

INTÉGRATION DE MESURES D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LA
GOUVERNANCE DES AIRES MARINES PROTÉGÉES DU CANADA

Par Philippe Galipeau St-Pierre

Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Monsieur Denis Dufour

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Avril 2015

SOMMAIRE

Mots clés : aires marines protégées, changements climatiques, réseau national, adaptation, résilience des écosystèmes, conservation marine, gouvernance.

Un fort consensus unit la communauté scientifique internationale touchant la haute valeur que revêtent les aires marines protégées pour la conservation des écosystèmes océaniques. La viabilité à long terme des aires marines protégées est toutefois tributaire d'une relative fixité de la biogéographie des écosystèmes marins à l'échelle des décennies. Or, une telle prémisse ne peut s'inscrire harmonieusement dans un contexte où les incidences des changements engendrent une variabilité accrue des conditions environnementales qui règnent sur les biomes mondiaux et partant, sont appelés à altérer la répartition des espèces, ainsi que la composition des communautés biologiques. Les perturbations des océans par l'altération anthropique du climat commandent de penser sous un nouveau jour la gestion des aires marines protégées afin de favoriser la résilience des écosystèmes, ainsi que la viabilité et l'efficacité des mesures de conservation mises en œuvre pour les protéger. À la lumière de l'étude du portrait de la conservation du domaine maritime canadien, de l'examen des incidences des changements climatiques sur les écosystèmes marins du Canada, ainsi que de l'analyse des voies de gouvernance des aires marines protégées face aux changements climatiques, la démarche d'analyse multidimensionnelle sur laquelle se fonde cet essai porte ses fruits sous la forme de propositions d'axes décisionnels pour l'intégration de mesures d'adaptation aux changements climatiques dans la gestion du réseau national du Canada.

Les recommandations issues de l'étude des aspects précités de la conservation marine s'articulent autour de certains concepts clés, notamment l'adoption d'une nouvelle conception d'intégrité des écosystèmes, l'atténuation des stress environnementaux non climatiques, la considération de la résilience naturelle des écosystèmes dans le choix des aires marines protégées, de même que l'orchestration unifiée du réseau d'aires marines protégées et de la matrice spatiale dans laquelle il s'enclasse, ainsi que l'instauration de mesures de conservation proactives orientées par l'usage raisonné d'instruments décisionnels prédictifs. Le constat qui se dégage de la démarche analytique entreprise lors de la réalisation de cet essai est que nombre des mesures d'adaptation composant l'éventail de propositions y étant formulées peuvent s'inscrire de manière harmonieuse dans le cadre de conservation actuel des océans canadiens. Certaines d'entre elles requièrent néanmoins des acteurs de la conservation une certaine réorientation conceptuelle des objectifs et des voies de conservation. L'atteinte d'une adéquation entre les avenues actuelles de gestion des aires marines protégées et les impératifs de la conservation dans un contexte de changements climatiques représente un élément essentiel afin d'obvier aux préjudices irrémédiables qu'encourent nombre d'écosystèmes face à l'altération anthropique du climat.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur d'essai, monsieur Denis Dufour, pour la promptitude de ses rétroactions et la justesse de ses observations, qui ont grandement contribué à enrichir le contenu de cet essai.

Je souhaite également adresser de vifs remerciements à mes parents et à mes proches, qui m'ont pleinement soutenu tout au long de mes études. Je leur sais gré de leur présence de l'aube au terme de mon parcours, mais également de leur compréhension, de leurs encouragements, ainsi que de leur confiance indéfectible en mes facultés.

Merci à mes amis, auxquels je n'ai pu consacrer que peu de temps durant les derniers mois, qui ont néanmoins su détacher par échappées mes pensées du processus de rédaction et qui partant, ont grandement allégé ma tâche. À ce titre, je remercie tout particulièrement Kate, Matthew, Aaron et Isabella qui ont fait de grands efforts pour me convaincre que les moindres détails de mon essai leur étaient absolument fascinants tout au long des derniers mois.

J'en profite également pour remercier mes collègues, qui ont vécu de concert avec moi la rédaction de leur essai, que je n'ai guère pu côtoyer que très peu durant ma rédaction, mais qui ont contribué à me motiver, notamment par le truchement des réseaux sociaux et du groupe de partage créé expressément.

Pour conclure, j'adresse un grand merci à toutes les personnes qui m'ont encouragé le long de ce parcours, mais dont le nom n'apparaît pas ici, concision oblige.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. AIRES MARINES PROTÉGÉES.....	3
1.1 Classes d'aires marines protégées	3
1.2 Indicateurs biologiques et socioéconomiques.....	5
1.3 Avantages et coûts de l'instauration d'un réseau d'aires marines protégées.....	6
1.3.1 Avantages	7
1.3.2 Coûts.....	8
2. PORTRAIT DE LA CONSERVATION DU DOMAINE MARITIME CANADIEN	10
2.1 Biogéographie et écorégions maritimes du Canada	10
2.2 Structure organisationnelle et entités impliquées au Canada	14
2.2.1 Mandat de Pêches et Océans Canada	15
2.2.2 Mandat de Parcs Canada.....	16
2.2.3 Mandat d'Environnement Canada	16
2.2.4 Souveraineté du Canada au chapitre de la conservation du domaine maritime.....	17
2.2.5 Cadre législatif de la conservation des océans au Canada.....	18
2.3 Réseau canadien existant d'aires marines protégées	20
2.4 Engagements du Canada pour la protection des océans	23
2.5 Enjeux propres au Canada.....	24
2.5.1 Survol du rôle économique de la zone néritique canadienne.....	24
2.5.2 Droits ancestraux.....	25
2.5.3 Autres enjeux	26
3. EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES ÉCOSYSTÈMES OCÉANIQUES.....	27
3.1 Modification des cycles atmosphérique.....	28
3.2 Circulation thermohaline et stratification verticale de la colonne d'eau	30
3.3 Eutrophisation de la zone néritique et hypoxie de la colonne d'eau.....	31
3.4 Acidification de l'eau et écotoxicité	34
3.4.1 Effets sur les organismes calcifiants.....	37
3.4.2 Effets sur les organismes non-calcifiants	41
3.4.3 Spéciation des espèces chimiques et toxicité environnementale	42
3.5 Fonte des glaces, glacio-eustatisme et expansion thermique de la colonne d'eau.....	43
3.6 Effets inhérents à la température sur les organismes.....	47
3.7 Phénologie des espèces et relations interspécifiques.....	50
3.8 Biogéographie des communautés	51
3.9 Adaptation et plasticité phénotypique.....	54

3.10 Agents pathogènes.....	55
3.11 Rétroactions sur le climat.....	56
4 ANALYSE DES VOIES DE GOUVERNANCE DES AIRES MARINES PROTÉGÉES DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES	58
4.1 Cadre organisationnel et politique dans la gestion des aires marines protégées	59
4.1.1 Indicateurs de rendement.....	63
4.1.2 Coordination interinstitutionnelle.....	65
4.1.3 Coopération internationale.....	66
4.2 Démarche participative et implication des parties prenantes.....	68
4.2.1 Implication des communautés locales	71
4.2.2 Communautés autochtones	75
4.3 Cadre conceptuel.....	78
4.4 Planification biorégionale et approche holistique de la gestion.....	82
4.4.1 Perspective écosystémique de la gestion	83
4.4.2 Intégration du réseau d'AMP dans la matrice de planification spatiale des océans	84
4.5 Planification adaptative.....	87
4.5.1 Recherche et protocoles de suivi	89
4.6 Planifier pour le futur	92
4.6.1 Modélisation et développement de scénarios alternatifs	92
4.6.2 Étude de vulnérabilité et démarches politico-légales proactives	96
5 PROPOSITIONS D'AXES DÉCISIONNELS POUR LA CONFIGURATION ET LA GESTION DU RÉSEAU NATIONAL D'AMP DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....	99
5.1 Adopter une nouvelle conception d'intégrité des écosystèmes.....	99
5.2 Inclure formellement les changements climatiques dans les études de vulnérabilité, la planification et le suivi écologique des AMP	100
5.3 Accroître la connectivité des aires marines protégées et la perméabilité de la matrice spatiale	102
5.4 Diluer le risque environnemental par le biais de la répétitivité.....	103
5.5 Atténuer les stress environnementaux non climatiques	104
5.6 Protéger les sites naturellement résilients et les refuges climatiques.....	106
5.7 Protéger les éléments écologiques relativement immuables de l'écosystème	107
5.8 Établir des AMP tant sur les gradients écologiques qu'au cœur des biorégions	108
5.9 Instaurer des zones tampons à l'entour des AMP	109
5.10 Intégrer les AMP dans un cadre de gestion plus large, s'étendant à la matrice biogéographique et socioéconomique dans laquelle s'enchâsse le réseau national	109
5.11 Renforcer la coordination biorégionale, interinstitutionnelle et internationale en matière de conservation des océans.....	110

5.12 Protéger la diversité spécifique et génétique	111
5.13 Recourir à la translocation des espèces de façon raisonnée	111
5.14 Instaurer des mesures de protection proactives fondées sur les scénarios d'évolution des écosystèmes.....	112
5.15 Protéger les puits de carbones potentiels.....	113
CONCLUSION	114
RÉFÉRENCES	116
BIBLIOGRAPHIE.....	128

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 2.1	Biorégions pour la gestion des aires marines protégées du Canada.....	13
Figure 2.2	Portrait géographique du pourcentage des aires marines protégées du Canada par catégorie de l'UICN.....	22
Figure 3.1	Modélisation des précipitations annuelles canadiennes pour la période 2071-2100 au respect de la moyenne de 1971-2100.....	29
Figure 3.2	Représentation du potentiel d'hydrogène des océans antérieurement à la période industrielle (1850).....	35
Figure 3.3	Estimation du potentiel d'hydrogène des océans en 2100.....	36
Figure 3.4	Spéciation chimique des carbonates en fonction du pH.....	38
Figure 3.5	Niveau de saturation des océans en aragonite antérieurement à l'ère industrielle (1850-1860).....	39
Figure 3.6	Niveau de saturation des océans en aragonite projeté pour l'année 2100.....	39
Figure 3.7	Projection des incidences de l'enrichissement de l'atmosphère en CO ₂ sur certains taxons marins selon différents seuils de concentration en dioxyde de carbone.....	42
Figure 3.8	Projections de l'étendue des glaces arctiques de septembre et de février pour la période 2081-2100 au respect de la moyenne de 1986 à 2005.....	45
Figure 3.9	Élévation projetée de la température des océans en fonction de la profondeur et selon trois scénarios d'émissions de gaz à effet de serre distincts.....	48
Figure 4.1	Répartition de quelques-unes des parties prenantes ayant des intérêts sur les ressources océaniques de la biorégion du plateau continental de la Nouvelle-Écosse.....	72
Figure 4.2	Répartition des communautés inuites du Canada.....	76

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

AADNC	Affaires autochtones et Développement du Nord Canada
AMP	Aire marine protégée
CCmaC	Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement
CDB	Convention sur la diversité biologique
CEICC	<i>Committee on Ecological Impacts of Climate Change</i>
CMAF	Commission mondiale des aires marines protégées
CNUDM	Convention des Nations Unies sur le droit de la mer
CO ₂	Dioxyde de carbone
CO ₃ ²⁻	Ion carbonate
CoP7	Septième Conférence des Parties
CPAWS	<i>Canadian Parks and Wilderness Society</i>
DBO	Demande biologique en oxygène
DSCC	Données et scénarios climatiques canadiens
GBRMPA	<i>Great Barrier Reef Marine Park Authority</i>
GES	Gaz à effet de serre
GIEC/IPCC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat/ <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
GOODS	<i>Global Open Oceans and Deep Seabed</i>
H ₂ CO ₃	Acide carbonique
HCO ₃ ⁻	Ion bicarbonate
IGBP	<i>International Geosphere-Biosphere Programme</i>
MCCG4	Modèle climatique couplé de quatrième génération
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
ONG	Organisme non gouvernemental
pCO ₂	Pression partielle de dioxyde de carbone
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i>
SCBD	<i>Secretariat of the Convention on Biological Diversity</i>
SCCS	Secrétariat canadien de consultation scientifique
TPAGE	<i>Transatlantic Platform for Action on the Global Environment</i>
UICN/IUCN	Union internationale pour la conservation de la nature/ <i>International Union for Conservation of Nature</i>
UNDP	<i>United Nations Development Programme</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>

UNESCO	Organisation internationale des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
WWF	<i>World Wide Fund</i>
ZEE	Zone économique exclusive
ZPM	Zone de protection marine

LEXIQUE

Approche de précaution	Principe selon lequel l'existence d'un certain degré d'incertitude scientifique en matière de conservation ne devrait pas constituer une justification suffisante pour différer la mise en œuvre d'actions préventives ou correctives propres à obvier à l'altération irrémédiable de l'environnement et des écosystèmes. (Inspiré de : Canada, 2011)
Approche écosystémique de la gestion	Approche de la gestion considérant les écosystèmes dans une perspective holistique, incluant leurs composantes humaines, sociopolitiques, culturelles, économiques et écologiques de manière intégrée (Inspiré de : McLeod, 2013; Green et autres, 2012; Fernandes et autres, 2012)
Biorégion	« Division biogéographique des eaux marines du Canada s'étendant jusqu'à la limite de la zone économique exclusive, et englobant les Grands Lacs, fondée sur certains attributs comme la bathymétrie, l'influence des apports d'eau douce, la distribution de la glace pluriannuelle et la répartition des espèces. » (Canada, 2011)
Capacité adaptative	Aptitude d'un système (écologique, organisationnel, etc.) à composer avec la variabilité environnementale ou à s'y adapter afin d'atténuer les effets néfastes des perturbations ou de tirer parti des opportunités qui en découlent. La capacité adaptative est tributaire des caractéristiques inhérentes au système et des facteurs extrinsèques qui l'influencent. (Inspiré de : Fernandes et autres, 2012; Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2007)
Fonctions écosystémiques	Processus biophysiques résultant de la relation entre les composants biotiques et abiotiques de l'écosystème et qui, par leur interaction, concourent au maintien de son intégrité. (Inspiré de : Game et autres, 2010; McLeod, 2013)
Gestion adaptative	Processus itératif de planification, de mise en œuvre, de suivi et d'adaptation systématique des mesures de gestion dans une perspective d'amélioration continue et d'optimisation de la gestion dans un contexte d'incertitude ou de changement. La gestion adaptative consiste en une démarche empirique d'acquisition de connaissances à la lumière du degré d'efficacité des mesures de gestion mises en place. (Inspiré de : Beaufort Sea Partnership, 2009; McLeod, 2013; Millennium Ecosystem Assessment Board, 2005)
Gestion intégrée des océans	Approche de la gestion des océans fondée sur un processus décisionnel qui inscrit la planification et la gestion des activités anthropiques dans le cadre de la conservation, du développement durable et de l'utilisation responsable des ressources océaniques. (Inspiré de : Beaufort Sea Partnership, 2009; Canada, 2011)

