et gravier au large de Musquodobit
- 11a. Substrat rocheux et substrat fin des îles de la côte est
- 11b. Substrats mixtes du large des côtes est

---

<sup>1</sup> Greenlaw, M.E., Schumacher, M., King, E., McCurdy, Q., Smith, K., Doon, M., Page, F. et Kostylev, V. non publié. Une classification des substrats pour le plateau néo-écossais côtier, région des Maritimes. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. xxxx : iv + 46 p.

- 
- 12a. Passages sédimentaires du havre Country
  - 12b. Substrats mixtes de la baie Tor
  - 12c. Fonds rocheux de Canso
  - 12d. Substrats mixtes au large de la baie Tor
  - 13a. Substrats mixtes de la baie de Chedabucto et de l'île Madam
  - 13b. Sable et substrat rocheux de Gabarus
  - 13c. Substrats mixtes au large des côtes sud de Cap Breton
  - 14a. Substrats mixtes des côtes est de Cap Breton
  - 14b. Substrats mixtes au large des côtes est de Cap Breton
  - 15. Substrat fin de Bras D'Or

### **Couche de substrat**

Le substrat présente de nombreuses caractéristiques auxquelles les organismes biologiques réagissent, mais beaucoup sont difficiles à cartographier à des fins de classification des habitats. Les caractéristiques communes du substrat qui pourraient être cartographiées comprennent la taille moyenne des grains du substrat, la gamme des substrats présents, la teneur en matière organique des sédiments, l'abondance microbienne et la composition microbienne (Snelgrove et Butman 1994). Il est particulièrement difficile de déterminer ces aspects de la couche sédimentaire superficielle à partir des caractérisations géologiques traditionnelles.

Les géologues (RNCAN) ont un mandat différent lorsqu'il s'agit de caractériser la géologie, l'accent étant mis davantage sur le développement des ressources que sur la cartographie des habitats, ce qui donne lieu à des caractérisations concernant la géologie sous-jacente plutôt que les sédiments superficiels. Dans la région des Maritimes, la géologie superficielle est souvent déterminée par l'histoire glaciaire et les caractérisations peuvent inclure une grande variété de tailles de grains de substrat superficiel. Il est courant d'identifier cinq unités de sédiments superficiels : la dérive du plateau néo-écossais, le limon émeraude, le sable de Sambro, le sable et le gravier de l'île de Sable et l'argile de LaHave (Fader *et al.* 1977).

Ces descripteurs géologiques sont utilisés pour reconnaître les processus dominants qui déterminent le substrat superficiel là où des glaciations à l'échelle du plateau ont eu lieu. Cela a fourni un cadre conceptuel largement utilisé pour comprendre la répartition et le caractère des sédiments sur le plateau néo-écossais. Plus de 60 % des sédiments du plateau continental sont principalement des reliques et présentent des caractéristiques dominantes d'environnements passés avec peu d'influence moderne. Cependant, cela peut être problématique pour les descriptions d'habitat basées sur la biologie, comme nous l'avons vu avec la classification du till. La classification de till (dérive du plateau néo-écossais) offre une vaste gamme de mélanges de boue, de sable et de gravier qui doivent être résumés dans une unité cohérente de sédimentation (till) déposés directement par les glaces de glacier en tant que moraine.

Afin de transformer ces descripteurs géologiques originaux en quelque chose d'utile pour les biologistes, un cadre est en cours de création (Greenlaw *et al.* non publié) pour traduire et cartographier les descripteurs géologiques originaux en ceux qui sont utilisés pour une grande variété de projets et de décisions de gestion au sein du MPO. Une carte de la classification des substrats est incluse (figure 14).

Actuellement, les couches de données biologiques et océanographiques à une échelle similaire ne sont pas disponibles en tant qu'ensembles de données à l'échelle régionale à incorporer

---

dans les couches de biotopes côtiers. Les données décrivant des modèles précis d'océanographie et de biologie devraient être disponibles à une résolution de dizaines de mètres à centaines de kilomètres. Elles ne comprennent pas non plus de données provenant des zones côtières qui rendent suffisamment compte de la variété des conditions océanographiques dans la zone côtière. La zone côtière est une zone hautement transitoire, qui subit l'influence de l'environnement terrestre et de la haute mer.

## DISCUSSION

### VALIDATION DES COUCHES DE CLASSIFICATION DE LA ZONE EXTRACOTIERE

La classification écologique était initialement prévue pour couvrir uniquement la zone côtière (< 110 m); cependant, la classification a été étendue pour couvrir la composante extracôtère de la biorégion pour deux raisons. La première étant que des connaissances pourraient être incorporées à partir d'une analyse de la forêt de gradients appliquée dans le golfe du Maine (Pitcher *et al.* 2012). L'analyse de la forêt de gradient a permis de mieux connaître les variables qui devraient avoir les influences les plus importantes sur la diversité des espèces et les schémas de répartition dans le golfe du Maine, et des influences similaires sont attendues sur le plateau néo-écossais. Ces connaissances ont été acquises après la création des couches de planification au large précédentes (Kostylev et Hannah 2004, Fader 2007).

La deuxième raison pour laquelle la classification a été étendue au large est que l'on dispose d'une grande variété de données d'enquêtes biologiques qui peuvent être utilisées pour valider les couches de classification écologique. Une telle validation fournira la preuve que l'approche intègre correctement les variables qui contribuent aux modèles de composition de la biodiversité dans la zone côtière. Une fois que des données biologiques plus détaillées seront disponibles, la partie côtière de la classification pourra également être validée pour garantir son exactitude.

Une validation préliminaire des unités océanographiques, bathymétriques et géomorphologiques a été effectuée en utilisant une analyse en composantes principales (ACP) des couches de répartition des espèces individuelles provenant du relevé des écosystèmes du MPO (figure 15). L'ACP des couches de répartition des espèces est superposée aux unités océanographiques, bathymétriques et géomorphologiques combinées. Cela permet une validation visuelle limitée (comparaison visuelle pour savoir si les modèles dans la couche de répartition d'espèces correspondent à la répartition des unités de classification).

Les espèces incluses dans la couche d'ACP étaient écologiquement significatives, appauvries, rares ou dominantes. L'analyse a porté sur un total de 32 espèces de poissons. Les répartitions de poissons ont été interpolées en utilisant la pondération par distance inverse. Pour obtenir plus d'informations sur la façon dont les couches d'espèces ont été catégorisées ou créées, consultez Smith (2005).

À l'avenir, les unités de classification pourraient être validées à l'aide de méthodes plus quantitatives. La validation de la couche à l'aide d'une mise à l'échelle multidimensionnelle des données d'enquête sur les écosystèmes permettrait de s'assurer que chaque unité saisit une composition unique d'espèces (qui sont significativement différentes les unes des autres). Avec cette approche, la classification pourrait être simplifiée si les classes se révèlent statistiquement similaires.

Une approche privilégiée pour créer la couche de classification serait d'utiliser une méthode de modélisation de la répartition des communautés, similaire à celle utilisée par Ferrier et Guisan (2006), ou Pitcher *et al.* (2012). Une analyse du type de la forêt de gradient serait la méthode la

---

plus appropriée, car elle tient compte des modèles non linéaires et de l'importance de chaque variable. L'utilisation d'une analyse de la forêt de gradient permettrait également d'incorporer les portions le long du gradient de chaque variable qui sont les plus importantes pour influencer les modèles de composition de la biodiversité.

## **EXEMPLE D'OBJECTIFS STRATEGIQUES DU RESEAU D'AMP**

Les unités biophysiques sont un point de départ approprié pour considérer la représentativité dans la planification préliminaire du réseau d'AMP. Cependant, la classification sera développée en tant que classification hiérarchique afin que des unités écologiques à plus petite échelle puissent être délimitées pour déterminer si les AMP prévues dans chaque région sont vraiment représentatives. Dans chaque unité biophysique et géomorphologique, il y aura une variété d'habitats/biotopes primaires. Les zones protégées qui couvrent chaque unité doivent saisir la variété des habitats/biotopes primaires au sein de cette unité. Pour ce faire, une classification plus poussée à des échelles plus fines intégrant des données biologiques devrait être adoptée au fil du temps. Cependant, il s'agit d'un processus à long terme qui n'est pas nécessaire pour avancer dans la planification du réseau d'AMP. Les couches peuvent être utilisées dans leur état actuel, et adaptées si nécessaire.

Il existe plusieurs configurations possibles pour un réseau complet d'AMP dans la zone côtière, selon les priorités de conservation, la disponibilité des données, le financement, la disponibilité du personnel, la volonté politique et le soutien du public. Voici des exemples d'objectifs de réseaux d'AMP pour la biorégion du plateau néo-écossais et de la baie de Fundy, qui assurent une représentation à l'échelle minimale de départ des unités océanographiques. Il est recommandé d'incorporer la représentation à des échelles de plus en plus fines dans le cadre d'un processus itératif, à mesure que de nouvelles AMP sont ajoutées au réseau. Un objectif final de la planification du réseau d'AMP devrait être d'incorporer une représentation à l'échelle de l'habitat primaire/biotope. La classification des habitats primaires nécessiterait des facteurs physiques à une résolution d'au moins dix kilomètres et la classification d'unités basées sur le substrat à la même échelle pour les habitats côtiers et en mer. Ces échelles ne sont pas encore accessibles dans de nombreuses écorégions du Canada, notamment dans l'Arctique.

Voici des exemples d'objectifs de réseaux d'AMP pour la biorégion du plateau néo-écossais qui assurent d'abord la représentation à une échelle de départ minimale des unités océanographiques :

1. Protéger un pourcentage de chaque niveau 4a – Unité océanographique; en mer : Figure 5, Région côtière : Figure 12. Veiller à ce qu'elles soient imbriquées dans les couches à plus grande échelle (provinces et biorégions).
2. Protéger un pourcentage de chaque Niveau 4 – Unité biophysique (Unités et bathomes océanographiques; région extracôtière : Figures 5 et 10, Région côtière : Figures 10 et 12. Veiller à ce que celles-ci soient imbriquées dans des couches à plus grande échelle (provinces et biorégions).
3. Protéger un pourcentage de chaque Niveau 5 – Unité géomorphologique; région côtière et extracôtière : Figure 6. Veiller à ce qu'elles soient imbriquées dans les couches à plus grande échelle (Niveau 5 – Unités biophysiques).
4. Protéger un pourcentage de chaque niveau 6 – Biotope. Disponible uniquement dans la région côtière : Figure 13. Veiller à ce qu'elles soient imbriquées dans les unités biophysiques et géomorphologiques.

---

Les itérations des exemples 1 ou 2 ci-dessus sont susceptibles d'être les principaux objectifs de la planification du réseau d'AMP jusqu'à ce que des données suffisantes soient disponibles pour incorporer des caractéristiques à des échelles plus fines dans le SCHEM.

### **COMPARAISON AVEC LES COUCHES DE CLASSIFICATION ECOLOGIQUE PRECEDENTES CREEES POUR LA PLANIFICATION DU RESEAU D'AMP SUR LE PLATEAU NEO-ECOSSAIS.**

Les unités de classification s'appuient sur les précédentes couches de classification écologique créées pour la planification du réseau d'AMP. Auparavant, la Division de la gestion côtière et des océans a intégré le modèle d'habitat de Kostylev et Hannah (2004, 2007), ainsi que les unités géomorphologiques créées par Fader (2007) pour le Fonds mondial pour la nature. Le cadre de Kostylev adapte la théorie du modèle d'habitat de Southwood (1988) pour caractériser les habitats des fonds marins. Le modèle est basé sur la théorie écologique selon laquelle les propriétés de l'habitat, et par conséquent les stratégies du cycle de vie des organismes benthiques, sont déterminées par deux forces majeures : les perturbations (stabilité de l'habitat) et les possibilités de croissance (sévérité des conditions environnementales). Bien que les approches théoriques de la cartographie de la diversité et de la répartition des espèces soient souvent utilisées en l'absence de relations statistiques mesurées entre les espèces et leur environnement, on s'attend à ce que le degré et le classement des variables environnementales structurantes diffèrent selon les régions.

Les unités biophysiques et géomorphologiques sont constituées de variables environnementales physiques comprenant plusieurs des mêmes couches que celles incluses dans le modèle d'habitat de Kostylev et Hannah (2004). Par rapport au modèle d'habitat, on a choisi d'inclure des variables environnementales dans la composition des unités biophysiques en raison de leur importance pour structurer la diversité et la répartition des espèces pour l'ouest du plateau néo-écossais (Pitcher 2012). Un tableau est fourni pour comparer les couches originales incluses dans l'approche de Kostylev et Hannah (2004), et leur importance dans l'analyse de la forêt de gradients (tableau 4). Dans une comparaison d'analyses de la forêt de gradients dans trois régions, le golfe du Maine, le golfe du Mexique et de la Grande barrière de corail, Pitcher *et al.* (2012) n'ont pas trouvé que les trois régions avaient des variables structurantes similaires. Pour le golfe du Maine et l'ouest du plateau néo-écossais, l'analyse de la forêt de gradients a permis d'obtenir une connaissance détaillée des meilleurs prédicteurs environnementaux de la diversité et de la répartition des espèces dans la région. Toutefois, ces relations ne sont basées que sur les données relatives aux espèces, lorsqu'elles sont disponibles, qui sont orientées vers les grands composants de l'écosystème que nous pouvons mesurer (espèces mesurées par l'enquête sur l'écosystème). Il serait utile de comparer et de contraster les deux méthodes, lorsqu'une couche de forêt de gradient pour l'ensemble du plateau néo-écossais sera développée.

### **POURSUITE DU DEVELOPPEMENT DE LA HIERARCHIE DE LA CLASSIFICATION ECOLOGIQUE**

Par le biais d'un consensus scientifique, un système de classification écologique normalisé devrait finalement être développé en vue d'une utilisation nationale. Ce SCHEM représente une approche zonale qui pourrait être utilisée pour développer une approche de classification inclusive au niveau national. L'élaboration d'un système de classification écologique normalisé exige beaucoup de données et nécessitera la contribution du MPO et de nombreux partenaires pour fournir et analyser des données, des produits de données et des modèles, qui constituent des éléments essentiels du système.



---

Une classification des habitats et des communautés pélagiques à l'aide du SCHEM est nécessaire dans les régions du Pacifique et des Maritimes. Parce que les processus biologiques et environnementaux et les interactions dans les systèmes benthiques et pélagiques pourraient différer en étendue spatiale et en répartition, un système de classification hiérarchique de l'écologie marine pour les écosystèmes pélagiques peut différer de la structure du SCHEM élaboré ici pour les écosystèmes benthiques.

## **PROCESSUS PARALLELE POUR LE DEVELOPPEMENT D'UNE HIERARCHIE DE CLASSIFICATION ECOLOGIQUE NORMALISEE**

Un cadre conceptuel pour un SCHEM a été harmonisé entre les régions du Pacifique et des Maritimes afin de désagréger/subdiviser les biorégions en unités spatiales hiérarchiques plus petites basées sur leurs attributs écologiques. L'application du cadre conceptuel dans les régions du Pacifique et des Maritimes permet une classification systématique et spatialement explicite des écosystèmes à plusieurs échelles. La population des niveaux d'unités biophysiques et géomorphologiques du SCHEM comble les lacunes dans nos descriptions des espèces, de la diversité des habitats et des modèles de répartition sur le plateau néo-écossais; toutefois, il reste encore de nombreuses lacunes à combler avant d'achever une hiérarchie de classification écologique normalisée complète. Le cadre du SCHEM peut servir à créer d'autres couches pour le plateau néo-écossais afin de combler ces lacunes et de les utiliser dans de multiples applications autres que la planification du réseau d'AMP. La reconnaissance des lacunes actuelles des couches disponibles aiderait également à orienter les propositions scientifiques.

En alimentant davantage le SCHEM, un système commencerait à émerger avec des données à différentes échelles, qui pourraient être utilisées pour des décisions rapides, en l'absence de nouveaux financements. Comme le montre le développement de cette classification, des progrès peuvent être réalisés avec peu ou pas de fonds. Une grande partie des données biologiques et physiques doivent simplement être assemblées à l'échelle appropriée afin de fournir des résultats plus pertinents pour les décisions de gestion.

La première étape de l'utilisation du SCHEM consiste à décider de l'échelle et de la résolution des données de sortie qui répondront aux besoins de l'objectif de gestion requis. Il s'agit d'une décision cruciale et complexe, qui peut permettre d'économiser du temps et des fonds précieux pour des utilisations qui ne nécessitent pas de données à échelle fine et à haute résolution. Dans la plupart des cas, des couches détaillées de cartographie des habitats marins basées sur des données acoustiques ne sont pas disponibles. En outre, elles ne sont pas les données les plus appropriées dans certains cas, car de nombreuses décisions ne nécessitent pas de données à échelle fine. Le tableau 2 donne des indications sur les échelles et résolutions communes des données de sortie pour les décisions communes et les objectifs de gestion. Certaines de ces lacunes pourraient être comblées avec des ressources limitées, tandis que d'autres nécessiteront des ressources importantes.

En traduisant la variété des données disponibles sur la diversité des espèces et les modèles de répartition en un schéma de classification écologique normalisé (échelles, résolutions, données d'entrée), nous pouvons commencer à comprendre ce que nous savons de la diversité des espèces et des modèles de répartition dans la région des Maritimes. Nous avons commencé à développer un langage commun pour les données de cartographie des habitats marins, et nous pourrions poursuivre ce processus en développant davantage le SCHEM, en veillant à ce que des traductions ne soient pas nécessaires entre les produits de données.

Il existe de nombreuses méthodes permettant de cartographier, de prédire ou de déduire la diversité des espèces et les schémas de répartition (tableau 5), qui peuvent être utilisées pour

---

alimenter le SCHEM, en fonction de l'échelle, de la résolution et de la précision des données nécessaires à la prise de décision. Une meilleure compréhension de ces méthodes au sein du MPO permettrait de réduire la confusion lors de la prise de décisions (p. ex. modèles de répartition des espèces, modèles de répartition des communautés, méthodes fondées sur des substituts). Bon nombre de ces méthodes ont été appliquées dans la région des Maritimes, à diverses échelles, ce qui a donné lieu à une série de méthodes et de cartes peu claires et disparates. Il est nécessaire à un certain point de comparer et d'opposer les méthodes en fonction des besoins de gestion spécifiques, ce qui comprend une discussion sur les compromis nécessaires pour choisir la méthode appropriée.

Le processus global de cartographie de la diversité et de la répartition des espèces nécessite également l'acquisition, le développement, la gestion et la sauvegarde de données. Ces étapes comprennent la publication des ensembles de données, la décision selon laquelle les données font autorité, les normes d'incorporation des données des entrepreneurs et l'assurance qu'elles sont sauvegardées et incorporées dans les bases de données du MPO. La gestion des données comprend l'archivage dans le dépôt de données géospatiales du Secteur des sciences de la région des Maritimes, ce qui inclut les processus de stockage des ensembles de données. Le fait que ces données soient répertoriées et stockées en un seul endroit aide les décideurs, car elles sont plus accessibles aux gestionnaires. L'accès garantira également que les scientifiques ne font pas de chevauchement dans les données et que les lacunes en matière de données sont plus visibles.

Enfin, un attribut essentiel de la mise en œuvre d'un cadre est la capacité d'intégrer en permanence de nouvelles données, de nouveaux résultats de modèles et de nouvelles connaissances. Pour aller de l'avant avec ce processus, il faudra des conseils sur le processus d'intégration de nouvelles informations et de production des résultats appropriés. La figure 16 présente une vue d'ensemble des processus parallèles permettant la poursuite du développement du SCHEM.

## **REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier ceux qui ont contribué à la création de cette classification et de ce document de travail, notamment ceux qui ont participé aux réunions visant à élaborer le processus de classification du littoral et ceux qui ont fourni des conseils et des avis par courrier électronique.

## **RÉFÉRENCES CITÉES**

- Ball, I.A., Possingham, H.P., and Watts M. 2009. Marxan and relatives: Software for spatial conservation prioritisation. In: Moilanene, A., Wilson, K.A. and Possingham, H.P. Eds. Spatial conservation prioritisation: Quantitative methods and computational tools. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Cohen, E.B., Grosslein, M.D., and Sissenwine, M.P. 1982. Energy budget of Georges Bank. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 59: 95–107.
- Dale, A.C., Ullman, D.S., Barth, J.A., and Hebert, D. 2003. The front on the Northern Flank of Georges Bank in spring: 1. Tidal and subtidal variability: J. Geophys. Res. 108(11), 8009.

- 
- Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T.J., Kininmonth, S., Baker, S.C., Banks, S., Barrett, N.S., Becerro, M.A., Bernard, A.T.F., Berkhout, J., Buxton, C.D., Campbell, S.J., Cooper, A.T., Davey, M., Edgar, S.C., Forsterra, G., Galvan, D.E., Irigoyen, A.J., Kushner, D.J., Moura, R., Parnell, P.E., Shears, N.T., Soler, G., Strain, E.M.A., and Thompson, R.J. 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*. 506: 216–220.
- ESRI. 2012. [Fundamentals of creating TIN surfaces](#). ArcGIS Resource Centre. (accessed 08 May, 2015).
- ESRI. 2013. [Average Nearest Neighbour \(Spatial Statistics\)](#). ArcGIS Resource Centre. (accessed 08 May, 2015).
- Fader, B.J. 2007. A classification of bathymetric features of the Gulf of Maine. Unpublished consultant's report to WWF-Canada.
- Fader, G.B.J., King, L.H., and MacLean, B. 1977. Surficial geology of the eastern Gulf of Maine and Bay of Fundy; Geological Survey of Canada, Paper 76–17, 23 p.
- Ferrier, S., and Guisan, A.. 2006. Spatial modeling of biodiversity at the community level. *J. Appl. Ecol.* 43: 393–404.
- Franklin, J. 2009. Mapping species distributions - spatial inference and prediction. Cambridge University Press, New York, USA.
- Greene, H.G., Yoklavich, M.M., Starr, R.M., O'Connell, V.M., Wakefield, W.W., Sullivan, D.E., McRea, J.E., and Cailliet, G.M. 1999. A classification scheme for deep seafloor habitats. *Oceanol. Acta*. 22 :663–678.
- Greenlaw, M.E., Sameoto, J.A., Lawton, P., Wolff, N.H., Incze, L.S., Pitcher, C.R., Smith, S.J., and Drozdowski, A. 2010. A geodatabase of historical and contemporary oceanographic datasets for investigating the role of the physical environment in shaping patterns of seabed biodiversity in the Gulf of Maine. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2895: iv + 35 p.
- Greenlaw, M.E., Gromack, A.G., Basquill, S., MacKinnon, D., Lynds, A., Taylor, B., Utting, D., Hackett, J., Grant, J., Forbes, D., Savoie, F., Bérubé, D., Connor, K.J., Johnson, S.C., Coombs, K.A., and Henry, R. 2013. [A Physiographic Coastline Classification of the Scotian Shelf Bioregion and Environs: The Nova Scotia Coastline and the New Brunswick Fundy Shore](#). DFO. *Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2012/051. iv + 39 p.
- Gouvernement du Canada. 2011. [Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada](#). Pêches et Océans Canada, Ottawa, Ontario.
- Hannah, C.G., Shore, J.A., Loder, J.W., and Naimie, C.E. 2001. Seasonal circulation on the western and central Scotian Shelf. *J. Phys. Oceanogr.* 31: 591–615.
- Heap, A., and Harris, P.T. 2008. Geomorphology of the Australian margin and adjacent seafloor. *Australian Journal of Earth Sciences.* 55: 555–585.
- Herman A.W., Sameoto, D.D., Shunnian, C., Mitchell, M.R., Petrie, B., and Chochrane, N. 1991. Sources of zooplankton on the Nova Scotia shelf and their aggregations within deep-shelf basins. *Continental Shelf Research.* 11: 211–238.
- Horseman, T., Serdyska, A., Zwanenburg, K., and Shackell, N.L. 2011. Report on marine protected area network analysis for the Maritimes Region of Canada. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2917: xi + 188 p.
- Kostylev, V.E., and Hannah, C.G. 2004. Habitat Management Template for Scotian Shelf Habitat Mapping. Report to the Maritimes Regional Advisory Process.