Résilience écosystémique	Capacité d'un écosystème à maintenir ou à recouvrer la plénitude des processus écologiques clés qui le caractérisent en réponse aux perturbations qui l'affectent. (Inspiré de : Pinsky et autres, 2013; McLeod, 2013; Game et autres, 2010)
Vulnérabilité	Intensité à laquelle les organismes, les communautés biologiques ou les écosystèmes sont affectés négativement par une perturbation donnée. L'ampleur de la vulnérabilité est tributaire de trois aspects, soit le degré d'exposition au stress, la sensibilité de l'entité à l'égard des perturbations qui l'affectent, ainsi que sa résilience. (Inspiré de : Millennium Ecosystem Assessment Board, 2005; Dawson et autres, 2011)

INTRODUCTION

À titre de membre de la Conférence des Parties et signataire de la *Convention sur la diversité biologique*, le Canada s'est engagé à orchestrer la conception et l'instauration d'un réseau d'aires marines protégées (AMP) cohérent à l'échelle biorégionale et nationale. À l'instar des autres entités œuvrant dans le domaine de la conservation, les instances engagées dans l'établissement du réseau national canadien doivent composer avec un large éventail d'enjeux écologiques, sociopolitiques et économiques afin d'optimiser les bienfaits écologiques de l'instauration d'aires marines protégées tout en atténuant les corollaires guère souhaitables qui parfois en découlent sur le plan socioéconomique.

Or, une variable additionnelle tend à s'inscrire de plus en plus tangiblement dans l'équation déjà complexe de la conservation. Il apparaît ainsi de plus en plus manifeste que les incidences des changements climatiques sur les écosystèmes océaniques du Canada viendront à compromettre l'adéquation qu'il existe entre les mesures de conservation déployées à l'heure actuelle et la conjoncture environnementale qui caractérisera le domaine maritime canadien dans les années et les décennies à venir.

En effet, hors que les mesures d'adaptation expédientes ne s'insèrent dans les stratégies de conservation mises en œuvre à l'heure présente, la viabilité à long terme et l'efficacité de celles-ci s'en trouveront diminuées au fur et à mesure que s'intensifieront les effets des changements climatiques sur les écosystèmes marins.

Ce constat siège au cœur des enjeux traités par le présent essai, dont l'objectif général consiste en la formulation de propositions d'axes décisionnels expédients pour la configuration et la gestion du réseau national d'aires marines protégées du Canada dans un contexte de changements climatiques.

La démarche analytique entamée à cette fin s'articule en trois volets, soit l'étude des mécanismes de gouvernance actuels du Canada, ainsi que des orientations de la stratégie canadienne en matière de gestion du réseau national d'AMP; l'analyse des enjeux environnementaux et sociopolitiques soulevés par les changements climatiques dans un contexte de conservation des écosystèmes marins canadiens; et l'analyse des mesures d'adaptation aux changements climatiques élaborées à l'échelle internationale, ainsi que des connaissances actuelles de la communauté scientifique à ce chapitre.

Pour ce faire, l'essai s'appuie sur un éventail de sources issues tant du domaine des sciences de la nature que des sciences humaines. Les sources retenues prennent notamment la forme de documents issus d'organismes voués au service public – à l'instar des parutions gouvernementales ou éditées par des instances supranationales –, de presses universitaires ou d'articles scientifiques révisés par les pairs

provenant d'institutions de recherche et d'enseignement supérieur, ainsi que de publications issues d'organismes sans but lucratif reconnus à l'échelle nationale ou internationale.

Dans le même ordre d'idée, les ressources Internet employées ont été évaluées sous plusieurs facettes, notamment la crédibilité de l'entité éditrice, l'exhaustivité des informations présentées et l'objectivité de l'analyse de l'information. Hormis les sources citées à titre de référence historique et comportant notamment des textes législatifs, ainsi que certaines des politiques canadiennes en matière de gestion des océans, l'intégralité des références qui étayent la démarche d'analyse entreprise lors de la rédaction de l'essai est parue au plus tôt en 2005, la primauté ayant été accordée aux sources parues postérieurement à 2009 étant donnée l'évolution rapide des connaissances en matière de changements climatiques.

Le présent document est structuré de telle sorte que son ossature reflète le processus d'acquisition de connaissances et la démarche analytique qui lui ont donné corps. Le premier chapitre assoit ainsi les fondements de l'étude en s'arrêtant sur le concept d'aire marine protégée, mais également sur les bénéfices et les coûts de l'instauration d'une aire marine protégée. Le deuxième chapitre dresse le portrait de la conservation du domaine maritime canadien, faisant ainsi notamment état du cadre législatif et conceptuel de la conservation des océans, de la structure organisationnelle sur laquelle se fonde l'instauration du réseau national d'AMP, de même que des enjeux propres au Canada en matière de conservation des océans.

Le troisième chapitre s'intéresse quant à lui aux incidences des changements climatiques sur les écosystèmes océaniques, soulignant leur nature multidimensionnelle et l'ampleur qu'ils revêtent, tandis que le quatrième chapitre fait l'analyse des voies de gouvernance des AMP dans un contexte de changements climatiques. Finalement, le cinquième chapitre émet des propositions d'axes décisionnels permettant d'orienter la configuration et la gestion du réseau national d'AMP de manière à favoriser sa résilience, son efficacité et sa viabilité à long terme face aux changements climatiques.

1. AIRES MARINES PROTÉGÉES

La désignation effective d'un espace naturel en tant qu'aire marine protégée (AMP) requiert la détermination sans équivoque de la portée d'une telle appellation, afin que cette dernière puisse s'inscrire dans un cadre légal et stratégique structurant. L'on retrouve ainsi dans la littérature publiée par les diverses entités rattachées au gouvernement du Canada deux définitions principales des AMP, toutes deux étant issues de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). La première, notamment employée dans les avis scientifiques émis par le Secrétariat canadien de consultation scientifique, désigne une AMP comme étant :

« tout espace intertidal ou infratidal ainsi que ses eaux subjacentes, sa flore, sa faune et ses ressources historiques et culturelles que la loi ou d'autres moyens efficaces ont mis en réserve pour protéger en tout ou en partie le milieu ainsi délimité. » (Canada. Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), 2009a)

La seconde définition appliquée au vocable d'aire marine protégée dans les publications gouvernementales et paragouvernementales reprend celle proposée en 2008 par l'UICN et la Commission mondiale des aires marines protégées (CMAAP), soit :

« Un espace géographique clairement défini, reconnu, consacré et géré, par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature, ainsi que les services écosystémiques et les valeurs culturelles qui lui sont associés. » (Canada, 2011)

Dans le cadre de cette définition, les termes « moyens juridiques » réfèrent à la législation des divers paliers gouvernementaux, tandis que les « autres moyens efficaces » comportent les dispositions autres que législatives visant à assurer la pérennité de l'entité créée, notamment par des ententes d'intendance ou par l'acquisition du site par un organisme non gouvernemental (ONG) ayant pour objectif sa conservation à long terme. Les termes « consacré » et « géré » impliquent respectivement le caractère contraignant des moyens mis en œuvres pour assurer la conservation du site, et le caractère agissant des mécanismes de gestion mis en place. (Canada, 2011)

1.1 Classes d'aires marines protégées

Outre les appellations procédant de dispositions législatives canadiennes, dont le portrait sera dressé au second chapitre de cet essai, la communauté internationale reconnaît sept classes d'aires marines protégées selon la nature des activités autorisées et proscrites au sein de l'AMP établie.

Désignées comme réserves naturelles intégrales, les AMP de classe la sont constituées d'écosystèmes administrés de telle sorte qu'ils puissent servir de références scientifiques à des fins de recherche ou de surveillance environnementale. Leur gestion vise ainsi à préserver les processus écologiques, le biotope, la diversité génétique et les relations trophiques dans leur état naturel, ce afin qu'ils constituent des

milieux non altérés par les activités anthropiques – dans la mesure du possible –, aux fins d'étude scientifique. Ces sites sont donc exempts de toutes activités d'exploitation des ressources, et proscrivent l'accès libre au public. (International Union for Conservation of Nature (IUCN), 2014) Au Québec, il s'agit à quelques exceptions près de terres ayant le statut de réserves écologiques. (Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2015)

Composées d'espaces inaltérés ou peu modifiés, les AMP de catégorie Ib sont administrées dans l'optique de préserver les ressources sauvages et ont pour objectifs principaux le legs aux générations futures d'espaces demeurés à l'état naturel, ainsi que la préservation d'espaces ayant conservé leurs qualités naturelles essentielles au sein de l'environnement. Cette catégorie permet l'accès au public s'il ne se fait pas au détriment de l'intégrité écologique du milieu, ainsi que le maintien du mode de vie des communautés autochtones de faible densité historiquement établies au sein de la zone protégée. (IUCN, 2014)

La catégorie II s'applique aux espaces visant la conservation des écosystèmes à des fins récréatives. Ces aires protégées comprennent une vocation de protection de l'intégrité écologique, ainsi qu'un volet d'éducation, de récréation et de tourisme. (Québec. MDDELCC, 2015) Les aires de catégorie II s'inscrivent dans le mandat de Parcs Canada en ce qu'elles visent la perpétuation d'exemples représentatifs des diverses régions biogéographiques et proscrivent en leur sein toute activité d'exploitation ou d'occupation au détriment des objectifs de conservation. (Dakubo, 2006)

Les aires de catégorie III visent quant à elles la protection d'un élément naturel remarquable en raison de son unicité, de ses qualités esthétiques, de son importance spirituelle et culturelle ou de son importance écologique. Des activités récréotouristiques, d'éducation et d'interprétation y sont autorisées dans la mesure où elles n'interfèrent pas avec la pérennisation de l'intégrité du site. (Québec. MDDELCC, 2015)

Les aires protégées de catégorie IV ont pour but la gestion d'habitats ou d'espèces nécessitant une intervention humaine active, soit par des aménagements ou des actions ciblées, afin d'optimiser l'évolution de la zone protégée vers les objectifs de maintien d'un habitat spécifique ou d'espèces particulières. Certains types d'exploitation durable des ressources y sont autorisés. (Québec. MDDELCC, 2015)

La catégorie V s'applique aux espaces dont les qualités particulières procèdent de l'interaction historique entre la nature et les humains. La gestion de telles aires protégées vise le maintien de cette interaction traditionnelle harmonieuse en maintenant les formes traditionnelles d'occupation du sol et de modes de vie. Il s'agit souvent d'espaces ayant une double vocation sociale ainsi qu'écologique et dans lesquels l'utilisation durable historique des ressources est autorisée. (IUCN, 2014)

Finalement, les aires de catégorie VI sont administrées à des fins d'utilisation durable des ressources naturelles pour pérenniser le capital existant de ressources naturelles. Cette catégorie marie une vocation socioéconomique à des enjeux de conservation et doit, pour être reconnue, être soumise à certaines normes de gestion et d'exploitation, notamment la préservation de l'état naturel de l'espace sur les deux tiers de sa superficie. (IUCN, 2014)

Parallèlement à cette classification, les aires marines peuvent également être décrites en fonction de leurs caractéristiques de gestion. Au niveau international, il existe ainsi un éventail d'approches de gestion découlant du contexte spécifique d'instauration d'une aire marine protégée donnée. Cette gamme de principes de gouvernance comprend tant les zones exclusives de conservation que les zones d'exploitation durable des ressources – ainsi que détaillé par les catégories de l'IUCN –, mais comporte également des variations au niveau de la gestion temporelle des espaces protégés. L'on observe ainsi des zones avec restriction saisonnière des activités d'exploitation et des pêcheries, de même que des aires fermées en alternance aux pêcheries afin d'assurer le renouvellement de la ressource, à l'instar de jachères fauniques. (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2014)

1.2 Indicateurs biologiques et socioéconomiques

L'éventail considérable de variétés d'aires protégées engendre la nécessité d'identifier clairement les objectifs de conservation rattachés à l'instauration d'une aire marine protégée selon la conjoncture et les besoins qui agissent les parties prenantes impliquées. En effet, si la conservation d'un espace naturel constitue le point commun des divers types d'aires marines protégées, les objectifs subjacents sont pluriels et s'étendent souvent au-delà du domaine de la conservation de la nature pour sa valeur intrinsèque. Il existe ainsi divers indicateurs susceptibles de révéler l'adéquation entre les caractéristiques d'un espace naturel donné et la réalisation des objectifs ayant inspiré la démarche d'instauration d'une AMP. Ces mêmes indicateurs constitueront également des outils de priorisation de certains sites, de hiérarchisation des interventions de gestion, ainsi que d'évaluation de l'efficacité des moyens mis en œuvre pour atteindre les objectifs de conservation.