- 
- Kostylev, V.E., and Hannah, C.G., 2007, Process-driven characterization and mapping of seabed habitats. In: Todd, B.J. and Greene, H.G., eds. Mapping the Seafloor for Habitat Characterization: Geological Association of Canada, Special Paper 47: 171–184.
- Last, P.R., Lyne, V.D., A. Williams, A., Davies, C.R., Butler, A.J., and Yearsley, G.K.. 2010. A hierarchical framework for classifying seabed biodiversity with application to planning and managing Australia's marine biological resources. *Biol. Conserv.* 143: 1675–1686.
- Lynch, D.R., and Naime, C.E. 1993. The M2 tide and its residual on the outer banks of the Gulf of Maine. *J. Phys. Oceanogr.* 23: 2222–2253.
- McArthur, M.A., Brooke, B.P., Przeslawski, R., Ryan, D.A., Lucieer, V.L., Nichol, S., McCallum, A.W., Mellin, C., Cresswell, I.D., and Radke, L.C. 2010. On the use of abiotic surrogates to describe marine benthic biodiversity. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 88: 21–32.
- MPO, 2004. [Identification des zones d'importance écologique et biologique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rapp. sur l'état des écosystèmes 2004/006.
- MPO. 2005. [Cadre de classification et de caractérisation des habitats benthiques du secteur Scotia-Fundy](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2005/071.
- MPO. 2009. [Élaboration d'un cadre et de principes pour la classification biogéographique des zones marines canadiennes](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/056.
- MPO. 2010. [Lignes directrices scientifiques pour l'élaboration des réseaux d'aires marines protégées \(AMP\)](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2009/061.
- MPO. 2012. [Planification du réseau d'aires marines protégées dans la biorégion du plateau néo-écossais : objectifs, données et méthodes](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/064.
- MPO. 2013a. [Éléments clés de l'élaboration d'un système de classification hiérarchique de l'écologie marine à l'appui d'approches écosystémiques de gestion dans le Canada Pacifique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2013/065.
- MPO. 2013b. [Lignes directrices scientifiques sur la manière d'assurer la représentativité dans la conception des réseaux d'aires marines protégées](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/083.
- MPO. 2016. [Évaluation des systèmes de classification hiérarchique de l'écologie marine pour les régions du Pacifique et des Maritimes](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2016/003.
- Naimie, C.E., Loder, J.W., and Lynch, D.R. 1994. Seasonal-variation of the 3-dimensional residual circulation on Georges Bank. *J. Geophys. Res.-Oceans.* 99: 15967–15989.
- Pitcher, R., Lawton, P., Ellis, N., Smith, S.J., Incze, L.S., Wei, C.-L., Greenlaw, M.E., Wolff, N.H., Sameoto, J.A., and Snelgrove, P.V.R. 2012. Exploring the role of environmental variables in shaping patterns of seabed biodiversity composition in regional-scale ecosystems. *Journal of Applied Ecology.* 49: 670–679.
- Rice, J., and Houston, K. 2011. Representativity and networks of Marine Protected Areas. *Aquat. Conserv.: Mar. Freshwat. Ecosyst.* 21: 649–657.
- Rubidge, E., Gale, K.S.P., Curtis, J.M.R., McClelland, E., Feyrer, L., Bodtke, K., and Robb, C. 2016. [Methodology of the Pacific Marine Ecological Classification System and its Application to the Northern and Southern Shelf Bioregions](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/035. xi + 124 p.
-

- 
- Shackell, N.L., Stortini, C., and Smith, C. Unpublished data. Planning marine protected areas for climate change.
- Smith, K.W. 2005. A Benthic Habitat Model for the Gulf of Maine. Numerical Methods Laboratory Report NML-05-1, Dartmouth College, Hanover NH.
- Snelgrove, P.R., and Butman, C.A. 1994. Animal-sediment relationships revisited: Cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. 32: 111–117.
- Southwood, T.R.E. 1988. Tactics, strategies and templates. *Oikos*. 52: 3–18.
- Stevens, T., and Connolly, R.M. 2004. Testing the utility of abiotic surrogates for marine habitat mapping at scales relevant to management. *Biol. Cons.* 119(3): 351–362.

## TABLEAUX

*Tableau 1. Schéma de classification hiérarchique de l'écologie marine opérationnel en fonction des applications du cadre conceptuel dans les régions des Maritimes et du Pacifique du MPO (MPO 2013). Le texte en gris a été tiré du cadre conceptuel et n'a pas été mis à jour lors de l'examen des demandes. Le tiret (-) équivaut à « sans objet ».*

Niveau	Unité	Étendue spatiale	Résolution spatiale	Description des milieux benthiques
1	Milieu	10 000 km	1 000 km <sup>2</sup>	Unités géographiques à grande échelle, p. ex. l'océan Pacifique Nord.
2	Province	1 000 km	Environ 100 km <sup>2</sup>	Unités géographiques à grande échelle, p. ex. blocs continentaux, bassins et plaines abyssales.
3	Biorégions	1 000 km	Environ 10 à 100 km <sup>2</sup>	Processus océanographiques physiques à petite échelle distincts et récurrents (p. ex., séparation entre les régions du courant d'Alaska et du courant de Californie). De la recherche et une analyse sont nécessaires pour comprendre la façon dont la diversité des espèces marines diffère entre ces biorégions.
4	Caractéristiques biophysiques	100-1000 km	Environ 10 à 100 km <sup>2</sup>	Des conditions ou processus océanographiques et physiographiques distincts, y compris la bathymétrie, liés à la composition biotique si les données sont disponibles ou s'il existe des données probantes dans la documentation scientifique.
5	Caractéristiques géomorphologiques	100 km	1 à 10 km <sup>2</sup>	On suppose que des structures géomorphologiques discrètes ont des assemblages biologiques différents; définis individuellement selon la forme, la taille et la variation topographique. Pourrait couvrir d'autres niveaux de la hiérarchie.
6	Biotopes (communautés et habitats)	100 m à 100 km	100 m <sup>2</sup> à 1 km <sup>2</sup>	Des assemblages taxonomiques distincts caractérisés par des facteurs environnementaux et le substrat connexes.
7	Faciès biologiques	100 m	< 10 m <sup>2</sup>	Groupes d'espèces fondatrices ou biogéniques désignés par une ou plusieurs espèces indicatrices. Les faciès biologiques sont épars et ancrés dans des biotopes. La plupart des exemples sont des habitats biogéniques, p. ex., les récifs d'éponge siliceuse, les coraux, les herbiers de zostère, les forêts de varech.
8	Micro-assemblage	10 m	< 1 m <sup>2</sup>	Assemblages distincts d'espèces souvent hautement spécialisées. Par exemple, les communautés crampons des forêts de varech.
9	Espèce	-	-	Unités taxonomiques opérationnelles
10	Populations	-	-	Sous-groupes spatialement structurés d'une espèce; comprend des phénotypes, des unités évolutives significatives, des unités de conservation
11	Gènes	-	-	Allèles et séquences d'ADN

Tableau 2. Des échelles proposées des données (portée et résolution) pour certains des enjeux de gestion auxquels le MPO fait face à l'heure actuelle. Les enjeux de gestion présentés dans le présent document ne constituent pas une liste exhaustive des besoins de planification spatiale marine. Des objectifs précis liés à la prise de décisions détermineront le niveau spatial nécessaire. Le gris foncé indique que l'information spatiale à un niveau donné devrait être utilisée pour la prise de décisions et le gris pâle indique qu'il y a moins de certitude parmi les participants à la réunion pour l'utilisation de l'information spatiale pour la prise de décisions. Le blanc indique qu'un niveau ne devrait pas être utilisé dans la prise de décisions. Le tiret (-) équivaut à « sans objet ».

	Niveau	Unité	Étendue spatiale	Résolution spatiale	Planification du réseau d'aires marines protégées (AMP)	Critères de représentation – Conception de réseaux d'AMP	Évaluation environnementale du choix de l'emplacement du projet <sup>1</sup>	Délimitation de l'habitat essentiel (LEP)	Restauration écologique	Gestion des espèces	Intervention en cas de déversements en milieu marin	Effets cumulatifs aux fins de planification
FONDÉ SUR L' ÉCOSYSTÈME	1	Milieu	10 000 km	1000 km <sup>2</sup>	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé
	2	Province	1 000 km	Environ 100 km <sup>2</sup>	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé
	3	Biorégion	1 000 km	Environ 10 à 100 km <sup>2</sup>	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	N'ont pas utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé
	4	Caractéristiques biophysiques	100 à 1 000 km	10 à 100 km <sup>2</sup>	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé
	5	Caractéristiques géomorphologiques	100 km <sup>2</sup>	1 à 10 km <sup>2</sup>	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé
	6	Biotope	100 m à 100 km	<1 km <sup>2</sup>	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé
	7	Faciès biologiques	10 à 100 m	< 100 m <sup>2</sup>	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé
	8	Micro-assemblage	10 m	< 1 m <sup>2</sup>	Un degré de certitude élevé sera utilisé	N'ont pas utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé
BASÉ SUR L' ESPÈCE	7	Espèce	-	-	Un degré de certitude élevé sera utilisé	N'ont pas utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé
	8	Populations	-	-	Un degré de certitude élevé sera utilisé	N'ont pas utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé
	9	Gènes	-	-	Un degré de certitude élevé sera utilisé	N'ont pas utilisé	N'ont pas utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé	Un degré de certitude élevé sera utilisé	Un degré de certitude faible sera utilisé	N'ont pas utilisé

Tableau 3. Données utilisées pour créer la couche de bathymétrie en arrière-plan; un modèle numérique d'élévation du plateau néo-écossais. N/D = Non disponible.

Données d'intrant	Type de données	Résolution (m <sup>2</sup> /pixel)	Date(s)	Type de multifaisceaux	Source de données
Sondages de la série côtière	Fichier de forme	S. O.	S. O.	S. O.	SHC
Contours de la série côtière	Fichier de forme	S. O.	S. O.	S. O.	NS Geomatics Centre
Sondages du SHC	Fichier de forme	S. O.	S. O.	S. O.	SHC
Multifaisceaux de la baie de Fundy	Carte matricielle	10	1993, 1994, 1996, 2006, 2007, 2008, 2009	Creed EM1000, Creed EM1002, Matthew EM710, Pipit EM3002, Plover EM3002	SHC
Multifaisceaux du banc de Sainte-Anne	Carte matricielle	23	2010, 2012	Matthew EM710, Pipit EM3002, Plover EM3002, Creed EM1002	SHC
Multifaisceaux sur le banc German	Carte matricielle	23	1997, 2000	Anne S Pierce EM1002, Creed EM1000	SHC
Multifaisceaux du banc de Georges	Carte matricielle	23	1999-2000	Anne S Pierce EM1002, Creed EM1000	SHC
Multifaisceaux du banc de Brown	Carte matricielle	23	1996, 1997	Creed EM1000	SHC
Multifaisceaux de Musquash et Saint John	Carte matricielle	1	1992, 1994, 1996, 2000, 2001, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008	Creed EM1000, HarbQ EM3002, Hawk EM3002, Heron EM3000, Heron EM3002, Plover EM3000	Cartographie océanique de l'UNB
Multifaisceaux de la Baie Passamaquoddy	Carte matricielle	1	1992, 1995, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2008	Creed EM1000, Heron EM3000, Heron EM3002, Plover EM3000	Cartographie océanique de l'UNB
Multifaisceaux de la Baie Maces	Carte matricielle	1	2005, 2007, 2008	Heron EM3000, Heron EM3002	Cartographie océanique de l'UNB
Multifaisceaux de Grand Manan	Carte matricielle	1	2002, 2006, 2007	Heron EM3000, Heron EM3002, Plover EM3000	Cartographie océanique de l'UNB



Tableau 4. Comparaison des variables incluses dans le modèle d'habitat de Kostylev et Hannah (2004) pour le plateau néo-écossais, et de leur classement dans l'analyse de la forêt de gradients (pour les 2/3 du plateau néo-écossais) conçue pour mesurer l'importance de 29 variables dans la structuration de la diversité et de la répartition des espèces sur l'ouest du plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine. S.O. = sans objet.

<b>Variable de Kostylev et Hannah (2004)</b>	<b>Classement dans l'analyse de la forêt de gradients (sur 28 variables)</b>
<b>Possibilité de croissance</b>	
Température benthique moyenne	12
Productivité primaire	3 (chlorophylle moyenne)
Salinité benthique moyenne	7
Variation de la température benthique	17 (gamme de température saisonnière)
Profondeur de la couche de mélange	22 (moyenne de la stratification)
<b>Perturbation</b>	
Taille des grains	9, 10, 14 (pourcentage de gravier, sable et boue)
Moyenne quadratique de la vitesse du courant	4, 13 (stress des courants benthiques, marées et vagues puis marées uniquement)
Vélocité orbitale	s. o.

Tableau 5. Les méthodes disponibles pour peupler les différents niveaux du SCHEM, le niveau du SCHEM auquel la méthode pourrait apporter des données, les indicateurs EAM que les couches générées renseigneraient, un exemple des approches populaires utilisées pour ces méthodes, et les variables requises comme données d'entrée. Le tiret (-) équivaut à « sans objet ».