Dans le cadre de l'exploitation durable des ressources, les indicateurs peuvent notamment comprendre la tendance du rendement des pêcheries par unité d'effort de pêche, la biomasse observée, ou encore les tendances populationnelles des espèces, tant au niveau des espèces commerciales que des espèces clés de voûte, en particulier celles situées à la base des chaînes trophiques. Dans une optique de conservation de milieux inaltérés, les indicateurs sélectionnés sont aussi diversifiés que l'intégrité du réseau trophique; la biodiversité génétique, spécifique, de même qu'au niveau des taxons supraspécifiques; la complexité structurelle des habitats, ainsi que la variété des niches écologiques présentes; le niveau d'altération anthropique actuel, de même que la vulnérabilité aux événements stochastiques et aux futures perturbations d'origine humaine. Dans un autre ordre d'idée, l'importance

culturelle ou spirituelle d'un milieu donné peut également influencer le choix d'un site d'instauration d'une AMP si la préservation de ce milieu est en adéquation avec la conservation de l'environnement. (Canada. SCCS, 2009a; Canada. SCCS, 2012a)

L'étude de ces indicateurs permet d'évaluer la pertinence de l'instauration d'une aire marine protégée dans un milieu donné et donc, d'optimiser les efforts vers l'atteinte des objectifs. L'on peut, par exemple, considérer comme inadéquat l'établissement d'une AMP de catégorie I au cœur d'un estuaire fortement urbanisé, altéré ou au sein duquel des développements prévus en amont occasionneront une contamination importante du milieu. Le présent chapitre ne dresse qu'un portrait d'ensemble des indicateurs biologiques et socioéconomiques susceptibles de contribuer à l'atteinte des objectifs de conservation visés par l'instauration d'une AMP. Leur pertinence dans le cadre d'une gestion efficace des AMP sera traitée plus en détail aux chapitres quatre et cinq du présent document.

1.3 Avantages et coûts de l'instauration d'un réseau d'aires marines protégées

L'importance que revêtent les océans pour les communautés humaines est considérable, tant dans les domaines de l'extraction des ressources minérales et pétrolifères, de l'exploitation des ressources halieutiques et de l'écotourisme, que des services écologiques générés par les écosystèmes. Or, l'évolution technologique et industrielle engendre un fardeau croissant sur les écosystèmes marins alors même que la résilience des écosystèmes aux perturbations anthropiques est limitée par leur capacité d'adaptation.

Dans une perspective de gestion intégrée des océans, il convient ainsi d'établir un équilibre entre l'optimisation des gains issus de l'exploitation des ressources océaniques et la protection du capital écologique que constitue mondialement le milieu maritime. Or, l'instauration d'AMP, et *a fortiori* de réseaux d'AMP, représente une voie de plus en plus reconnue et privilégiée internationalement pour préserver les ressources océanes. (Canada, 2011)

En contrepartie, les dépositaires du pouvoir décisionnel en ce qui a trait à l'établissement d'AMP doivent conjuguer nombre d'enjeux, tels que les engagements politiques contractés au niveau subnational, national ou international; l'attribution fluctuante des ressources par les entités gouvernementales; l'appui parfois insuffisant et la méconnaissance des enjeux par la population et les décideurs gouvernementaux; ainsi que les pressions et demandes difficilement conciliables qui émanent des diverses parties prenantes engagées dans le processus ou en éprouvant les effets.

Dans ce contexte et étant donnée l'importance de l'argumentaire économique dans le processus décisionnel de même que dans l'acceptabilité des projets soumis aux décideurs gouvernementaux, les initiateurs de projets d'AMP se heurtent à divers obstacles, dont celui de devoir justifier la pertinence de

leur initiative en démontrant la supériorité des bénéfices engendrés au respect de ceux qui découlent de l'exploitation actuelle des ressources. Or, la non-considération dans l'économie de la valeur des biens et services écosystémiques issus de la non-utilisation des ressources naturelles constitue un frein à l'argumentaire étayant la démonstration de la pertinence des AMP non seulement au niveau écologique, mais également dans les domaines sociaux et économiques. (Glenn et autres, 2010; E. Rees et autres, 2014)

Les sous-sections qui suivent dressent ainsi le portrait des avantages des AMP en regard des coûts qu'occasionne leur établissement, et ce, en considérant tout autant la valeur quantifiable sur le marché des produits issus de l'exploitation des ressources que la valeur moins aisément perceptible des services écosystémiques pour les communautés.

1.3.1 Avantages

Les données scientifiques révèlent qu'il existe un nombre considérable de bienfaits engendrés par l'instauration et la gestion adéquate d'aires marines protégées, et ce, tant sous des climats nordiques et tempérés – tels ceux du Canada – que dans les zones de faibles latitudes, au sein desquelles l'écotourisme maritime joue un rôle souvent prépondérant dans l'économie (Canada, 2011).

S'il est *a priori* plus aisé d'appréhender les bénéfices écologiques qu'offrent les réseaux d'AMP, il en découle également des bienfaits sociaux et économiques importants. Dans le domaine de l'écologie, un réseau d'AMP bien géré assure la protection de la diversité écosystémique et spécifique, préserve le patrimoine génétique des populations et favorise la résilience des espèces endémiques ou à statut particulier. En outre, il atténue les effets de la fragmentation de l'habitat, protège des processus écologiques essentiels dans l'ontogenèse, sert de zone tampon pour augmenter la résilience des écosystèmes aux changements climatiques et permet de maintenir des zones de haute résilience aux événements stochastiques (étant donnée la présence d'un nombre moindre de stress anthropiques). Au reste, l'instauration d'un réseau d'AMP contribue à maintenir les procédés biophysiques et les fonctions écosystémiques tels que la production primaire et secondaire, le recyclage des nutriments, le recyclage hydrologique (notamment le maintien de la teneur en oxygène dissout dans l'eau) et les mécanismes de séquestration du carbone atmosphérique. (Canada, 2011; E. Rees et autres, 2014; Canada, 2010)

Les AMP contribuent également à l'application du principe de précaution en protégeant des zones pour lesquelles les connaissances scientifiques actuelles ne permettraient pas d'établir d'autres mécanismes de conservation ciblés. L'on peut notamment penser aux coraux d'eaux profondes, dont les colonies s'établissent en mers froides ou tempérées et qui ont pour caractéristiques un cycle de vie lent et une fragilité importante aux dommages physiques causés par certaines formes de pêches de fond. Les données géospatiales pour ces écosystèmes étant lacunaires, l'instauration de réseaux d'AMP peut

contribuer à protéger ces communautés de manière efficace et proactive en complémentarité des mesures de protection ciblées visant la conservation des sites connus d'établissement des coraux, évitant de ce fait la destruction irrémédiable de communautés par méconnaissance de leur emplacement. (B. Pilgrim, 2005; Glenn et autres, 2010)

D'un point de vue social et économique, l'instauration d'un réseau d'AMP contribue à la durabilité des pêches en protégeant les voies migratoires, en accroissant le recrutement de la ressource halieutique, en protégeant les frayères et les sources larvaires et en atténuant les effets de la sélection artificielle, cette dernière ayant pour résultat la raréfaction au cours des années des éléments géniques favorisant la grande taille des individus au sein d'une même espèce (Canada, 2010; Canada, 2005; Lester et autres, 2009) En effet, le *Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development* fait état d'une étude publiée dans le *Harvard Business Review* et révélant un bénéfice net pour les pêcheries suivant l'instauration d'AMP. Menée sur 124 AMP de 29 pays, l'étude révèle que la biodiversité spécifique est 21 % plus importante dans les AMP, que le nombre d'organismes par unité de surface y est 166 % plus élevé, que les organismes y sont 28 % plus grands et que la biomasse totale y est 446 % plus importante. Or, le même article révèle que ces effets se répercutent en dehors des limites des AMP, au cœur des zones de pêche voisines, engendrant un bénéfice pour l'industrie halieutique surpassant les pertes financières issues de l'instauration d'une AMP. (Office of the Auditor General of Canada, 2012)

En outre, les effets sociaux de l'instauration d'un réseau d'AMP comprennent la préservation du patrimoine culturel et spirituel, la sensibilisation de la population à la conservation, l'amélioration des conditions de recherche scientifique et la création d'emploi dans les secteurs du tourisme et de la conservation. Dans un autre ordre d'idée, l'établissement d'un réseau d'AMP favorise également la préservation des qualités esthétiques du milieu, ainsi que le maintien des conditions du site dans une perspective écotouristique. (Canada, 2011; E. Rees et autres, 2014)

1.3.2 Coûts

L'instauration d'AMP ne peut être planifiée en vase clos en ne considérant que les bénéfices environnementaux qu'elle représente. Tout en gardant en perspective la vocation écologique des AMP, force est d'également soupeser les effets négatifs, tant sociaux qu'économiques.

En effet, certaines activités d'exploitation s'avèrent difficilement conciliables avec les objectifs de conservation des AMP et sont donc proscrites ou à tout le moins restreintes au sein des AMP. Cela est d'autant plus problématique que nombre de zones présentant une haute priorité de conservation sont situées dans la zone néritique et à proximité d'aires de développement importantes. Or, un tel conflit d'usage engendre nécessairement des coûts socioéconomiques potentiels, par exemple dans une

communauté côtière dont l'économie repose sur les pêcheries et au cœur de laquelle d'importantes objections pourraient être soulevées touchant un projet d'AMP. (Canada, 2011)

Il convient de considérer l'ensemble des coûts directs et indirects de l'instauration d'une AMP, soit les coûts attribués à l'infrastructure, à l'administration, aux programmes d'éducation et de sensibilisation, à la recherche, ainsi qu'à l'application effective des règles d'usage du territoire de l'AMP, mais également le coût d'opportunité lié à l'arrêt des activités commerciales ayant historiquement eu cours dans la zone. (B. Pilgrim, 2005)

En bref, force est de tenir compte du fait que la majorité des catégories d'AMP peuvent générer en elles-mêmes des bénéfices économiques grâce aux usages durables des ressources, notamment par l'écotourisme et l'exploitation raisonnée des biens écosystémiques, ces dernières pratiques étant toutefois limitées par un seuil au-delà duquel elles portent atteinte à la vocation première des AMP.

Ce n'est qu'à travers la perception des AMP comme un capital écologique ou un investissement à faire fructifier que l'on constate que la valeur des AMP est supérieure à celle issue de l'exploitation non durable des ressources. À la lumière de ce constat, l'inauguration d'aires marines protégées à titre d'instrument de conservation viable apparaît être un choix raisonné moyennant que la gouvernance en soit adéquate et adaptée au contexte spécifique qui caractérise une AMP ou un réseau d'AMP donné.

2. PORTRAIT DE LA CONSERVATION DU DOMAINE MARITIME CANADIEN

Étant entouré par trois océans, le Canada possède mondialement la deuxième plus importante zone économique exclusive (Canada, 2005), présentant un domaine maritime de quelque 7,1 millions de kilomètres carrés, soit l'équivalent de 70 % de la superficie continentale du Canada (Canada. Pêches et Océans Canada, 2014a). À la fois limitrophe de l'océan Arctique et des océans tempérés du Pacifique et de l'Atlantique, le Canada jouit du plus long littoral du monde, possédant un rivage de plus de 243 000 km (Canada. Parcs Canada, 2010; B. Pilgrim, 2005).

Le présent chapitre dresse le portrait de la biogéographie du domaine maritime, ainsi que du réseau d'aires marines protégées canadien. Il détaille également la structure organisationnelle destinée à la gouvernance des AMP du réseau national, de même que les engagements pris par le Canada aux niveaux national et international pour la conservation des océans. Le chapitre se conclut en dépeignant les enjeux propres au Canada en matière d'instauration d'aires marines protégées.

2.1 Biogéographie et écorégions maritimes du Canada

Les caractéristiques biogéographiques de la zone néritique canadienne présentent une influence duale et antagonique sur la diversité spécifique du domaine maritime canadien. Si d'une part, la déglaciation géologique tardive des régions de haute latitude, ainsi que le climat régnant sur le Canada septentrional constituent un frein à l'endémisme et à la diversité spécifique au respect des climats subéquatoriaux, l'effet inverse résulte des éléments géographiques pluriels qui caractérisent la zone néritique canadienne. (Hutchings et autres, 2012)

En effet, la pluralité des biotopes marins et le nombre important de niches écologiques au sein du territoire maritime canadien concourent à la diversification des phylums y étant établis, comme en témoigne la biodiversité de 16 500 espèces établie pour le Canada en 2010 par le *Census of Marine Life* (Archambault, 2010), et *a fortiori*, la richesse spécifique canadienne estimée, qui s'élèverait à deux ou trois fois les valeurs révélées par les inventaires (Côté et autres, 2012).

Le processus consultatif scientifique réalisé dans le contexte de l'élaboration du cadre de planification spatiale du réseau national d'AMP du Canada a défini douze biorégions océaniques canadiennes en fonction de leurs caractéristiques bathymétriques et biogéochimiques (Canada, 2011). En effet, il s'agit des facteurs les plus susceptibles d'adéquatement représenter le biotope de communautés cohérentes, le motif de répartition des populations, ainsi que la dynamique des écosystèmes en réponse aux mécanismes de gestion de l'environnement (Canada. Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), 2009b).

L'application d'un système de classification biogéographique unifié est récente au Canada, la catégorisation du territoire maritime canadien ayant jusqu'à récemment été élaborée de façon indépendante par les diverses entités gouvernementales et paragouvernementales impliquées dans la création d'AMP (Canada. SCCS, 2009b).

S'étant inspiré de l'analyse d'un éventail de systèmes de classification préexistants, tels que les provinces biogéochimiques de Longhurst et le système *Global Open Oceans and Deep Seabed* (GOODS) issu des ateliers pluridisciplinaires d'experts au lendemain de la Septième Conférence des Parties (CoP7) de la Convention sur la diversité biologique (CDB), le processus consultatif scientifique national a retenu les principes directeurs de classification du système GOODS (Canada. SCCS, 2009b). Ces derniers sont :

- la reconnaissance du caractère distinctif du milieu pélagique, tridimensionnel et très dynamique, en regard du milieu benthique plus stable et bidimensionnel;
- l'établissement d'un système de classification devant refléter la complexité et la représentativité écosystémique des biorégions dans leur ensemble plutôt que de reposer sur la seule considération de l'unicité d'éléments spécifiques au sein d'une région;
- le reflet des écosystèmes et non uniquement des biomes, soit la considération tant des éléments biologiques que des composantes géographiques du biotope;
- la considération des communautés biologiques caractéristiques plutôt que de taxons ou d'espèces particulières individuellement;
- la reconnaissance de l'importance des processus écologiques et des fonctions écosystémiques dans la classification des biorégions;
- la classification hiérarchique des composantes déterminantes de la biorégion aux différentes échelles spatiales considérées. (Organisation internationale des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), 2009)

Tel que le montre la figure 2.1, l'application de ces principes directeurs a mené à une classification biogéographique des milieux marins canadiens comportant douze unités spatiales au niveau géographique le plus élevé, celles-ci étant elles-mêmes divisées en sous-unités ayant leurs propres caractéristiques représentatives.