Méthode	Échelle du SCHEM	Indicateur de l'approche écosystémique de la gestion	Démarches	Variables requises
Cartographie de l'habitat biophysique	Habitat/biotope	Aire de répartition de l'habitat☐ Modèle de répartition de l'habitat☐ Superficie de l'habitat	EUNIS☐ Valentine <i>et al.</i>	Biologique Environnementale
Techniques de regroupement (information biologique)	Unités physiographiques	Composition et proportion relative des composants de l'écosystème (habitats et espèces)	-	Biologique (espèces multiples)
Modélisation de la répartition des espèces	Espèces/populations	Aire de répartition des espèces☐ Schéma de répartition des espèces☐ Superficie couverte par les espèces	Modèles additifs généraux☐ Forêt aléatoire☐ MaxEnt	Biologique (une seule espèce)☐ Environnemental
Modélisation de la répartition des communautés	Unités physiographiques☐ Habitat/biotope	Composition et proportion relative des composants de l'écosystème (habitats et espèces) Diversité des espèces	Forêt de gradients	Biologique (espèces multiples)☐ Environnemental
Techniques d'interpolation	Espèces/populations	Aire de répartition des espèces☐ Schéma de répartition des espèces☐ Superficie couverte par les espèces	Krigeage☐ PID	Biologique (une seule espèce)
Classification des habitats abiotiques	Unités physiographiques	Composition et proportion relative des composants de l'écosystème (habitats et espèces)	Regroupement☐ Délimitation manuelle	Environnemental
Cartographie des substrats	Habitat/biotope	Aire de répartition de l'habitat☐ Modèle de répartition de l'habitat☐ Superficie de l'habitat	Délimitation manuelle☐ Regroupement	Substrat
Fondée sur les règles	Espèces/populations	Aire de répartition des espèces☐ Schéma de répartition des espèces☐ Superficie couverte par les espèces	-	Environnemental

## FIGURES

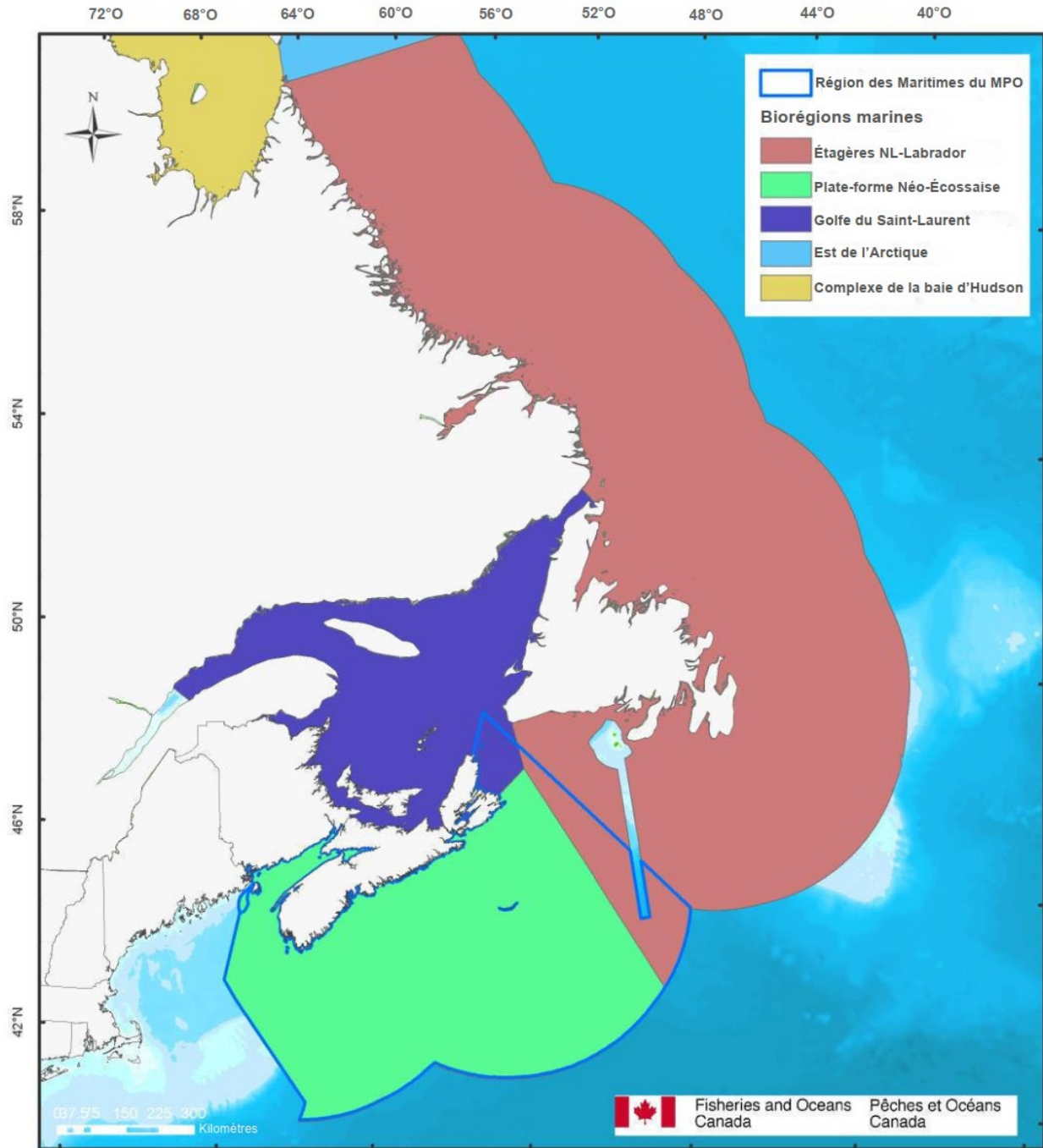


Figure 1. Niveau 3 – Biorégion – Biorégions marines du Canada atlantique du MPO, établies à partir d'un processus consultatif national, par rapport à la région des Maritimes du MPO.

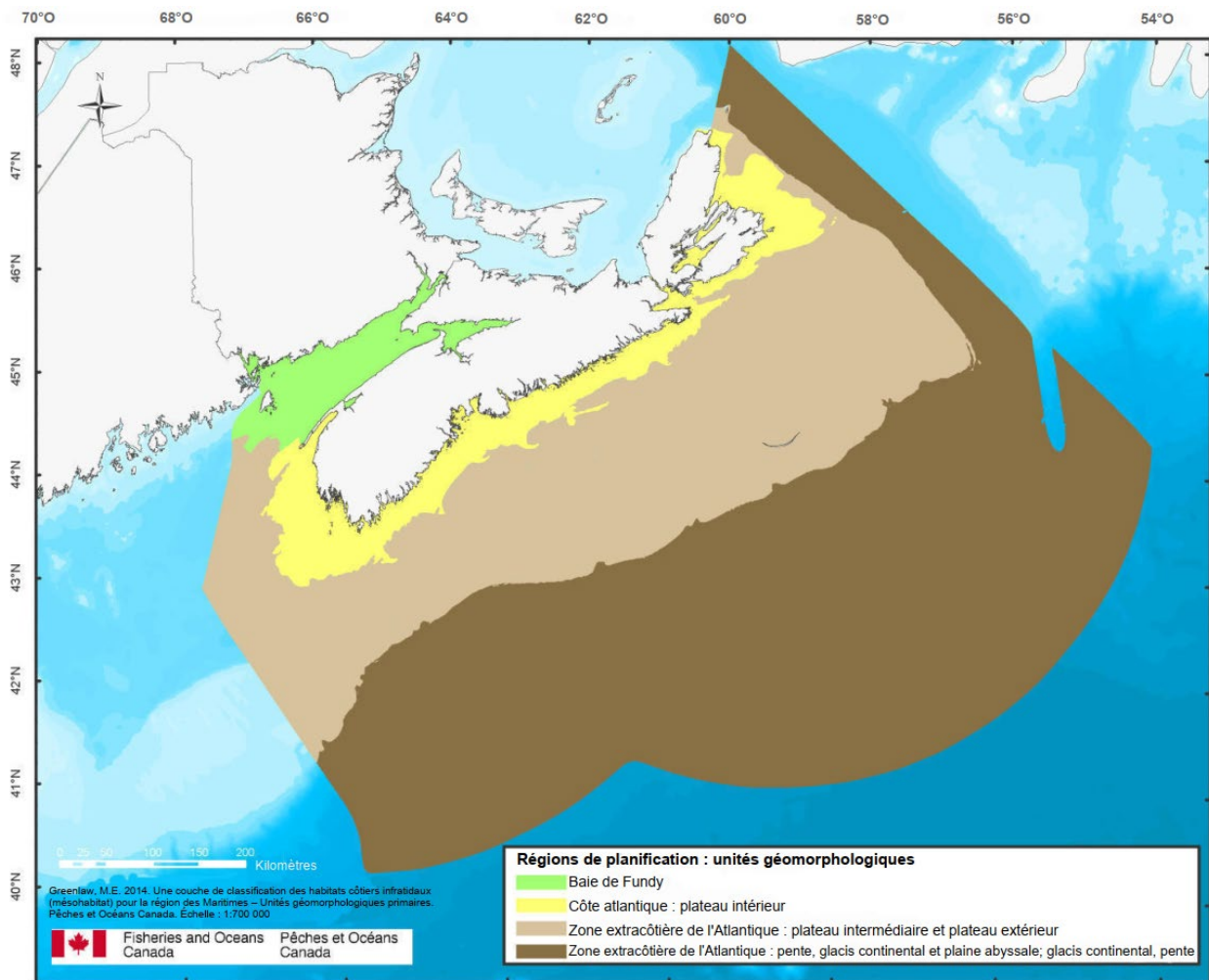


Figure 2. Niveau 5 – Unités géomorphologiques – Niveau géomorphologique 1 – Unités géomorphologiques de niveau supérieur comprenant les mers intérieures, le plateau intérieur, le plateau, le talus, le soulèvement continental et la plaine abyssale. Celles-ci correspondent également aux régions de planification de la Division de la gestion côtière et des océans (DGOC).

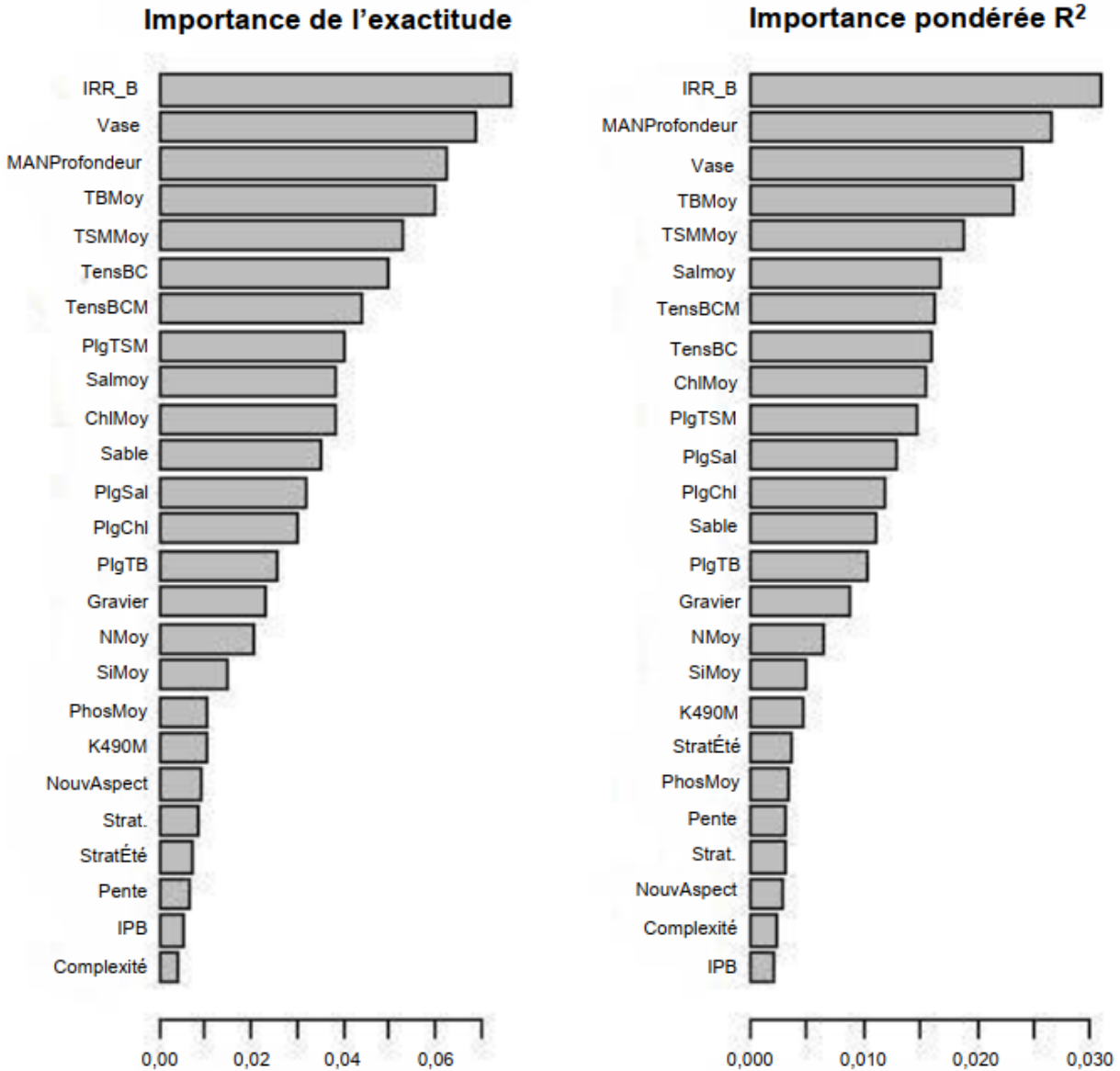


Figure 3. La température benthique, la température de surface de la mer, la salinité benthique, la chlorophylle de surface et la tension du courant benthique sont les variables océanographiques qui expliquent le plus la variabilité de la composition de la biodiversité (figure 4; sur les deux-tiers du plateau néo-écossais). Parmi ces variables, seules les variables benthiques ont été choisies pour être incluses dans la couche des unités océanographiques (température benthique, salinité benthique et contrainte de courant benthique). Même si les variables pélagiques ont montré une grande capacité de prédiction dans l'analyse de la forêt de gradient, elles ne sont pas censées être des facteurs directs de la composition de la biodiversité benthique. Les explications des variables se trouvent dans Greenlaw et al. 2010 (B\_IRR – irradiation benthique, MANProfondeur – profondeur, Boue – % Boue, TBMoy – température benthique annuelle moyenne, TSM Moy – température de surface de la mer annuelle moyenne, Salmoy – salinité benthique annuelle moyenne, TensBCM – stress du courant benthique avec marées, TensBC – stress du courant benthique sans marées, Chl Moy – chlorophylle de surface moyenne, sable – % de sable, PlgTB – amplitude annuelle de la température benthique, Gravel – % Gravel, N Moy – azote benthique moyen annuel, Si Moy – silicate benthique moyen annuel, K490 – coefficient moyen d'atténuation diffuse, StratEst – stratification estivale, Phos Moy – phosphate benthique moyen annuel, Pente – pente, Strat – stratification annuelle, complexité benthique, IPB – indice de position benthique).