Malgré que les subdivisions à une échelle spatiale inférieure soient écologiquement significatives, le comité consultatif a jugé que les mécanismes de gestion planifiés selon une perspective plus locale qu'à l'échelle des unités biorégionales seraient sujets à une inconstance d'efficacité dans le cadre d'un réseau d'AMP étant donnée l'hétérogénéité des milieux aux échelles spatiales inférieures. Le comité estime ainsi que les biorégions constituent la moindre échelle spatiale pour laquelle une planification d'ensemble conserve une prédictibilité optimale en ce qui a trait aux réponses des écosystèmes aux mesures de conservation (Canada. SCCS, 2009b).

Ainsi, l'océan Atlantique comporte trois biorégions, soit le plateau néo-écossais – incluant la baie de Fundy –, le plateau de Terre-Neuve et du Labrador, ainsi que le golfe du Saint-Laurent. Ces divisions sont inspirées par la classification du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). (Canada. SCCS, 2009b; Canada, 2011)

L'océan Pacifique est quant à lui divisé en quatre biorégions maritimes, soit la plate-forme Nord – incluant les détroits de Reine-Charlotte et d'Hécate, ainsi que le bassin Reine-Charlotte et le nord-ouest de Vancouver –, le détroit de Georgia, le plateau du Sud, s'étendant jusqu'au détroit Juan de Fuca, ainsi que la haute mer du Pacifique, comprenant les gyres de l'Alaska et de Californie. Ces unités biogéographiques correspondent à celles établies par la classification adoptée par Pêches et Océans Canada. (Canada. SCCS, 2009b; Canada, 2011)

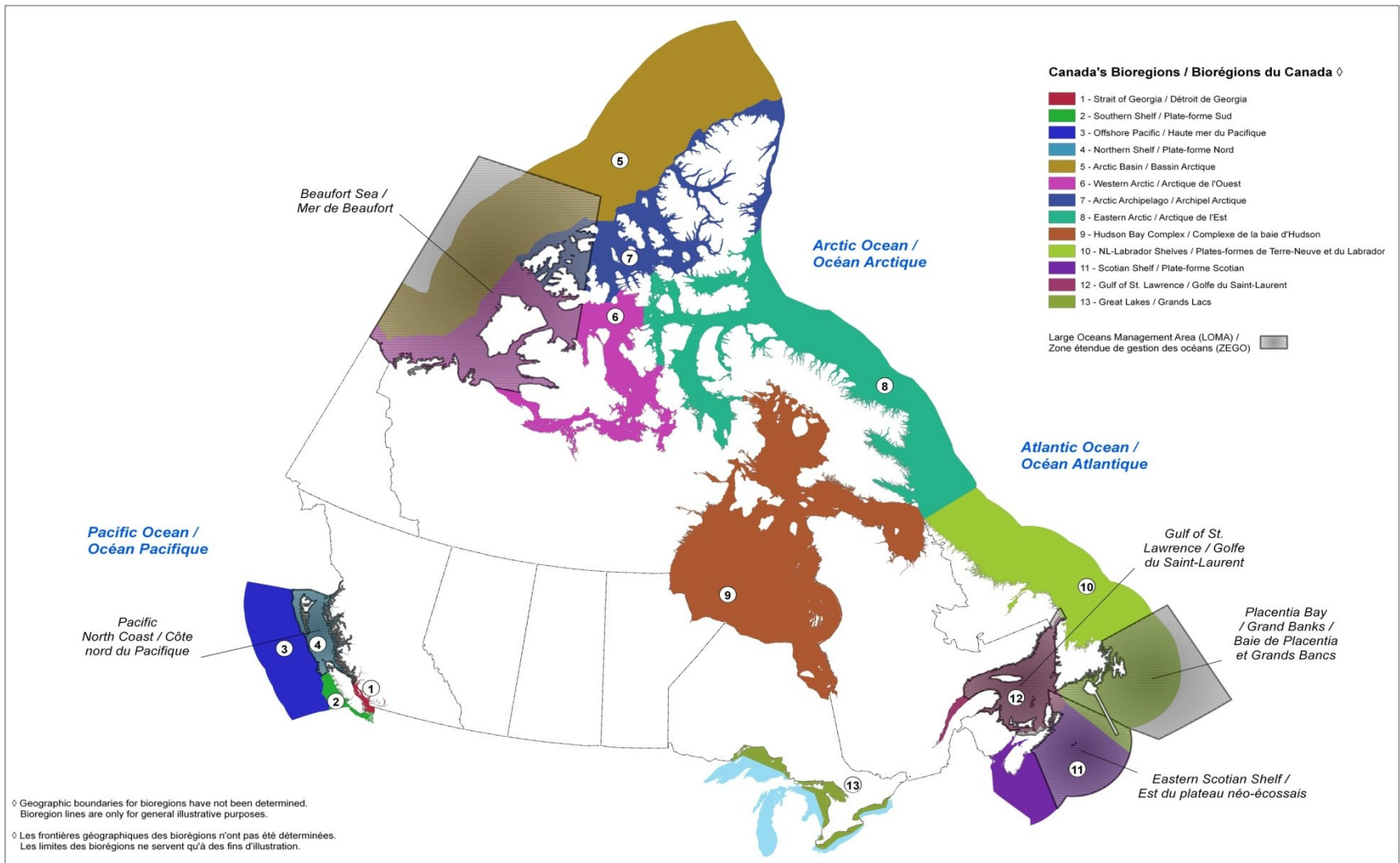


Figure 2.1 Biorégions pour la gestion des aires marines protégées du Canada (Tiré de Canada, 2011)

En ce qui a trait à l'Arctique, cinq biorégions ont été définies, soit le bassin de l'Arctique, l'Archipel Arctique, l'Arctique de l'Ouest – dont la mer de Beaufort et la baie de la Reine-Maud –, le complexe de la baie d'Hudson et de la baie James, ainsi que l'Arctique de l'Est, incluant les détroits de Lancaster et de Davis, de même que la baie de Baffin. Le caractère hautement dynamique de l'Arctique et les phénomènes déstabilisants prédictibles en raison des changements climatiques a toutefois incité le comité consultatif à émettre des réserves sur la délimitation future des biorégions arctiques, notamment au chapitre des structures trophiques et des motifs de répartition des communautés. (Canada. SCCS, 2009b; Canada, 2011)

Finalement, à ces 12 biorégions maritimes s'ajoute une treizième unité spatiale constituée du complexe des Grands Lacs, n'étant pas à proprement parler un milieu maritime, mais faisant néanmoins partie intégrante du domaine aquatique canadien de par sa superficie et son importance écologique. (Canada. SCCS, 2009b; Canada, 2011)

Il convient de préciser que les frontières des biorégions établies ne sont pas tranchées, mais constituées de gradients écologiques, ou de zones de transition. Les zones définies par des barrières géographiques nettes, telles que des formations géologiques faisant obstacle à la migration du necton ou la présence d'un courant océanique modifiant radicalement les conditions environnementales à un point donné, font exception à ce constat. (Canada. SCCS, 2009b)

La classification biogéographique des milieux océaniques constitue une pierre d'assise sur laquelle édifier une gestion efficace et rationnelle des océans. Un tel processus permet la planification optimale de la conservation des écosystèmes, la formulation d'objectifs opérationnels, l'harmonisation des mesures de conservation, ainsi qu'une plus grande adéquation entre les actions entreprises à une faible échelle géographique et les visées formulées à l'échelle nationale, voire supranationale.

2.2 Structure organisationnelle et entités impliquées au Canada

Le mandat du gouvernement fédéral en ce qui a trait à la conservation des océans est de nature multidimensionnelle et s'articule autour d'un éventail de politiques et d'outils législatifs complémentaires (Office of the Auditor General of Canada, 2012) afin d'établir « un réseau national d'[AMP] exhaustif, résilient et représentatif d'un point de vue écologique cherchant à assurer la protection [...] du milieu marin au profit des générations actuelles et futures. » (Canada, 2011)

Parmi ces outils législatifs et politiques, l'on compte la Loi sur les océans promulguée en 1997, la Loi sur l'Agence Parcs Canada, la Loi sur les espèces sauvages du Canada, la Loi sur les aires marines nationales de conservation du Canada, la Stratégie fédérale sur les aires marines protégées, ainsi que le

Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées, paru en 2011 (Office of the Auditor General of Canada, 2012).

Par la promulgation de la *Loi sur les océans* en 1997, le gouvernement fédéral canadien s'est engagé sur la voie de la gestion intégrée des océans dans une approche écosystémique, ainsi que de l'application du principe de précaution dans la gouvernance de son domaine maritime. La loi vise ainsi à encadrer les actions entreprises dans le domaine de la gestion des océans afin de favoriser l'interaction entre les diverses parties impliquées et d'ainsi restreindre le développement en vase clos de programmes de gestion de l'océan par les entités décideuses. (B. Pilgrim, 2005)

En effet, au Canada, la compétence sur la conservation des océans n'est pas exclusive, mais partagée entre les paliers gouvernementaux et certains acteurs non étatiques tels que les ONG. Trois programmes principaux, gérés par des organismes distincts et ayant des mandats complémentaires, constituent la pierre angulaire du réseau d'aires marines protégées du Canada. Les sections suivantes dressent le portrait des mandats desdites entités, soit Pêches et Océans Canada, Parcs Canada et Environnement Canada. (Canada, 2005; Canada, 2011)

2.2.1 Mandat de Pêches et Océans Canada

En vertu de la *Loi sur les océans*, le ministre des Pêches et des Océans, par le truchement de Pêches et Océans Canada, détient un rôle d'instigateur et de coordinateur dans le cadre de la gestion intégrée des écosystèmes estuariens, côtiers et marins, notamment dans l'instauration du réseau national d'aires marines protégées (B. Pilgrim, 2005; Office of the Auditor General of Canada, 2012; Canada. SCCS, 2012a; Canada, 2011). À ce titre, le Conseil canadien des ministres des Pêches et de l'Aquaculture a entériné le *Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada*, visant l'harmonisation des initiatives menées en matière d'établissement d'AMP. (Canada. SCCS, 2012a)

Le mandat de Pêches et Océans Canada est ainsi de contrôler les pêcheries au sein des AMP; de protéger les espèces de mammifères marins et de poissons, ainsi que leur habitat et ce, que lesdites espèces contribuent directement ou non à l'industrie halieutique. Le mandat de cet organisme fédéral comprend également l'établissement des mesures de protection des espèces marines à statut particulier; la préservation des habitats exceptionnels, ainsi que ceux étant le siège d'une forte biodiversité ou de processus écologiques importants; et la conservation de toutes autres ressources marines pertinentes à son mandat. (Office of the Auditor General of Canada, 2012; B. Pilgrim, 2005)

À cet effet, l'article 35, paragraphe 1, alinéas (a) à (e) de la *Loi sur les océans* octroie à Pêches et Océans Canada le pouvoir d'instaurer des AMP au sein du domaine maritime canadien (*Loi sur les océans*, L.C. 1996, c. 31.)

Les aires marines protégées établies en vertu de la *Loi sur les océans* par Pêches et Océans Canada sont désignées sous l'appellation de « zones de protection marines » (ZPM) et visent l'accomplissement des mandats du ministre tels qu'évoqués *supra*. Au sein de ces zones, aucune activité d'exploitation n'est systématiquement proscrite par la désignation elle-même, mais la gestion en est faite de manière individuelle selon la nature et l'ampleur des menaces sur l'écosystème et des besoins de conservation pour l'atteinte du mandat du ministre. (B. Pilgrim, 2005)

2.2.2 Mandat de Parcs Canada

Le mandat de l'agence Parcs Canada consiste en la protection d'exemples représentatifs de l'ensemble des écosystèmes maritimes canadiens et ayant, outre leur vocation de conservation écologique, une fonction de préservation et de mise en valeur de l'héritage culturel, de même qu'un rôle d'éducation auprès de la population touchant le patrimoine naturel du Canada. (Canada. Parcs Canada, 2011) Le rôle de Parcs Canada s'inscrit ainsi plus directement dans une perspective d'interaction socioculturelle avec la nature et promeut à ce titre la conservation d'écosystèmes représentatifs du patrimoine naturel et culturel du pays pour le bénéfice éducatif et récréatif de la population actuelle et future (Office of the Auditor General of Canada, 2012).

La sanction royale de la *Loi sur les aires marines nationales de conservation* est tombée en 2002, donnant à la désignation d'AMNC une valeur juridique qui accorde une plus grande souplesse aux usages menés sur un site ainsi désigné qu'au sein d'un parc national. En effet, sous la désignation d'AMNC, la pêche commerciale n'est pas automatiquement proscrite ou considérablement restreinte bien que, à l'inverse des zones marines protégées de Pêches et Océans Canada, la désignation d'un site sous l'appellation d'AMNC y prohibe toute activité d'extraction des ressources minérales et pétrolifères. (Dakubo, 2006; B. Pilgrim, 2005)

Au même titre que les zones marines protégées créées sous la juridiction de Pêches et Océans Canada, l'exploitation des ressources halieutiques au sein des AMNC y est donc gérée différemment selon les sites, pouvant aller de zones interdites aux pêcheries à des aires où seules certaines activités sont restreintes. (B. Pilgrim, 2005) L'approche de gestion au sein des AMNC est surtout orientée vers une utilisation durable des écosystèmes et une harmonisation des activités humaines avec l'environnement. Toutefois, la désignation d'un site en tant qu'AMNC implique impérativement, la conservation intégrale d'un cœur de protection, ainsi que des sites d'importance écologique exceptionnelle. (B. Pilgrim, 2005)

2.2.3 Mandat d'Environnement Canada

Le mandat d'Environnement Canada consiste en la protection de la biodiversité – notamment de l'habitat des espèces en péril –, de même que la conservation de l'habitat des oiseaux migrateurs, par le biais de

la création de réserves marines de faune (Office of the Auditor General of Canada, 2012; Canada, 2005). Le mandat d'Environnement Canada comporte une vocation de protection, d'avancée des connaissances scientifiques des écosystèmes et de sensibilisation du public à la conservation de la nature. Il s'inscrit dans le cadre de la *Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs*, ainsi que de la *Loi sur les espèces en péril*, cette dernière visant le maintien et le rétablissement des espèces vulnérables, menacées ou susceptibles d'être désignées en raison des activités humaines. (Canada. Environnement Canada, 2011)

Outre la complexité et le dynamisme des écosystèmes marins, l'harmonisation des initiatives dans le domaine de la conservation des océans est sujette à certaines traverses d'ordre institutionnel qu'il lui faut surmonter. La nature plurielle des intérêts découlant de la gestion des océans, de même que le partage des compétences en matière d'aires marines protégées entre des entités gouvernementales ayant chacune leur mandat propre peut être la source d'un manque de synergie entre les actions entreprises.

Dans ce contexte, la *Stratégie fédérale sur les aires marines protégées* se veut un outil de communication et de collaboration entre les organismes et agences gouvernementaux engagés dans la conservation des océans. (Canada, 2005)

2.2.4 Souveraineté du Canada au chapitre de la conservation du domaine maritime

L'étendue de la juridiction souveraine du Canada sur la gestion du domaine maritime est assujettie aux normes du droit international telles que définies par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982 (CNUDM), laquelle a été ratifiée par le Canada en 2003. En règle générale, les droits exclusifs que peuvent exercer les États sur leur domaine maritime s'atténuent en raison directe de l'éloignement du littoral. (Canada. Pêches et Océans Canada, 2014a)

Les arrêts de la CNUDM caractérisent six espaces maritimes distincts, soit les eaux intérieures, la mer territoriale, la zone contiguë, la zone économique exclusive (ZEE), le plateau continental et la haute mer. En vertu du droit international, la limite de l'étendue de ces zones utilise pour référence la courbe cotidale de basse marée, telle que dessinée par la topographie des côtes, des îles et des hauts-fonds affleurants. (Canada. Pêches et Océans Canada, 2014a)

La CNUDM reconnaît aux États côtiers la pleine souveraineté sur ses eaux intérieures, soit l'ensemble des réseaux hydrographiques sis du côté continental de la courbe cotidale de basse marée. Cela inclut ainsi les écosystèmes lenticques et lotiques, ainsi que certaines baies et certains estuaires. (Canada, 2011)

La mer territoriale est la zone s'étendant de la ligne de référence jusqu'à une distance de 12 milles marins et l'État y bénéficie sensiblement des mêmes droits qu'en territoire continental, abstraction faite du droit de passage inoffensif dont peuvent se prévaloir les autres pays. Située entre 12 et 24 milles marins de la courbe cotidale de référence, la zone contiguë représente une aire de transition au sein de laquelle le pouvoir exécutif du pays demeure intact en matière de législation douanière, d'immigration, de droit fiscal, etc. (Canada. Pêches et Océans Canada, 2014a; Canada, 2011)

En ce qui a trait à la zone économique exclusive, l'État y conserve la souveraineté en matière de l'exploration, de la gestion – et donc de la conservation des océans –, ainsi que de l'exploitation des ressources naturelles. La navigation et le survol de ces zones constituent les principales libertés additionnelles dont jouissent les autres États dans les limites de cette zone qui s'étend de 12 à 200 milles marins de la ligne cotidale de référence. À ce chapitre, la CNUDM reconnaît au Canada, en vertu de la « clause de l'Arctique » les pleins pouvoirs en matière de prévention et de contrôle de la pollution marine par les navires dans la ZEE canadienne arctique.

Finalement, la haute mer s'étend au-delà des limites de la ZEE ou du rebord du plateau continental, selon la plus grande distance. En tant que zone internationale des fonds marins, nul État ne peut y revendiquer de droits souverains ou y exercer quelque pouvoir exécutif hors du cadre d'action de l'Autorité internationale des fonds marins. (Canada. Pêches et Océans Canada, 2014a; Canada, 2011)

2.2.5 Cadre législatif de la conservation des océans au Canada

La promulgation de la *Loi sur les océans* en 1997 a constitué l'assise de la mise en œuvre d'une stratégie nationale de gestion des océans (B. Pilgrim, 2005). Les trois principes fondamentaux dont s'inspirent ses dispositions, énumérés à l'article 30 de la loi, sont : le développement durable profitant aux générations présentes et futures, une gouvernance intégrée reconnaissant la multidimensionnalité culturelle, environnementale et socioéconomique de la gestion des océans, ainsi que le principe de précaution, en vertu duquel l'État se doit d'agir de manière proactive dans la conservation des océans lors même que les connaissances scientifiques demeurent lacunaires dans un domaine donné. (*Loi sur les océans*, L.C. 1996, c. 31.)

Ayant jeté les bases légales de la gestion intégrée des océans canadiens, la *Loi sur les océans* définit juridiquement l'étendue du domaine maritime canadien et favorise la coordination des acteurs impliqués dans la protection des océans. Le *Plan d'action du Canada pour les océans*, publié en 2005, s'inscrit dans une optique de continuation du propos initial de la *Loi sur les océans* et soutient l'harmonisation des dispositions légales touchant la gestion des océans. (Canada. Pêches et Océans Canada, 2014b)

En effet, il s'ensuit de la multidimensionnalité inhérente à la gestion des océans que les acteurs engagés dans la conservation du domaine maritime canadien doivent composer avec un cadre réglementaire complexe (Dakubo, 2006). Les lois fédérales directement applicables au domaine des AMP comportent ainsi, outre la *Loi sur les océans*, la *Loi sur les pêches*, la *Loi sur les aires marines nationales de conservation du Canada*, la *Loi sur les parcs nationaux du Canada*, la *Loi sur les espèces sauvages au Canada*, la *Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs*, la *Loi sur les espèces en péril*, ainsi que la *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada*. À cet éventail juridique fédéral s'ajoutent les lois sur les parcs, sur les espèces à statut particulier, sur les réserves écologiques et sur la conservation de la faune, lesquelles trouvent à quelques exceptions près leur équivalent dans chacun des territoires et provinces canadiens. (Canada, 2011)

Dans un tel contexte pluridimensionnel, un nombre appréciable d'acteurs sont impliqués à un degré variable dans la gestion des AMP. En ne considérant que les entités fédérales et abstraction faite des trois principaux ouvriers de la mise en œuvre du réseau national d'AMP que sont Parcs Canada, Pêches et Océans Canada et Environnement Canada, les organes ministériels impliqués comptent parmi leurs rangs :

- Transport Canada, ayant un rôle dans le contrôle de la navigation et de la pollution engendrée par celle-ci;
- Ressources naturelles Canada, qui contribue au processus d'établissement du réseau d'AMP par son expertise en géologie marine et dans la gestion des ressources naturelles, de même qu'en vertu du pouvoir législatif qui lui incombe dans la gestion des ressources non renouvelables des côtes est et ouest, du Golfe du Saint-Laurent et de la Baie d'Hudson;
- le ministère des Affaires autochtones et du Développement du Nord Canada, ayant juridiction sur les ressources non renouvelables de l'Arctique et étant le dépositaire de l'autorité en matière des droits autochtones;
- le ministère des Affaires étrangères Canada, dont la compétence sur les eaux frontalières s'applique non seulement aux litiges internationaux en matière de souveraineté du territoire maritime, mais également aux frontières maritimes canado-étasuniennes, dont l'importance pourrait s'avérer touchant la formation d'un réseau d'AMP transfrontalier. (Canada, 2005)

Le cadre législatif complexe qui caractérise la gestion des océans révèle les défis que doivent relever les trois principaux acteurs que sont Parcs Canada, Pêches et Océans Canada et Environnement Canada dans l'édification d'un réseau national d'AMP. Chacun doit marier les intérêts divergents d'un nombre substantiel de parties prenantes, composer avec l'attribution fluctuante des enveloppes budgétaires et évoluer dans un cadre législatif pluriel afin de répondre au mandat qui leur est confié.

2.3 Réseau canadien existant d'aires marines protégées

Tant en vertu de ses engagements nationaux qu'internationaux, le Canada est tenu d'assurer la protection des écosystèmes de son domaine maritime dans une perspective de perpétuation du patrimoine naturel au bénéfice des générations présentes et futures (Canada. Pêches et Océans Canada, 2014c).

À ce chapitre, les principes directeurs qui sous-tendent l'établissement du réseau national d'AMP sont :

- l'intégration du réseau national d'AMP dans un ensemble d'autres mesures cohérentes et synergiques de gestion des océans;
- le respect des compétences gouvernementales des paliers décisionnels existants, des droits ancestraux reconnus par les traités préexistants, ainsi que des activités d'exploitation halieutiques pratiquées conformément aux dispositions législatives en vigueur;
- la transparence et l'ouverture des processus engagés;
- la reconnaissance de l'importance des impacts socioéconomiques de l'instauration du réseau d'AMP lors de son élaboration, ce malgré la préséance accordée aux considérations écologiques dans le processus décisionnel;
- l'adéquation entre les mesures mises en œuvre et l'atteinte des objectifs fixés;
- La gestion exemplaire du réseau d'AMP, notamment par la conformité de toutes les étapes du processus d'élaboration du réseau avec les *Principes et lignes directrices pour une utilisation efficace des avis relatifs aux sciences et à la technologie dans le processus décisionnel du gouvernement*. (Canada, 2011; Canada. SCCS, 2009a)

Les objectifs du réseau d'AMP tels qu'énoncés dans le *Cadre national pour le réseau canadien d'aires marines protégées* comportent une finalité principale, à laquelle sont assujettis deux autres objectifs, l'atteinte de ces derniers ne sachant ainsi être réalisée au détriment de l'accomplissement de la première.

Il s'agit respectivement de la protection à perpétuité des écosystèmes marins et de leurs caractéristiques naturelles; de la gestion durable des ressources marines vivantes, de leur habitat, ainsi que des services écosystémiques qu'elles génèrent pour la communauté; ainsi que de l'éducation et de la sensibilisation du public touchant l'environnement marin et le patrimoine socioculturel qu'il constitue. (Canada. SCCS, 2012a; Canada, 2011)

La superficie totale des AMP canadiennes s'étend sur quelque 55 000 kilomètres carrés, soit 1 % du domaine maritime canadien ou approchant. (Canada, 2010; Canada. Environment Canada, 2014a) Cela apparaît peu en regard des quelque 10 % du territoire terrestre protégé (Canada. Environment Canada, 2014b) ou *a fortiori*, des objectifs de protection de 10 % du territoire marin antérieurement au terme de

l'an 2020, tels que fixés par la CBD, dont le Canada est signataire (Canada. Environment Canada, 2014a).

Au demeurant, le Canada se situait, en 2007, au 70^e parmi 228 pays en ce qui a trait à l'instauration d'AMP. (Canada, 2010) Néanmoins, la superficie totale des aires marines protégées canadiennes a presque triplé depuis 1990, passant de 18 491 km² en 1990 à 51 835 km² en 2013 (Canada. Environment Canada, 2014b) Or, cela n'est pas négligeable eu égard à l'ampleur et au temps requis pour compléter le processus d'instauration d'une AMP. Il convient toutefois d'indiquer que l'ensemble des aires marines protégées préexistantes à l'instauration du réseau national d'AMP ne satisfait pas nécessairement aux critères dont le respect est requis pour l'intégration officielle d'un site au réseau. (Canada, 2011)

Les trois entités fédérales jouant un rôle pivot dans la réalisation du réseau national d'AMP gèrent au total quelque 42 000 km² d'AMP. La gestion de 11 636 km² du domaine maritime canadien est ainsi tributaire de l'agence Parcs Canada, tandis qu'une superficie de 10 407 km² est sous la gouvernance de Pêches et Océans Canada et qu'Environnement Canada est responsable de 19 589 km² d'AMP. La différence échoit aux provinces, fait l'objet de cogestion ou est gérée, en vertu d'accords de gouvernance, par des ONG. (Canada. Environment Canada, 2014b)

Parcs Canada et Pêches et Océans Canada, les deux principaux acteurs dans l'instauration du réseau national d'AMP, ont jusqu'à ce jour établi onze AMP fédérales dans le cadre du réseau, sous les désignations respectives d'aires marines nationales de conservation et de zones de protection marine (Office of the Auditor General of Canada, 2012; Canada. Parks Canada, 2014).

Les ZPM désignées par Pêches et Océans Canada sont : le champ hydrothermal Endeavour, le mont sous-marin Bowie, l'estuaire de la Musquash, Basin Head, le Gully, la baie Gilbert, Eastport et Tarium Niryutait. S'agissant des sites d'intérêt identifiés par Pêches et Océans Canada, ils sont Race Rocks, l'estuaire de Saint-Laurent, les récifs d'éponges siliceuses des détroits d'Hécate et de la Reine-Charlotte, le chenal Laurentien, le banc de Sainte-Anne, la vallée de Shediac, le banc des Américains et Anguniaqvia Niquiyuam, lesquels sont majoritairement situés dans l'est du Canada (Canada. Pêches et Océans Canada, 2014d; Office of the Auditor General of Canada, 2012)

Pour ce qui est des AMNC, Parcs Canada a désigné le parc marin du Saguenay-St-Laurent, Gwaii Haanas, le parc marin national Fathom Five, et l'AMNC du Lac-Supérieur. Les projets d'AMNC identifiés par Parcs Canada se situent dans le détroit de Georgia Sud, dans les Îles de la Madeleine et dans le détroit de Lancaster. (Office of the Auditor General of Canada, 2012; Canada. Parks Canada, 2014)

En termes plus qualitatifs, les caractéristiques de gestion des AMP canadiennes sont telles que plus de 55 % de la superficie totale des sites protégés appartiennent aux catégories Ia, Ib ou II de la classification

internationale de l’UICN des AMP, tandis que quelque 25 % sont gérées selon les critères des catégories V ou VI, plus permissives en matière d’activités anthropiques permises au sein des zones protégées.