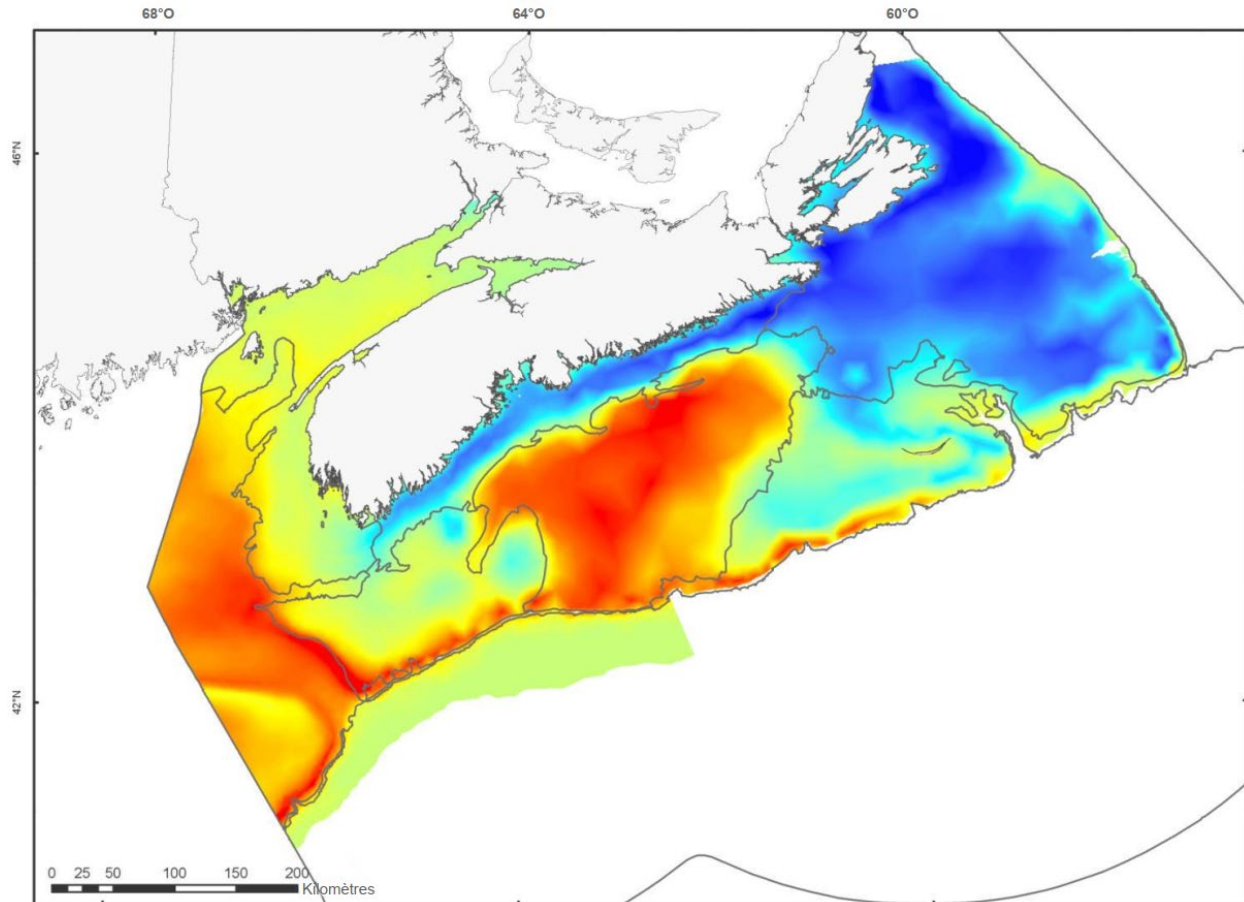


Figure 4. La couche océanographique a été créée à partir de la température benthique, de la salinité benthique et de la contrainte de courant benthique, qui ont été définies comme des variables explicatives benthiques importantes de la biodiversité benthique sur l'ouest du plateau néo-écossais, lors de l'analyse de la forêt de gradients de Pitcher et al. (2012). Les résultats ont été extraits de la partie de l'analyse portant sur le plateau néo-écossais seulement. Ces variables ont été pondérées en fonction de leur « importance » (un paramètre de l'analyse selon la méthode de « forêt de gradients ») pour la structure de la composition de la biodiversité; la température benthique à 40 %, la salinité à 35 % et la tension liée au courant benthique à 25 %, pendant la création de la couche océanographique, qui définit neuf domaines d'océanographie. Les variables océanographiques compilées pour la couche océanographique à partir des sources de données historiques (1992 et avant) et la densité initiale, la résolution et les erreurs associées à ces données ne sont pas connues à l'heure actuelle.



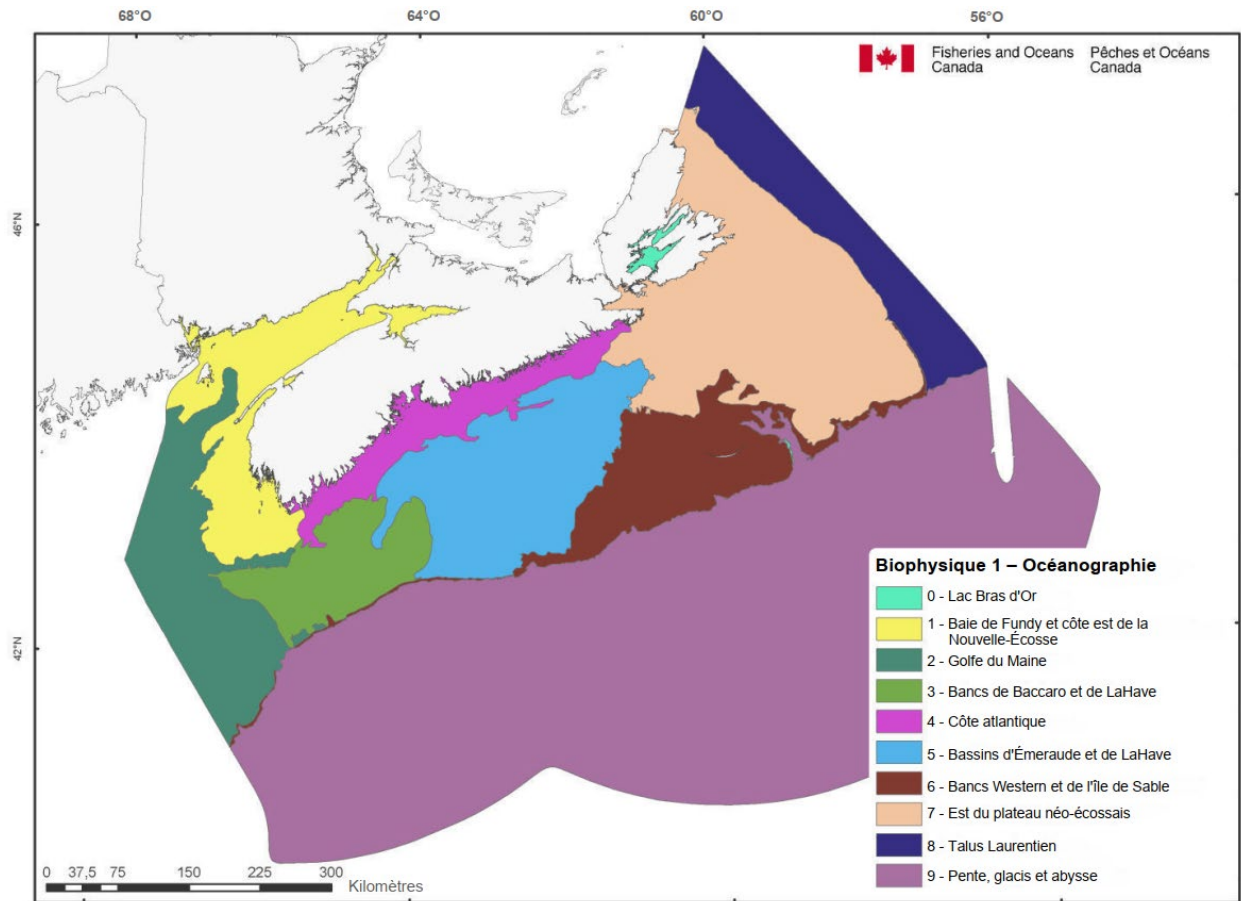


Figure 5. Niveau 4a – Unités biophysiques – Océanographie – Conditions/processus physiographiques et océanographiques distincts liés à la composition biotique. La couche océanographique a été créée à partir de la température benthique, de la salinité benthique et de la contrainte de courant benthique, qui ont été définies comme des variables explicatives benthiques importantes de la biodiversité benthique sur l'ouest du plateau néo-écossais, lors de l'analyse de la forêt de gradients de Pitcher et al. (2012). Les résultats ont été extraits de la partie de l'analyse portant sur le plateau néo-écossais seulement. Ces variables ont été pondérées en fonction de leur « importance » (un paramètre de l'analyse selon la méthode de forêt de gradients) pour la structure de la composition de la biodiversité; la température benthique à 40 %, la salinité à 35 % et la tension liée au courant benthique à 25 %, pendant la création de la couche océanographique, qui définit dix domaines d'océanographie. Les variables océanographiques compilées pour la couche océanographique à partir des sources de données historiques (1992 et avant) et la densité initiale, la résolution et les erreurs associées à ces données ne sont pas connues à l'heure actuelle.

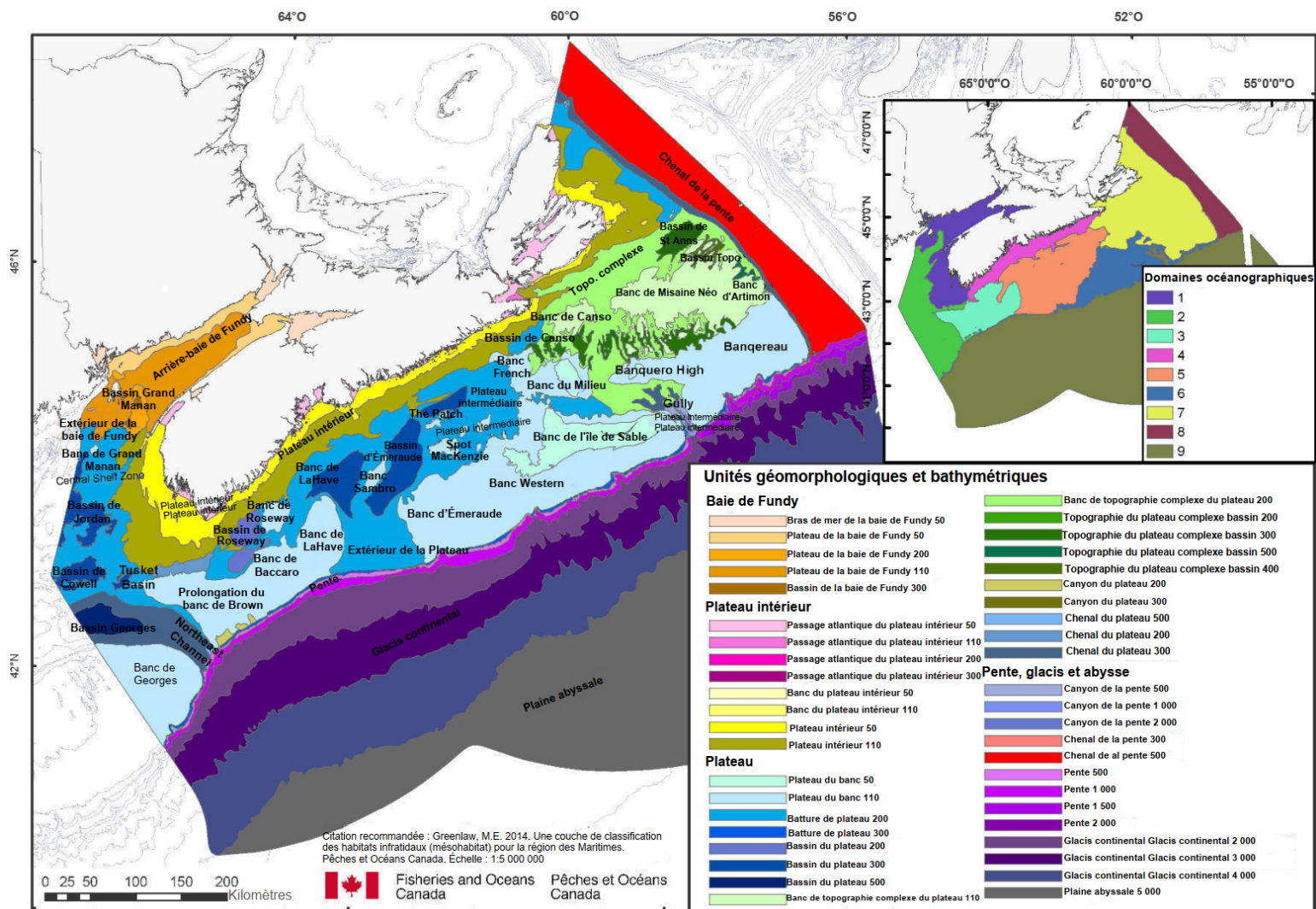


Figure 6. Niveaux 4 et 5 – Unités biophysiques et géomorphologiques de la classification écologique. Les unités biophysiques sont dérivées de la combinaison des unités océanographiques et des bathomes. Pour faciliter la visualisation, les unités géomorphologiques et les bathomes ont été combinés car ils constituent souvent des limites similaires. Les unités océanographiques seules sont présentées dans l'encadré en haut à droite. Les unités biophysiques et géomorphologiques devraient représenter des répartitions homogènes de la diversité des espèces et des modèles de répartition à une méso-échelle (1 à 100 km<sup>2</sup>).