La présentation succincte du portrait des provinces et territoires du Canada révèle que près de l’entièreté des AMP de la Colombie-Britannique sont classées dans les catégories I à IV, que la vaste majorité, sinon la totalité des AMP du Manitoba, des Territoires du Nord-Ouest, du Yukon, de la Nouvelle-Écosse et du Nunavut sont de classes I ou II. (Canada, 2010)

À l’inverse, le Nouveau-Brunswick, Terre-Neuve et Labrador, l’Ontario et l’Île-du-Prince-Édouard comportent une minorité d’aires marines vouées à la protection intégrale, tandis que les aires marines québécoises sont partagées également entre les aires d’exploitation durable des ressources et les zones de conservation vouées à la préservation de l’état naturel inaltéré des écosystèmes. (Canada, 2010) La figure 2.2 dresse le portrait d’appartenance des aires marines protégées du Canada aux différentes catégories de l’UICN.

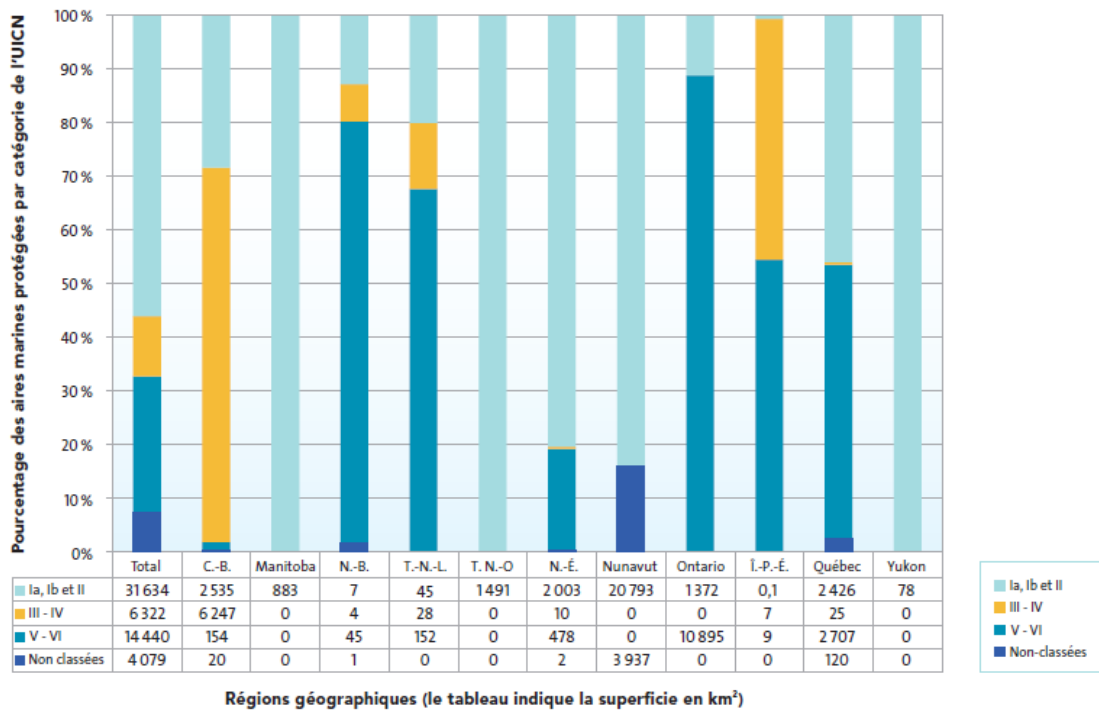


Figure 2.2 Portrait géographique du pourcentage des aires marines protégées du Canada par catégorie de l’UICN (Tiré de: Canada, 2010, p.8)

Au point de vue du niveau de complétude du réseau national d’AMP canadien, un regard rétrospectif sur l’accomplissement des mandats propres aux acteurs de la gouvernance des AMP se doit d’être complété par deux jalons susceptibles d’orienter les actions futures, soit le degré d’atteinte des objectifs du réseau

en tant qu'entité unifiée et le respect des engagements nationaux et internationaux du Canada (Canada. SCCS, 2009a).

2.4 Engagements du Canada pour la protection des océans

Depuis la publication en 1970 par Parcs Canada du *Plan de réseau national de parcs marins* – le premier internationalement –, puis l'adoption en 1986 par Parcs Canada de la *Politique Nationale des Parcs Marins* (Canada, Parks Canada, 2013), le Canada s'est engagé tant au niveau national qu'international à protéger l'intégrité de son domaine maritime.

À ce titre, le Canada a ratifié en 1992 la Convention sur la Diversité Biologique des Nations-Unies (Environment Canada, 2011), tandis que la *Loi sur les océans* prenait vigueur en 1997 – tel qu'énoncé dans les sections précédentes du présent chapitre – et engageait le Canada à établir un réseau national d'aires marines protégées (Office of the Auditor General of Canada, 2012; Canada. SCCS, 2009a).

À l'avenant, la *Loi sur les aires marines nationales de conservation* a été sanctionnée en 2002, la même année que la publication de la *Stratégie sur les océans du Canada* et que l'engagement souscrit par le Canada, lors du Sommet mondial sur le développement durable, selon lequel il devait établir un réseau représentatif exhaustif d'AMP avant le terme de 2012 (Canada, 2011; Canada, 2010; Office of the Auditor General of Canada, 2012) Cet engagement a par ailleurs été réitéré en 2004 dans le cadre du Programme de travail sur les aires protégées de la Convention des Nations-Unies (Canada, 2010; Office of the Auditor General of Canada, 2012)

L'année 2005 a également été importante dans le domaine de la gestion des océans, puisqu'elle a vu la publication du *Plan d'action du Canada pour les océans*, ainsi que la formation d'un partenariat tripartite entre les États-Unis, le Mexique et le Canada comportant un engagement d'intendance environnementale conjointe, notamment dans le domaine de la gestion intégrée des océans (Canada, 2005; Canada, 2011).

Un nouvel engagement a été contracté dans le contexte de la Conférence des Parties tenue en 2010 et dans le cadre de laquelle les pays signataires s'engageaient collectivement à protéger 10 % des aires côtières et marines avant le terme de l'année 2020 (Canada, 2011). La *Stratégie fédérale de développement durable* parue en 2010 et révisée en 2013 comportait également des cibles pour le réseau d'AMP national, tandis que le Canada s'est engagé, dans le cadre de la Conférence sur le développement durable des Nations-Unies de 2012 à protéger et à restaurer l'intégrité et la résilience de ses écosystèmes marins (Office of the Auditor General of Canada, 2012).

Cette section présente une liste non exhaustive des engagements pris par le Canada en matière de conservation des océans. Celle-ci met cependant en lumière la réitération fréquente de ces engagements par le gouvernement fédéral auprès de sa population et de la communauté internationale.

2.5 Enjeux propres au Canada

La présente section décrit certains des enjeux propres à la réalité canadienne et avec lesquels doivent composer les instances décisionnelles et exécutives en matière de conservation des écosystèmes océaniques.

2.5.1 Survol du rôle économique de la zone néritique canadienne

Les nombreuses facettes de l'industrie marine constituent un secteur important et croissant de l'économie du Canada. Leur importance économique commune se reflète notamment par les nombreux emplois qu'elles génèrent, soit 329 000 emplois en 2008, ce qui représente deux fois plus d'emplois qu'en 2000. (Canada. Pêches et Océans Canada, 2014e)

Dans le même ordre d'idée, les données présentées en 2012 dans le *Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development* révèlent que les pêcheries contribuaient en 2006 pour 3,3 milliards de dollars au PIB à elles seules. Le même rapport souligne qu'en 2011, les industries du crabe et du homard généraient 1,6 milliard de dollars en exportation, alors que l'industrie touristique a injecté en 2006 quelque 4,3 milliards de dollars dans l'économie canadienne. (Office of the Auditor General of Canada, 2012).

Pêches et Océans Canada estime que l'industrie du transport maritime représente 100 milliards de dollars, qu'en 2008 l'industrie halieutique a généré une valeur de 360 millions de dollars en espèces ichtyologiques et de 1,4 milliard de dollars en mollusques et en crustacés, tandis que l'aquaculture a généré quelque 840 millions de dollars en 2011.

Les multiples facettes de l'industrie maritime entraînent l'existence de nombreuses parties prenantes susceptibles d'encourir des préjudices réels ou perçus à la suite de l'instauration d'une AMP. Ces parties prenantes comportent notamment les associations de marine marchande, les associations des pêcheries, les entreprises du secteur de l'énergie, les exploitants miniers, mais également les communautés côtières, les entreprises touristiques inconciliables avec les objectifs de conservation des AMP (particulièrement les AMP de classe Ia et Ib), ainsi que les agriculteurs dont les pratiques pourraient être assujetties à des normes plus sévères en matière d'effluents agricoles. (Canada. Pêches et Océans Canada, 2013)

Or, les groupes directement concernés par les mesures de gestion des océans présentent des intérêts parfois difficilement conciliables avec les objectifs de conservation. Cela revêt une ampleur d'autant plus importante pour les communautés dont le mode de vie encourt des changements obligés, voire pour les économies côtières de subsistance dont la qualité de vie est largement tributaire du lien intime qui les unit aux océans.

2.5.2 Droits ancestraux

Sans égard au pays dans lequel elles œuvrent, les entités impliquées dans l'instauration d'un réseau d'aires marines protégées doivent composer avec un éventail d'intérêts émanant des diverses parties prenantes existantes. Toutefois, la situation canadienne est particulière en raison des droits autochtones ancestraux et des traités historiques signés par le Canada à cet effet.

Le Canada compte en effet 50 Nations ou groupes culturels distincts répartis en 617 collectivités de Premières Nations et représentant 1,4 million d'autochtones. Dans ce contexte, Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (AADNC) a pour rôle la négociation d'accords de revendications territoriales et l'harmonisation des initiatives gouvernementales avec les droits ancestraux (Canada. Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (AADNC), 2013a)

Des traités historiques et des lois encadrent la situation légale des Premières Nations au sein du Canada. Les traités de Swegatchy et le traité Huron-britannique, tous deux conclus en 1760, garantissent ainsi respectivement des droits de chasse et de pêche, ainsi que la protection du territoire traditionnel algonquin, et le maintien des pratiques traditionnelles huronnes (AADNC, 2013b).

Les *Traités de paix et d'amitié* ont quant à eux été signés avec les nations malécite et micmaque entre 1752 et 1761 (AADNC, 2013c). Dans le même ordre d'idée, les *Traités Robinson* et les *Traités Douglas* (1850-1854) déclarent le maintien des droits de chasse et de pêche respectivement dans la région des lacs Supérieur et Huron, et dans celle de l'île de Vancouver (AADNC, 2013d), alors que les *Traités numérotés* signés de 1871 à 1921 étaient porteurs de promesses similaires pour une vaste région s'étendant du lac des Bois aux montagnes Rocheuses et à la mer de Beaufort (AADNC, 2013e).

À ces traités antérieurs à 1975 s'ajoutent les lois et règlements en vigueur au Canada, ainsi que le *Gwich'in Comprehensive Land Claim Agreement* de 1992, le *Sahtu Dene and Metis Comprehensive Land Claim Agreement* de 1993 et le *Yukon First Nations Umbrella Final Agreement* de 1993 (Berkes et autres, 2001).

Le peuple inuit compte à lui seul 53 collectivités et 45 000 d'individus tant au Nunatsiavut (Labrador) qu'au Nunavik (Québec), au Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest (D. Ford autres, 2010). Étant

données la vaste étendue et la faible densité populationnelle des territoires arctiques et subarctiques, les régions inuites couvrent le tiers du territoire terrestre canadien. (AADNC, 2013a) Ces quatre nations autochtones ont signé avec la Couronne des accords de revendication territoriale, résultant en l'adoption de la *Loi concernant l'Accord sur les revendications territoriales du Nunavut* en 1993, l'*Inuvialuit Final Agreement* dans les Territoires du Nord-Ouest en 1984, le *James Bay and Northern Quebec Agreement* en 1995 et le *Nunatsiavut Agreement* en 2005 à Terre-Neuve et Labrador. (D. Ford autres, 2010)

En outre de ces considérations légales, le rôle essentiel que joue l'océan pour nombre de communautés des Premières Nations rend incontournables la consultation et l'implication des Premières Nations dans l'instauration du réseau national d'AMP. (L. Mallory et autres, 2006) Étant donné le rôle majeur de l'océan glacé et de la zone néritique sur le mode de vie traditionnel inuit, tant pour la chasse, la pêche et le transport que pour les éléments socioculturels, et compte tenu de la vulnérabilité importante de ce milieu de vie aux changements climatiques, l'implication des communautés inuites dans les processus décisionnels de protection des océans apparaît essentielle à la gestion adéquate du domaine arctique canadien (Eicken et autres, 2009). Dans le domaine des AMP, les mécanismes de cogestion et l'adoption d'une approche participative avec les Premières Nations constituent un atout, notamment grâce à la complémentarité d'échelle des connaissances traditionnelles locales et des données scientifiques existantes généralement d'échelle régionale, et ce, tout en assurant le respect des droits des communautés autochtones. (Berkes et autres, 2001)

2.5.3 Autres enjeux

Tel qu'énoncé dans les sections précédentes du présent chapitre, d'autres enjeux résultent de la réalité politique, organisationnelle, géographique et socioéconomique du Canada. Ceux-ci comprennent notamment la multiplicité des acteurs impliqués dans le processus d'instauration du réseau national d'AMP, ainsi que la pluralité des parties prenantes concernées.

L'hétérogénéité spatiale des écosystèmes maritimes canadiens, étant donnée leur répartition sur une vaste étendue et dans trois océans aux propriétés biogéochimiques et biophysiques distinctes, constitue également une caractéristique importante dans la planification et l'étude du réseau national d'AMP canadien.

À la lumière de l'étude du portrait de la conservation du domaine maritime canadien, l'on constate le caractère pluridimensionnel du cadre dans lequel doivent s'inscrire les mesures de protection des océans mises en œuvre par les différents acteurs concernés par l'instauration du réseau national d'AMP. La considération de l'ensemble des facettes de la réalité politique, législative, biogéochimique et socioéconomique du Canada constitue un facteur essentiel à l'optimisation de la gestion intégrée des océans.

3. EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES ÉCOSYSTÈMES OCÉANIQUES

En accord avec le postulat consensuel au sein de la communauté scientifique selon lequel les climats de hautes latitudes sont plus prompts à subir les effets du réchauffement atmosphérique mondial, les observations et les modélisations climatiques révèlent que le Canada est particulièrement sujet aux variations thermiques liées aux changements globaux. En effet, du fait de sa situation géoclimatique, le Canada est parmi les pays étant appelés à subir le plus important réchauffement climatique dans le prochain siècle, à l'instar des autres régions polaires, subarctiques ou tempérées de latitudes élevées. (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

S'il va de soi que les changements climatiques affectent dissemblablement chaque biome terrestre du Canada, le contraste est encore plus marqué entre les effets observés au sein de l'environnement marin et au cœur des milieux terrestres. Ainsi, une disconvenance certaine existe entre les mesures de conservation élaborées pour la protection des écosystèmes terrestres et les caractéristiques propres aux biotopes marins. En dépit que les principes fondamentaux de la conservation terrestre se conjuguent harmonieusement avec la protection de l'environnement marin, les propriétés physico-chimiques de ce dernier en font un milieu affecté d'une manière qui lui est propre par les changements climatiques.

À titre d'exemple, la viscosité et la densité de l'eau étant considérablement plus importantes que celles de l'air, la plupart des producteurs primaires évoluent dans le support fluide tridimensionnel que constitue l'eau alors que sur la masse continentale, la vaste majorité de la biomasse primaire est liée au substrat terrestre. Dans un même ordre d'idée, les propriétés différentes du fluide aqueux par rapport à l'air permettent au necton de modifier les conditions de son environnement par la migration verticale, phénomène qui est essentiellement soumis à la géomorphologie dans l'environnement terrestre. De telles considérations sont importantes dans la prédiction de la réponse des écosystèmes aquatiques aux changements climatiques et, *a fortiori*, dans la détermination des mécanismes de conservation les plus susceptibles d'être en convergence avec l'évolution des communautés biologiques en réaction aux perturbations de leur habitat.

Le présent chapitre décrit les effets des changements climatiques sur le milieu marin, ainsi que leurs implications sur les écosystèmes, tant en fonction des facteurs abiotiques que sur le plan des interactions intraspécifiques et interspécifiques qui en sont tributaires. En adéquation avec les objectifs précités de l'essai, une attention particulière a été donnée à la réalité biogéographique canadienne, puisque les caractéristiques océanographiques du pays engendrent une certaine hétérogénéité régionale en regard des tendances observées à l'échelle globale.

3.1 Modification des cycles atmosphérique

En dépit que la communauté scientifique présente des avis partagés touchant la nature exacte de l'effet pluriel des changements climatiques sur les cycles atmosphériques, il est généralement reconnu que les régimes des vents et des précipitations se réorienteront vers un nouvel équilibre en réponse au réchauffement planétaire. (Craig, 2012a) Les observations révèlent ainsi une augmentation des précipitations dans la zone arctique au cours du vingtième siècle, ainsi qu'une tendance appelée à se maintenir, voire à s'amplifier durant le vingt et unième siècle (Mcguire et autres, 2009; Hartmann et autres, 2013).

À l'échelle nord-américaine, les modélisations indiquent que les régions de latitudes moyennes à élevées sont les plus susceptibles d'être touchées par une augmentation des précipitations et, bien que les patrons de variation diffèrent selon les caractéristiques géoclimatiques de chaque région, les projections prédisent une augmentation globale des précipitations au Canada. (Hutchings et autres, 2012)

Les données d'Environnement Canada révèlent que les précipitations nationales annuelles présentent une tendance marquée, les précipitations annuelles étant, depuis 1970, presque systématiquement supérieures à la moyenne de 1961 à 1990. En effet, seulement cinq des 45 dernières années ont été caractérisées par des précipitations inférieures à la moyenne. En outre, la courbe de la moyenne mobile sur 9 ans subit une hausse de près de 20 % des précipitations entre 1948 et 2008 en regard d'un seuil de référence établi à l'année 1970. (Canada. Environnement Canada, 2013)

Présentée à la figure 3.1, l'application du modèle de scénario d'ensemble du Réseau canadien des scénarios de changements climatiques pour un scénario de type A1B¹ prédit, d'ici 2080, une augmentation des précipitations de 5 à 20 % au sud du 65^e parallèle nord – à l'exception de la région de la baie d'Hudson pour laquelle une hausse de 20 à 25 % est prévue –, ainsi qu'une augmentation de 20 à 35 % des précipitations au nord du 65^e parallèle par rapport à la moyenne de 1971-2000. (Canada. Données et scénarios climatiques canadiens (DSCC), 2014)

¹ Le scénario A1B représente un scénario de continuité avec le développement actuel, soit un maintien de la mondialisation, une croissance de la population jusqu'à une démographie de 9 milliards d'humains à la moitié du vingt et unième siècle, et un développement économique soutenu balancé entre les énergies fossiles et non fossiles. (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014a)

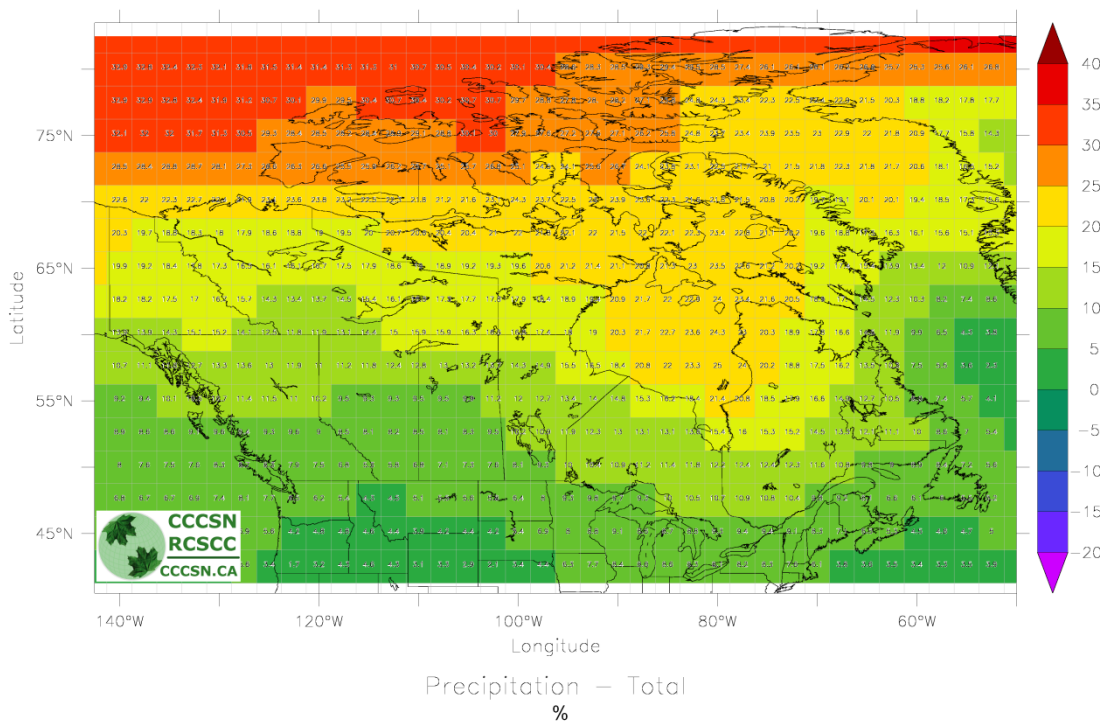


Figure 3.1 Modélisation des précipitations annuelles canadiennes pour la période 2071-2100 au respect de la moyenne de 1971-2100 (Tiré de: Canada. DSCC, 2014)

Il s'ensuivra de l'augmentation des précipitations continentales un accroissement du ruissellement et de l'apport fluvial d'eaux douces à la zone néritique canadienne. Or, un tel phénomène est susceptible d'avoir des impacts significatifs sur les écosystèmes du littoral. Ceux-ci comportent notamment l'augmentation de la turbidité de l'eau et du taux de matières organiques en suspension – en raison du transport des alluvions fluviaux et de l'érosion accrue du pergélisol –, mais également l'accentuation de la stratification verticale de la colonne d'eau. (Okey et autres, 2014)

Dans l'Arctique canadien, la hausse du débit fluvial annuel prévue d'ici 2050 pourrait représenter 20 à 30 % du seuil de référence de 1961 à 1990 pour le fleuve Yukon et entre 12 et 20 % du même seuil pour le fleuve Mackenzie (D. Prowse et autres, 2009), sachant que ce dernier constitue la principale source nord-américaine d'eau douce fluviale dans l'Arctique, soit quelque 280 km³ d'eau par année (Hutchings et autres, 2012). De manière globale, le ruissellement pluvial et nival dans l'océan Arctique est appelé à augmenter de 10 à 20 % par rapport à la moyenne de 1961-1990, l'accroissement du ruissellement étant notamment marquée en hiver (de 50 à 80 %) en raison de la fonte hâtive des neiges et de la hausse des précipitations pluviales hivernales. (D. Prowse et autres, 2009)

Outre les perturbations du cycle hydrique canadien, les changements climatiques influencent les régimes de vents, lesquels influent à leur tour sur les phénomènes de plongée des eaux de surface et de

remontée (upwelling) des eaux profondes. Ces variations éoliennes pourraient avoir des conséquences importantes, notamment dans le littoral pacifique du Canada. En effet, un phénomène important de remontée estivale induite par les vents est observé sur la côte de la Colombie-Britannique et les vents favorisant ce phénomène devraient gagner en vitesse de 5 à 10 % durant le 21^e siècle. (Merryfield et autres, 2009) Le cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) corrobore par ailleurs cette tendance, décelant une augmentation de la force des vents en hautes latitudes, notamment dans le Canada arctique, depuis la deuxième moitié du vingtième siècle. Le GIEC émet toutefois des réserves quant à la certitude des tendances observées touchant l'évolution de la vitesse des vents en réponse aux changements climatiques. (Hartmann et autres, 2013)

À ce titre, la formation au début du vingt et unième siècle d'une zone morte de biodiversité sur la côte ouest de l'Amérique du Nord serait en partie attribuable aux changements du régime des vents et à l'influence de ces derniers sur les courants océaniques. (Craig, 2012a) En effet, les changements des régimes éoliens sont susceptibles d'augmenter l'incidence de conditions hypoxiques dans la colonne d'eau en raison de leur influence sur les phénomènes de plongée et de remontée des eaux (Bijma et autres, 2013)

3.2 Circulation thermohaline et stratification verticale de la colonne d'eau

Sous l'effet conjugué du réchauffement climatique et des modifications prédites des régimes atmosphériques, en particulier dans les régions de hautes latitudes, le milieu marin subit deux phénomènes stabilisateurs favorisant la stratification de la colonne d'eau. En effet, l'action combinée de la faible salinité et de la température relative élevée des masses d'eau supérieures affecte la physique des fluides aqueux en renforçant la pycnocline, atténuant ainsi la convection entre les couches d'eau de surface et de fonds. (Bijma et autres, 2013)

La circulation thermohaline globale est tributaire de la plongée des eaux de l'Atlantique septentrional, ce phénomène procédant lui-même des propriétés physicochimiques de l'eau de mer, dont la densité augmente de façon inversement proportionnelle à la température et en raison directe de sa salinité. La formation d'eaux profondes est ainsi la résultante du refroidissement des eaux de surface par échange thermique avec l'atmosphère en hautes latitudes. Un autre phénomène contribuant à la convection profonde est la salinisation des masses d'eau par le rejet de saumures lors de la formation des glaces. (Van Meerbeeck et autres, 2010)

Or, le modèle climatique couplé actuel (Canada. Environnement Canada, 2014) de quatrième génération (MCCG4/MCCCan4) du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique (CCmaC) prédit un léger ralentissement de la circulation thermohaline au cours du 21^e siècle, celui-ci étant attribuable à l'affaiblissement de la plongée des eaux dans la mer du Labrador (Hutchings et autres, 2012). Ce constat

est corroboré par les prédictions du GIEC, lesquelles prédisent un ralentissement de la circulation thermohaline globale durant le prochain siècle, quoiqu'il soit délicat d'en prédire l'envergure à la lumière des connaissances actuelles (Kirtman et autres, 2013).

À une moindre échelle que celle de la circulation thermohaline mondiale, l'incidence de la stratification verticale de la colonne d'eau sur les écosystèmes revêt une ampleur considérable. Le phénomène a notamment pour effet de prévenir le brassage des couches d'eau inférieures abondantes en nutriments avec les eaux de la zone euphotique propice à la photosynthèse. (Pinsky et autres, 2013), engendrant ainsi des impacts significatifs sur les niveaux trophiques inférieurs et, par cascade, un apport moindre de nutriments aux niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire. (Wassmann et autres, 2011; Moline et autres, 2008).

Les nutriments de la couche euphotique étant promptement consommés par les producteurs primaires et la zone aphotique étant riche en nutriment de façon stable en raison des conditions de croissance limitatives pour les organismes photosynthétiques, une diminution du brassage entre les masses d'eau entraîne un amenuisement du renouvellement des nutriments dans la zone euphotique. (Hutchings et autres, 2012; Steinacher et autres, 2010)

En outre, la stratification verticale de la colonne d'eau diminue la diffusion de l'oxygène dissout des masses d'eau de surface aux couches inférieures (Keeling et autres, 2010; Bijma et autres, 2013), engendrant des conséquences sur la faune et la flore dont il sera question dans la section suivante. En effet, si la désoxygénation des couches inférieures de la colonne d'eau est attribuable à la stratification verticale et que l'hypoxie des couches marines supérieures procède d'autres facteurs tels que l'eutrophisation, les conséquences d'une diminution de l'oxygène dissout sur les organismes marins demeurent les mêmes et seront détaillées dans la section 3.3.