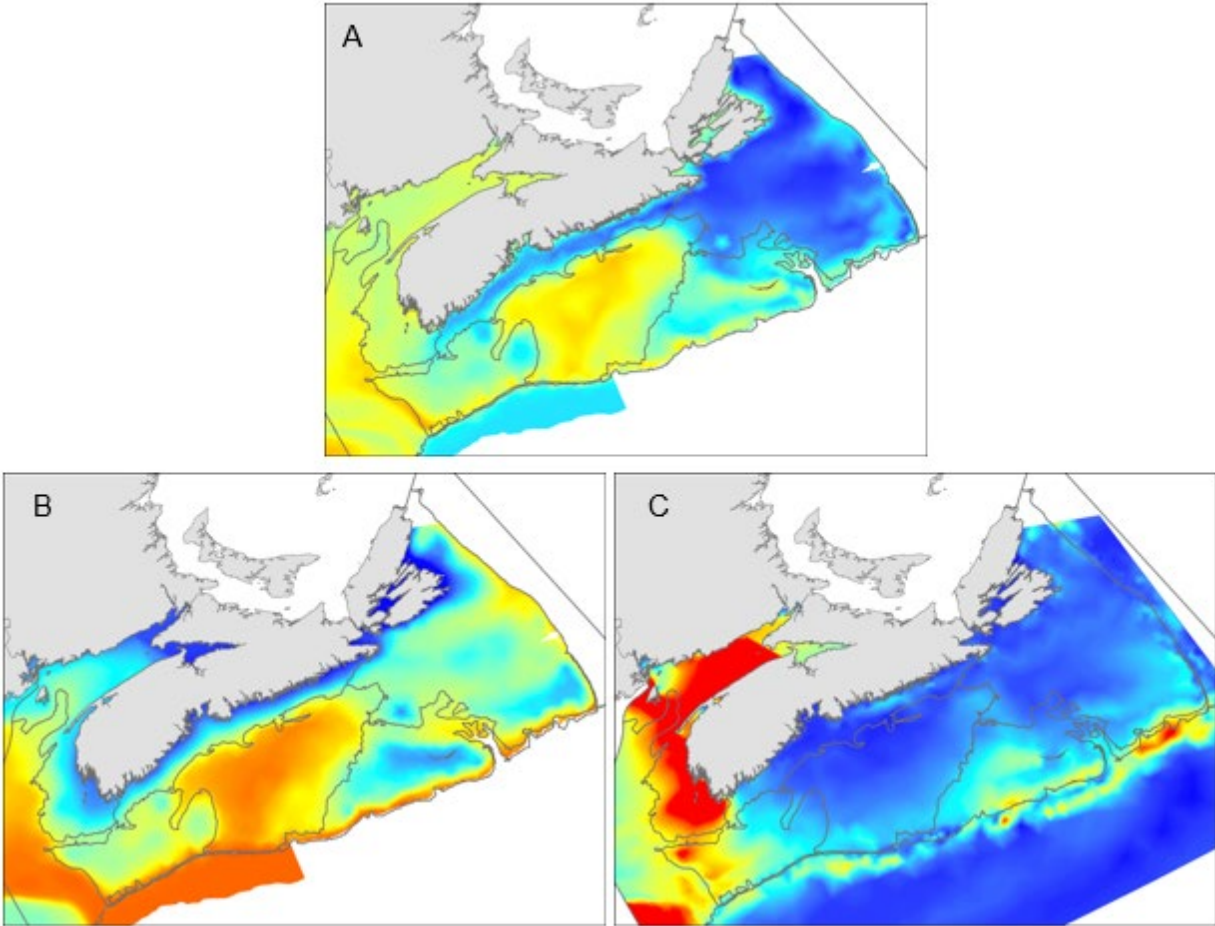


Figure 7. Les variables utilisées pour créer la couche Unités océanographiques. A. La température benthique B. La salinité benthique et C. La contrainte de courant moyenne quadratique. Les couches individuelles ont été normalisées (de 0 à 1) et combinées en une seule couche (Figure 4) en utilisant des pondérations basées sur leur « importance » approximative (une métrique issue de l'analyse de la forêt de gradients) pour structurer la composition de la biodiversité; température benthique 40 %, salinité 35 %, stress benthique actuel 25 %, sur la base des résultats de Pitcher et al. 2012. À partir de cette couche, neuf unités océanographiques ont été établies (figure 4, figure 6 en encadré) :



*Figure 8. Le changement spectaculaire de profondeur ici est illustré par un profil de profondeur représentatif du plateau néo-écossais.*

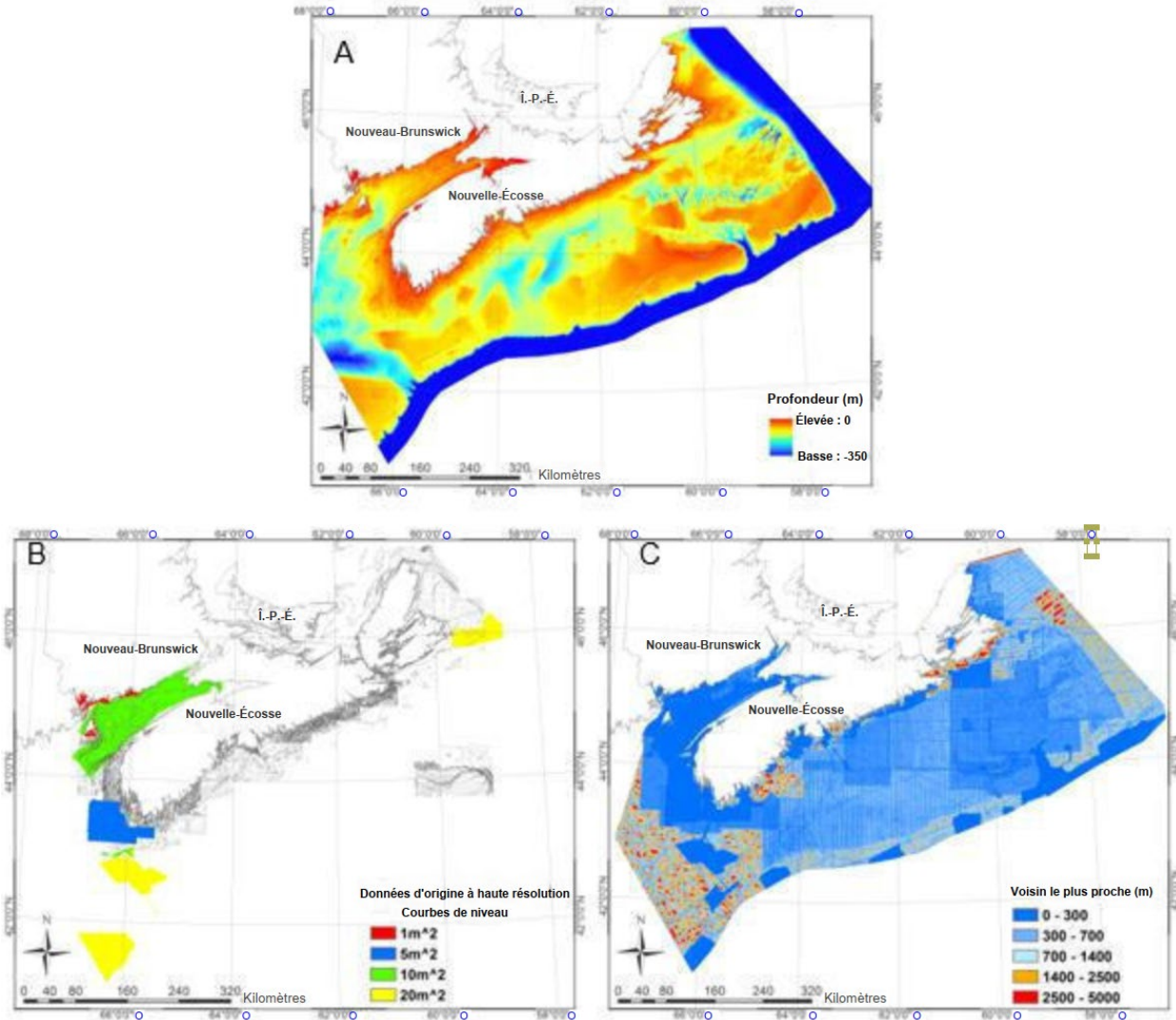


Figure 9. A) La couche de bathymétrie de  $35\text{ m}^2/\text{pixel}$  utilisée pour créer les unités bathymétriques dans le SCHEM B) L'emplacement des données multifaisceaux et des données de contour (tableau 3) utilisées pour créer le modèle altimétrique numérique du plateau néo-écossais. Les lignes de contour entourent la Nouvelle-Écosse, le Cap-Breton, l'île de Sable et la baie de Fundy. Les données multifaisceaux de  $1\text{ m}^2$  couvrent la côte sud-ouest du Nouveau-Brunswick et l'île Grand Manan. Les données multifaisceaux de  $5\text{ m}^2$  couvrent le banc German au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Les données multifaisceaux de  $10\text{ m}^2$  couvrent l'ensemble de la baie de Fundy et une petite partie du banc de Brown. Les données multifaisceaux de  $20\text{ m}^2$  couvrent le banc de Brown, une partie du banc de Georges et le banc de Sainte-Anne au large à l'est du Cap-Breton. C) Une aire de plus proches voisins est calculée à l'aide de l'outil de distance euclidienne d'ArcGIS, qui calcule la proximité des points les uns par rapport aux autres. La résolution de sortie de la surface est de  $35\text{ m}^2/\text{pixel}$ .

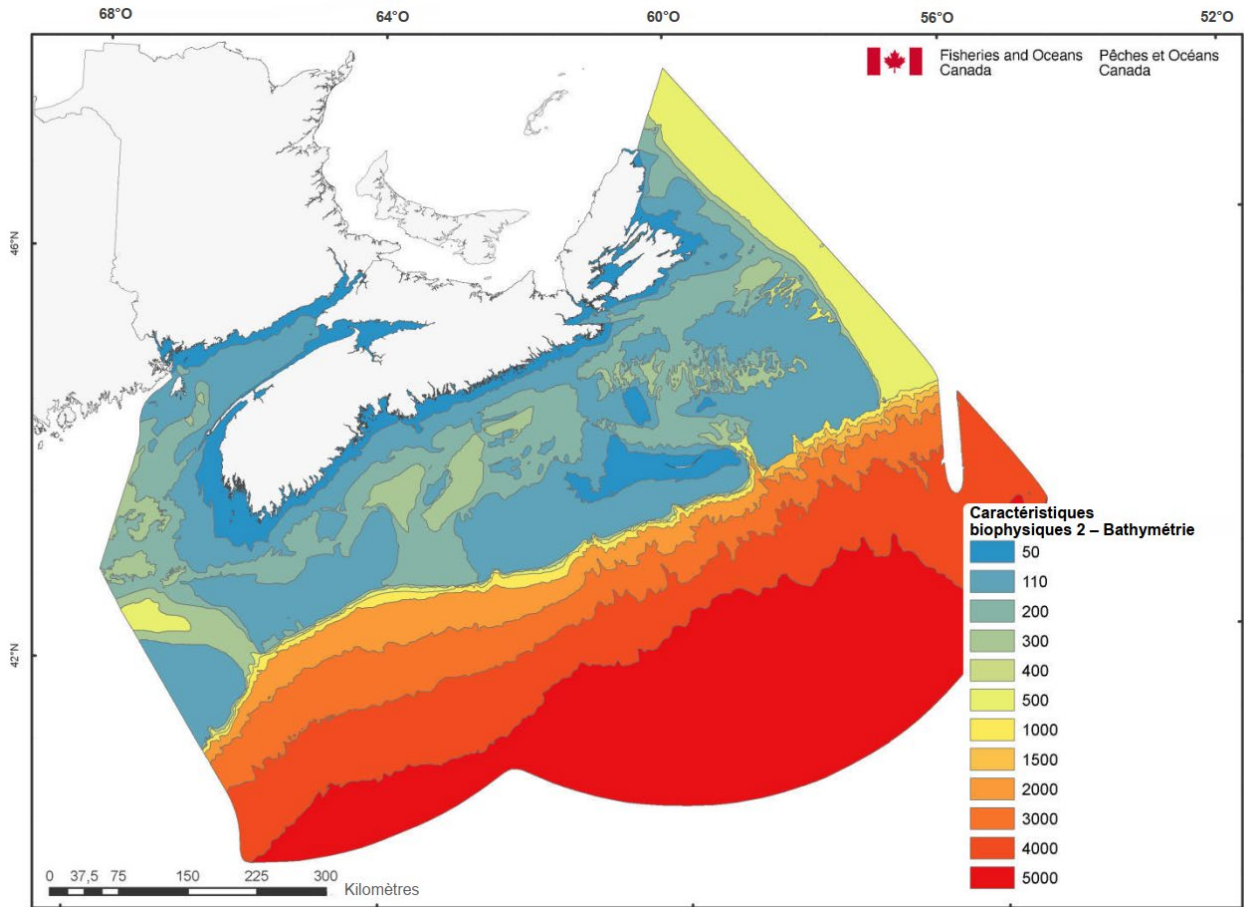


Figure 10. Niveau 4b – Unités biophysiques – Bathomes – ont été dérivées de données bathymétriques à haute résolution (1 à 10 m). Les points de rupture définissant les zones ont été désignés comme les régions les plus importantes le long du gradient de profondeur influençant les changements dans les tendances relatives à la diversité et à la répartition des espèces et des habitats provenant d'une analyse de la forêt de gradients (Pitcher et al. 2012) utilisant les données du golfe du Maine et des deux tiers du plateau néo-écossais.

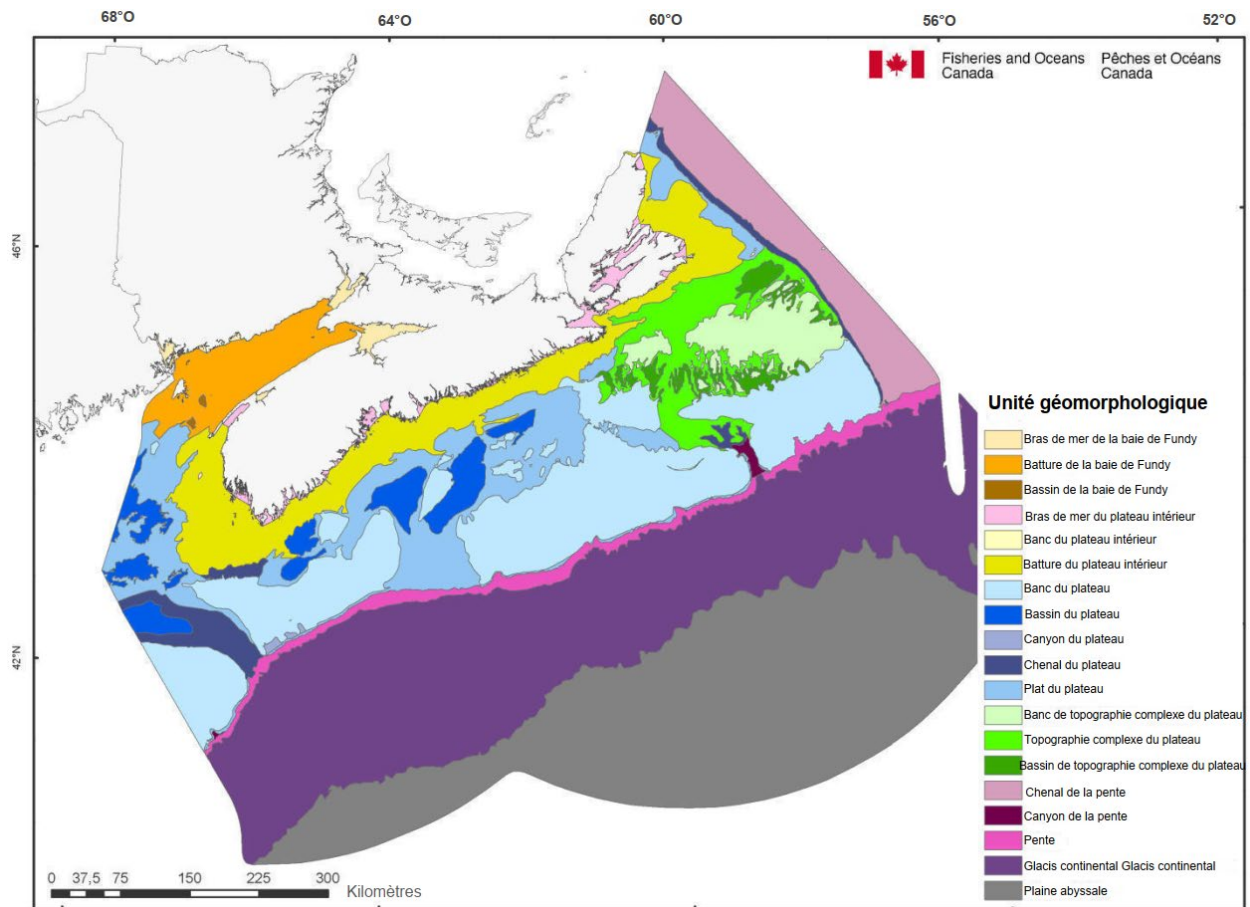


Figure 11. Niveau 5 – Les unités géomorphologiques (niveau 5) cernées dans la biorégion du plateau néo-écossais à l'aide d'une version modifiée de la classification des caractéristiques géomorphologiques de Fader (2007) pour le golfe du Maine et le plateau néo-écossais.



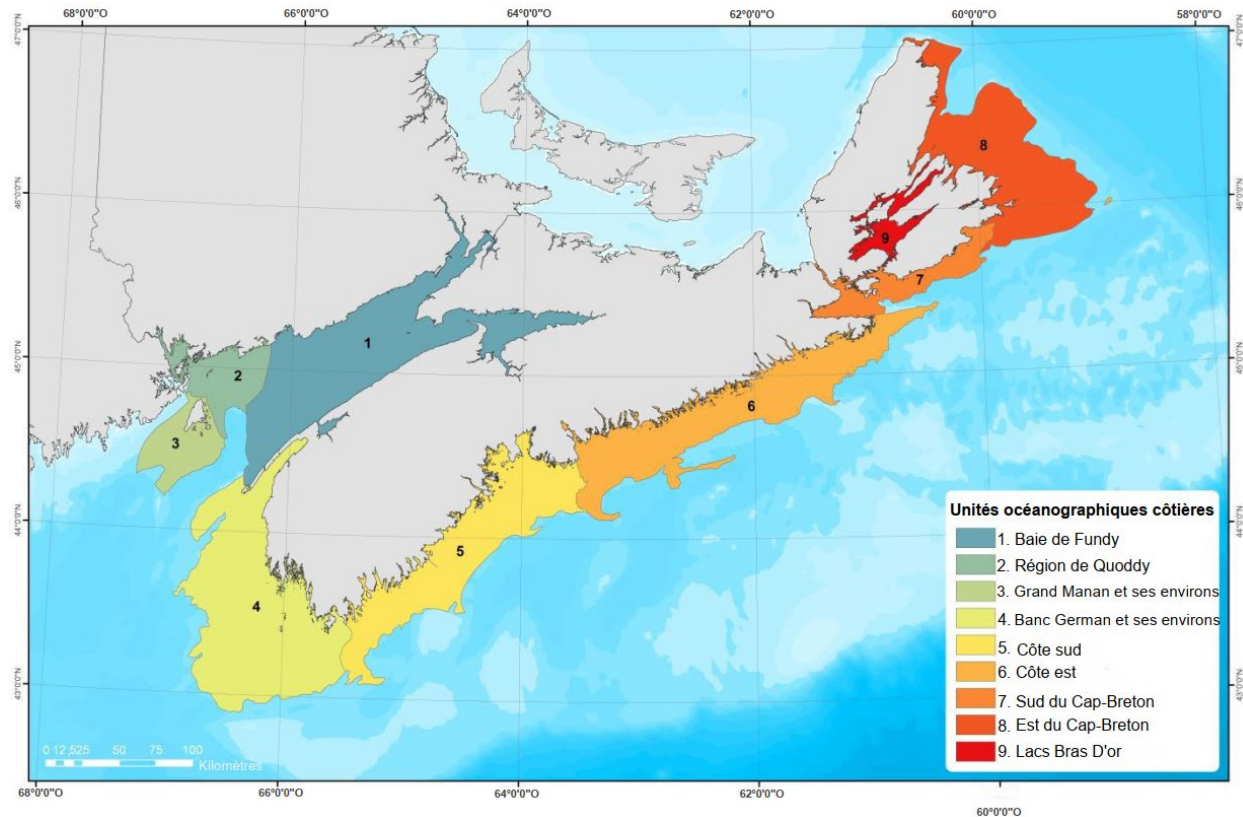


Figure 12. Niveau 4a – Unités biophysiques – Unités océanographiques côtières – Les unités océanographiques de la zone côtière sont une combinaison de l'échelle des unités biophysiques et de l'échelle des biotopes. Les unités ont été développées à l'aide d'une moyenne pondérée de facteurs environnementaux; une superposition combinée d'une analyse en composantes principales (ACP) de facteurs océanographiques (40 %; les facteurs océanographiques ont été décrits dans la section extracôtière) et du substrat à l'échelle par phi (60 %; la couche de données sur le substrat est décrite ci-dessous). Cette couche combinée a été classée en 9 classes distinctes d'océanographie et de substrat.

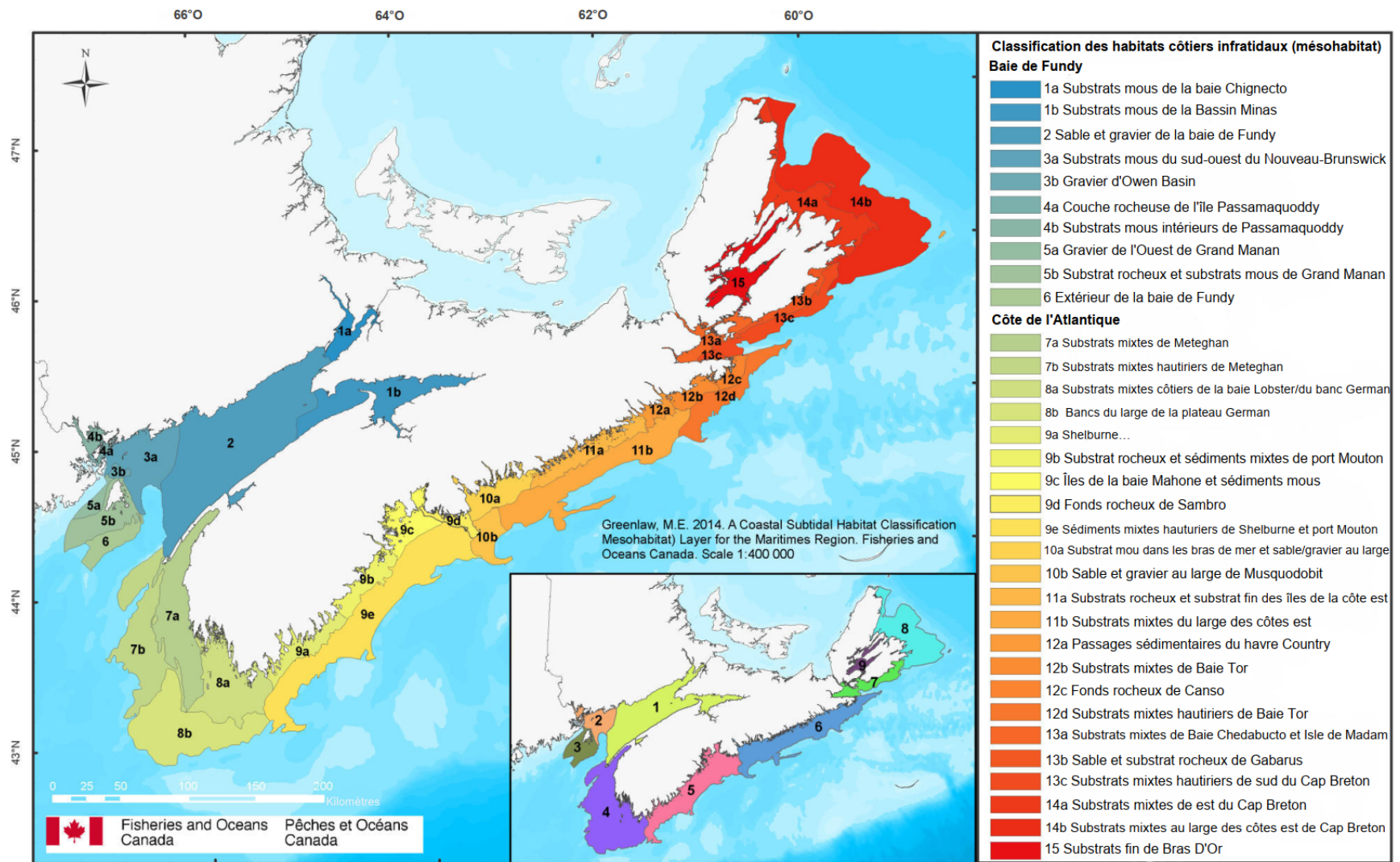


Figure 13. Niveaux 4, 5 et 6 – Unités biophysiques et géomorphologiques côtières, et Biotopes – Unités océanographiques et géomorphologiques côtières (nombres entiers) et biotopes avec bordure des bathomes (nombres en lettres). Les bathomes extracôtiers comprennent les bordures côtières, y compris les bordures de 50 et 110 m. Les unités géomorphologiques dans la zone côtière ont été incluses avec la couche extracôtière. Les unités géomorphologiques côtières comprennent : NivGeo1 – Baie de Fundy et plateau intérieur. Le NivGeo2 n'est pas illustré sur cette figure.

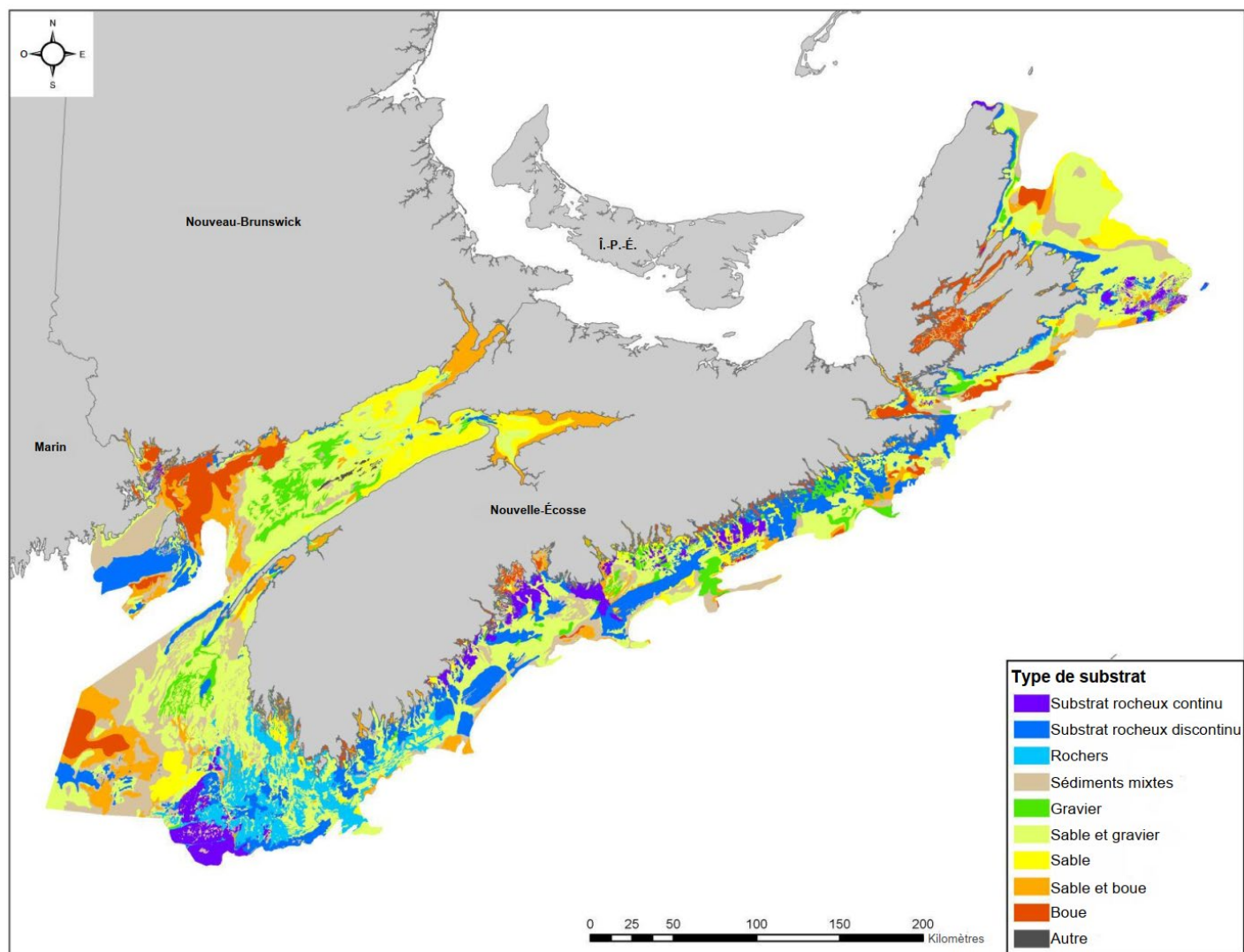


Figure 14. La granulométrie du substrat de la classification des macro-habitats côtiers, destinée à être utilisée comme une première approximation des biotopes à une échelle plus fine, mais les données ne sont actuellement pas publiées et il n'y a pas eu de consensus sur la question de savoir si ces données seraient appropriées pour commencer la planification au niveau du biotope (Greenlaw et al. non publié).



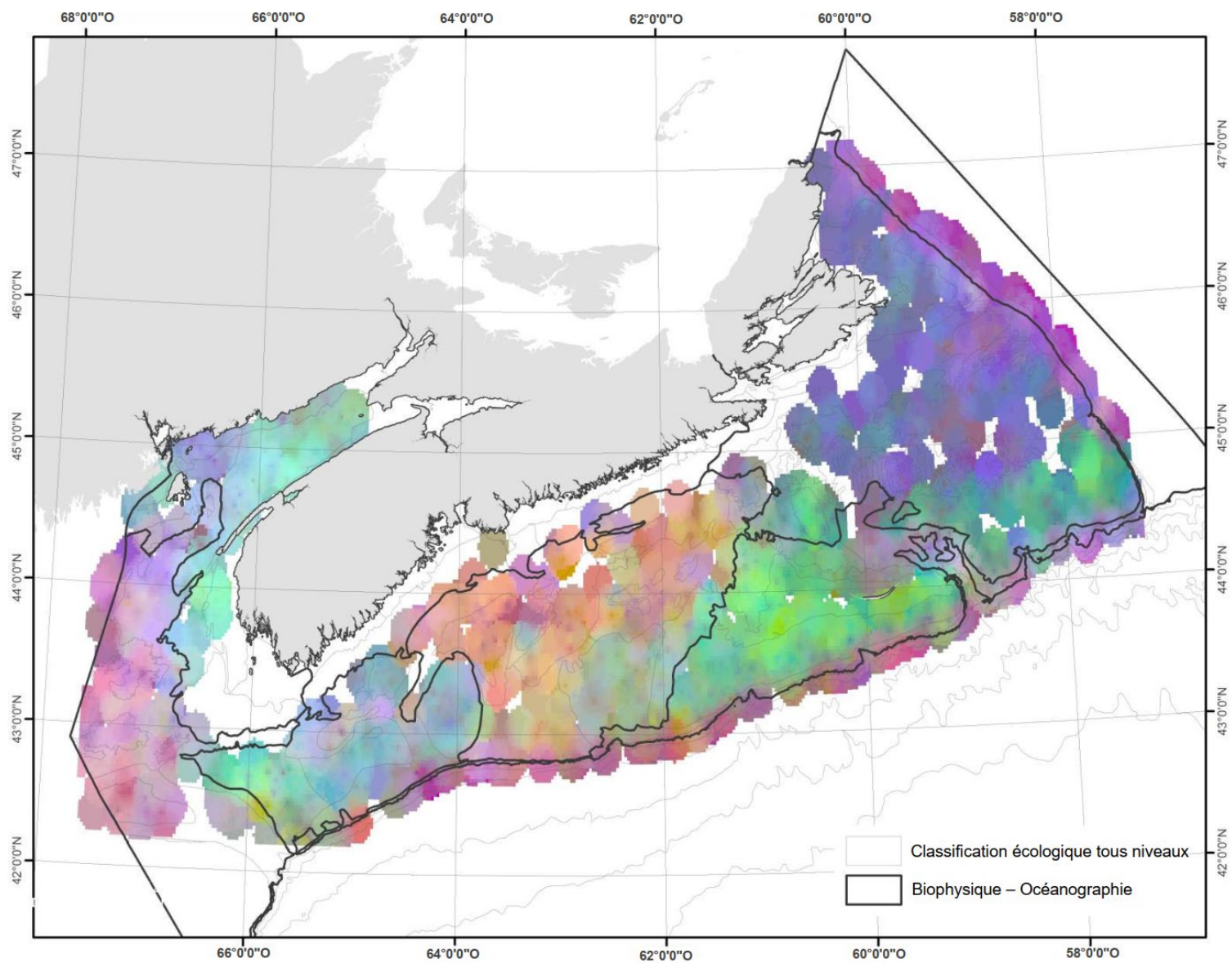


Figure 15. Unités océanographiques (ligne épaisse), biophysiques et géomorphologiques (lignes fines) superposées aux trois premières composantes principales de la combinaison de 32 répartitions de poissons extraites des relevés écosystémiques sur le plateau néo-écossais.



Figure 16. Processus parallèles nécessaires à la planification du projet et au développement continu de la classification écologique, ce qui comprend la détermination des niveaux de classification écologique dans la région des Maritimes.

---

## ANNEXE : ATTRIBUTS DES COUCHES DE DONNÉES DU SIG

**Nom** – Nom commun

**Biophys1\_O** – Niveau 4a – Unités biophysiques – Océanographie – Conditions/processus physiographiques et océanographiques distincts liés à la composition biotique. La couche océanographique a été créée à partir de la température benthique, de la salinité benthique et de la contrainte de courant benthique, qui ont été définies comme des variables explicatives benthiques importantes de la biodiversité benthique sur l'ouest du plateau néo-écossais, lors de l'analyse de la forêt de gradients de Pitcher *et al.* (2012). Les résultats ont été extraits de la partie de l'analyse portant sur le plateau néo-écossais seulement. Ces variables ont été pondérées en fonction de leur « importance » (un paramètre de l'analyse selon la méthode de forêt de gradients) pour la structure de la composition de la biodiversité; la température benthique à 40 %, la salinité à 35 % et la tension liée au courant benthique à 25 %, pendant la création de la couche océanographique, qui définit dix domaines d'océanographie. Les variables océanographiques compilées pour la couche océanographique à partir des sources de données historiques (1992 et avant) et la densité initiale, la résolution et les erreurs associées à ces données ne sont pas connues à l'heure actuelle.

**Biophys2\_B** Niveau 4b – Unités biophysiques – Bathomes – ont été dérivées de données bathymétriques à haute résolution (1 à 10 m). Les points de rupture définissant les zones ont été désignés comme les régions les plus importantes le long du gradient de profondeur influençant les changements dans les tendances relatives à la diversité et à la répartition des espèces et des habitats provenant d'une analyse de la forêt de gradients (Pitcher *et al.* 2012) utilisant les données du golfe du Maine et des deux tiers du plateau néo-écossais.

**NivGeo1 – Niveau 5a** – Niveau géomorphologique 1 – Unités géomorphologiques de niveau supérieur comprenant les mers intérieures, le plateau intérieur, le plateau, le talus, le soulèvement continental et la plaine abyssale. Celles-ci correspondent également aux régions de planification de la Division de la gestion côtière et des océans (DGOC).

**NivGeo2 – Niveau 5b** – Niveau géomorphologique 2 – Unités géomorphologiques à plus petite échelle, notamment les bras de mer, les bancs, les bassins, les plaines, les canaux, les zones topographiquement complexes, les bancs et les bassins topographiquement complexes, les canyons.

**GeoU- Niveau 5** – Unités géomorphologiques – La combinaison des unités géomorphologiques de niveau 1 et 2, qui constituent la couche des unités géomorphologiques.

**Geo\_Batho – Niveaux 4b et 5** – Niveau 4b – Unités biophysiques (unités bathymétriques) et unités géomorphologiques – La combinaison des unités géomorphologiques et bathymétriques.

**PhysioU – Niveaux 4 et 5** – Les combinaisons d'unités géomorphiques et biophysiques.

**Nom du littoral** – Noms communs du littoral.

**Littoral1 – Niveau 4a** – Unités océanographiques côtières – Les unités océanographiques du littoral sont une combinaison de l'échelle des unités biophysiques et de l'échelle des biotopes. Les unités ont été développées à l'aide d'une moyenne pondérée de facteurs environnementaux (figure 7); une superposition combinée d'une analyse en composantes principales (ACP) de facteurs océanographiques (40 %; les facteurs océanographiques ont été décrits dans la section extracôtière) et du substrat à l'échelle par phi (60 %; la couche de données sur le substrat est décrite ci-dessous). Cette couche combinée a été classée en 9 classes distinctes d'océanographie et de substrat.

---

**Littoral2 – Niveau 6** – Biotopes côtiers – Les couches de substrat ont été utilisées pour développer des unités de biotope préliminaires en utilisant uniquement le substrat pour la zone côtière.

**Littoral3 – Niveaux 6 et 4b** – Biotopes côtiers répartis dans les deux bathomes côtiers (50 et 110 m).

**Classe de côte – Niveaux 6 et 4b** – Noms et numéros de la figure 13 correspondant aux biotopes côtiers répartis dans les deux bathomes côtiers (50 et 110 m).