3.3 Eutrophisation de la zone néritique et hypoxie de la colonne d'eau

La tendance à l'eutrophisation de la zone néritique paraît contradictoire avec les effets précités de la stratification verticale de la colonne d'eau, aussi est-il important de préciser que ces deux phénomènes se manifestent de façon dissemblable selon le milieu observé. En effet, l'accentuation de la stratification de la colonne d'eau affecte l'oxygène dissout dans les couches d'eaux inférieures, mais présente un moindre impact sur le littoral, ce en raison de l'effet antagoniste qu'ont sur la stratification verticale les phénomènes de remontée (upwelling) et de plongée (downwelling) dus à la topographie de la zone côtière. À l'inverse, l'eutrophisation – soit l'enrichissement en nutriments des masses d'eau – se manifeste principalement dans la zone néritique et affecte tant les eaux de surface que les couches inférieures de la colonne d'eau. (Bijma et autres, 2013) Les conditions d'oxygénation dans les eaux de la zone euphotique tendent à suivre une rythmicité nyctémérale, suivant la périodicité des processus de

photosynthèse, tandis que l'hypoxie – voire l'anoxie – survient dans les couches d'eau inférieures en réponse à une plus grande activité respiratoire que photosynthétique, par l'insuffisance de la lumière incidente. (Nikinmaa, 2013)

En ce qui a trait à l'eutrophisation, une tendance marquée a pu être observée dans les zones littorales en raison des flux anthropiques importants de nutriments vers le milieu marin (Keeling et autres, 2010). Pour ne citer que quelques exemples, l'on peut penser aux amendements agricoles, aux dépôts atmosphériques des industries et aux eaux usées. Cet apport de nutriments excessif engendre une croissance phytoplanctonique et algale accélérée. Conséquemment, lorsque la biomasse ainsi formée meurt, les phénomènes de décomposition subséquents entraînent le fléchissement des taux d'oxygène dissous dans la colonne d'eau. (Craig, 2012a)

Abstraction faite des impacts toxicologiques de l'efflorescence de certaines algues et cyanobactéries sur les espèces marines, les événements de telle nature ont également des conséquences directes sur les écosystèmes marins. En effet, si la croissance accélérée des producteurs primaires entraîne une consommation du dioxyde de carbone et une émission d'oxygène, l'eutrophisation s'accompagne également d'une hausse du taux de respiration tant des organismes autotrophes qu'hétérotrophes, ayant pour conséquence une augmentation de la demande biologique en oxygène (DBO) et une diminution nette du taux d'oxygène dissout dans l'eau. (Nikinmaa, 2013) L'effet conjugué de la stratification verticale de la colonne d'eau et de l'eutrophisation peut ainsi provoquer des phénomènes de mortalité de masse des organismes marins si des conditions défavorables sont réunies (Bijma et autres, 2013)

Le taux d'oxygène dissout dans l'eau marine est appelé à diminuer mondialement de 1 à 7 % d'ici la fin du 21^e siècle (Keeling et autres, 2010; Rabalais et autres, 2010; Portner et autres, 2014) et le domaine maritime canadien n'échappe pas à la tendance globale qui se dessine. Le nord-est du Pacifique est en effet le théâtre d'une désoxygénation importante en raison d'un éventail de facteurs océanographiques et climatiques, notamment la hausse des précipitations, la fonte des glaces, la hausse des températures de l'eau, ainsi que l'eutrophisation côtière. (Okey et autres, 2014)

À la vérité, l'océan Pacifique Nord est davantage affecté par la désoxygénation de la colonne d'eau que ce que laisse entrevoir la tendance globale. Durant les cinquante dernières années, le taux d'oxygène dissout dans la zone épipelagique et la partie supérieure de la zone mésopélagique y a diminué de 22 %, soit un taux de 0.39 à 0.7 μM par année (Okey et autres, 2014). Or, l'estimation du taux de désoxygénation de la zone néritique canadienne, plus particulièrement des fjords de la Colombie-Britannique, est plus importante encore, des taux de 0.5 à 1 μM par année étant communément observés en deçà de la limite supérieure de la pycnocline (Whitney et autres, 2013; Crawford et Pena, 2013). Une diminution de 1 % du taux d'oxygène dissout dans les 100 premiers mètres sous la zone épipelagique du littoral de la Colombie-Britannique a même été soulignée par les scientifiques (Hutchings et autres, 2012).

Au reste, le domaine maritime de la Colombie-Britannique n'est pas le seul affecté par la désoxygénation de la colonne d'eau. En effet, tant l'Atlantique que le Pacifique font l'objet d'un accroissement du nombre de zones hypoxiques, voire anoxiques des couches d'eau inférieures. (Hutchings et autres, 2012) En fait, à l'échelle mondiale, le nombre de zones mortes – ou zones déficitaires en oxygène – a augmenté de façon importante depuis 1960 (Craig, 2012a). Le cinquième rapport d'évaluation du GIEC estime qu'entre les années soixante et l'année 2008, le nombre de zones suffisamment hypoxiques pour en exclure la faune est passé de 42 à 400 (Pörtner et autres, 2014).

Les effets de la désoxygénation sur les communautés océaniques surviennent à différents seuils en fonction des taxons. Ainsi, bien que le seuil de 2 mg/L soit généralement employé pour définir une zone hypoxique, la résilience des organismes à l'hypoxie varie selon les espèces et selon les stades ontogéniques au sein d'une même espèce. (Ekau et autres, 2010) Toutefois, au seuil de 2 mg/L la composition spécifique des communautés benthiques est altérée significativement et plusieurs espèces composant le necton désertent l'écosystème (Hutchings et autres, 2012).

À ce titre, l'effet à long terme de la formation de zones hypoxiques ou anoxiques peut entraîner une réorganisation en profondeur des communautés benthiques, se traduisant par la mort des organismes sessiles, la migration du benthos vagile et la domination de l'écosystème par les microorganismes (Bijma et autres, 2013). L'émergence de nouvelles zones hypoxiques engendre ainsi une compression de l'habitat de plusieurs espèces, notamment de la macrofaune prédatrice, dont le métabolisme et les besoins en oxygène sont élevés. (Stramma et autres, 2011)

Les effets de la diminution d'oxygène dans la colonne d'eau peuvent également influencer la résilience des organismes aux contaminants. À titre d'exemple, le taux d'absorption des contaminants au sein de l'infraclasse *Teleostei* – comprenant la majorité des poissons osseux actuels – est directement affecté par les conditions d'hypoxie. Effectivement, l'épaisseur des branchies – le principal organe de respiration des poissons, mais également la principale voie d'entrée des contaminants en phase aqueuse – est influencée par la teneur en oxygène de l'eau. En réponse à la diminution de l'oxygène dans l'eau, un phénomène de compromis osmo-respiratoire se produit, occasionnant l'amincissement de l'épithélium branchial et partant, l'augmentation des échanges moléculaires avec le milieu ambiant. (Matey et autres, 2011)

Par le fait du lien intime qui unit la teneur en oxygène d'un milieu aux conditions d'oxydoréduction qui y règnent, les conditions d'hypoxie ont un impact direct sur la transcription et l'expression de certains gènes, notamment par le biais de l'*hypoxia-inducible factor*, chez tous les métazoaires (Semenza, 2010). Cela revêt une grande importance dans un contexte de réchauffement climatique, puisque la réponse au stress thermique des poissons, particulièrement pour les espèces sténothermes, est souvent limitée par

l'oxygène, générant ainsi un effet synergique délétère entre le réchauffement de la colonne d'eau et la diminution de l'oxygène. (Nikinmaa, 2013; Pörtner et autres, 2014)

La teneur de la colonne d'eau en oxygène dissout sera ainsi affectée de diverses manières par les changements climatiques, tant par la relation inversement proportionnelle de la solubilité de l'oxygène et de la température de l'eau, par la hausse de la demande biologique en oxygène et par l'eutrophisation de la colonne d'eau que par la stratification verticale engendrée par les variations des régimes atmosphériques actuels. L'effet conjugué de la désoxygénation de la colonne d'eau, ainsi que de l'eutrophisation de la zone néritique présente des impacts déjà observables à l'échelle des communautés biologiques et la tendance est appelée à s'accélérer dans le siècle à venir, avec des incidences considérables sur les écosystèmes marins.

3.4 Acidification de l'eau et écotoxicité

La pression partielle de dioxyde de carbone (pCO_2) dans l'atmosphère a évolué de façon considérable en raison des activités anthropiques. En effet, la pCO_2 projetée par le cinquième rapport du GIEC d'ici le terme de la première moitié du présent siècle est de 500 μatm , soit près de 1,8 fois la valeur de référence préindustrielle, établie à 280 μatm . Selon les différents scénarios employés par le GIEC, soit de RCP2.6 à RCP8.5, la valeur de pCO_2 prévue pour 2100 oscille entre 420 μatm et 940 μatm . (Pörtner et autres, 2014)

Les *Representative Concentration Pathways*, ou RCP, constituent les scénarios de la nouvelle méthodologie du GIEC dans la projection des changements climatiques. Le scénario RCP2.6, le plus optimiste, implique que la communauté internationale diminue ses émissions de GES dans une telle mesure que le réchauffement climatique ne dépassera pas le seuil critique de 2 °C (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014b), correspondant à un seuil d'interférence anthropique menaçante sur le climat selon l'*Accord de Copenhague* (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2010). Or, un nombre croissant d'analystes et de chercheurs estiment que l'objectif issu de la 15^e rencontre de la Conférence des Parties est quasi irréalisable dans la conjoncture mondiale existante (Gillis, 2014; Lavelle, 2014; Nijhuis, 2014).

Le scénario RCP8.5, quant à lui le plus pessimiste, n'est toutefois pas improbable puisqu'il correspond à l'inaltération des tendances actuelles d'émissions de GES (communément désigné sous le vocable de « *Business as usual* » dans la littérature scientifique). Les scénarios intermédiaires présentent un gradient entre le RCP2.6 et le RCP8.5. (IPCC, 2014b)

La séquestration du dioxyde de carbone (CO_2) par les océans, soit quelque 24 millions de tonnes par jour (Organisation internationale des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO),

2013), contribue de manière importante à atténuer le réchauffement climatique. Toutefois, ce processus se fait au prix d'une acidification marquée de l'océan. Lorsque le CO_2 atmosphérique se dissout dans l'eau, il réagit avec les molécules H_2O pour former de l'acide carbonique (H_2CO_3), lui-même se dissociant partiellement en ion bicarbonate (HCO_3^-) en libérant un ion H^+ . L'équilibre chimique de cette réaction étant influencé par le pH, un océan en processus d'acidification tend à la formation d'ions bicarbonate, au détriment de la formation d'ions carbonate (CO_3^{2-}), défavorisée en conditions acides ($\text{pH} < 7$)². (Hutchings et autres, 2012)

Le tiers des émissions humaines de CO_2 a ainsi été capté par les océans (Bijma et autres, 2013). Or, cela s'est traduit, depuis le début de la révolution industrielle, par une hausse de 30 % de la concentration d'ions H^+ , soit une diminution de 0.1 unité de pH, le pH actuel moyen étant passé de 8.2 à 8.1 unités de pH. (Hutchings et autres, 2012; Johnson et White, 2014) Sachant que l'échelle du pH est logarithmique, un tel changement en un peu plus de deux siècles apparaît substantiel, *a fortiori* si l'on considère que le pH est demeuré relativement stable au cours des dernières périodes géologiques (Craig, 2012a). Les figures 3.2 et 3.3 présentent la variation observée et projetée du pH des océans entre 1850 et 2100, les zones encerclées en orange correspondant aux zones économiquement importantes de remontée des eaux profondes, qui ont naturellement un pH et un taux d'oxygène dissout inférieurs à la moyenne des océans.

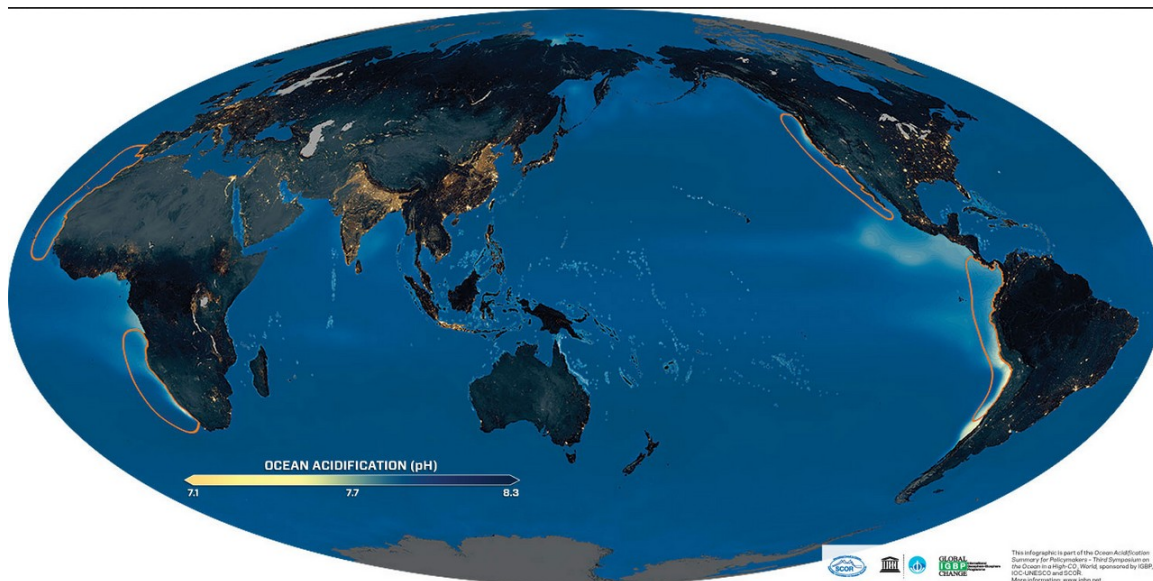


Figure 3.2 Représentation du potentiel d'hydrogène des océans antérieurement à la période industrielle (1850) (Tiré de: International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), 2013)

En outre, la tendance observée s'est accélérée au cours du dernier siècle, les deux tiers de la diminution du pH au cours des deux derniers siècles étant survenus dans les trente dernières années (Hoegh-

² L'importance de l'équilibre chimique carbonate-bicarbonate pour les organismes marins sera détaillée dans la sous-section 3.4.1.

Guldberg and Bruno, 2010). En fait, le rythme d'acidification mondial actuel des océans est dix fois plus élevé qu'à toute autre ère depuis les 55 derniers millions d'années (UNESCO, 2013).

La modélisation de l'acidification des océans selon le scénario de continuité des tendances d'émissions actuelles (RCP8.5) indique que le pH océanique moyen diminuerait encore de 0,5 unité de pH avant la fin du présent siècle (Johnson et White, 2014), soit une hausse d'acidité de 150 à 170 % du seuil de référence préindustriel (Johnson et White, 2014; UNESCO, 2013)

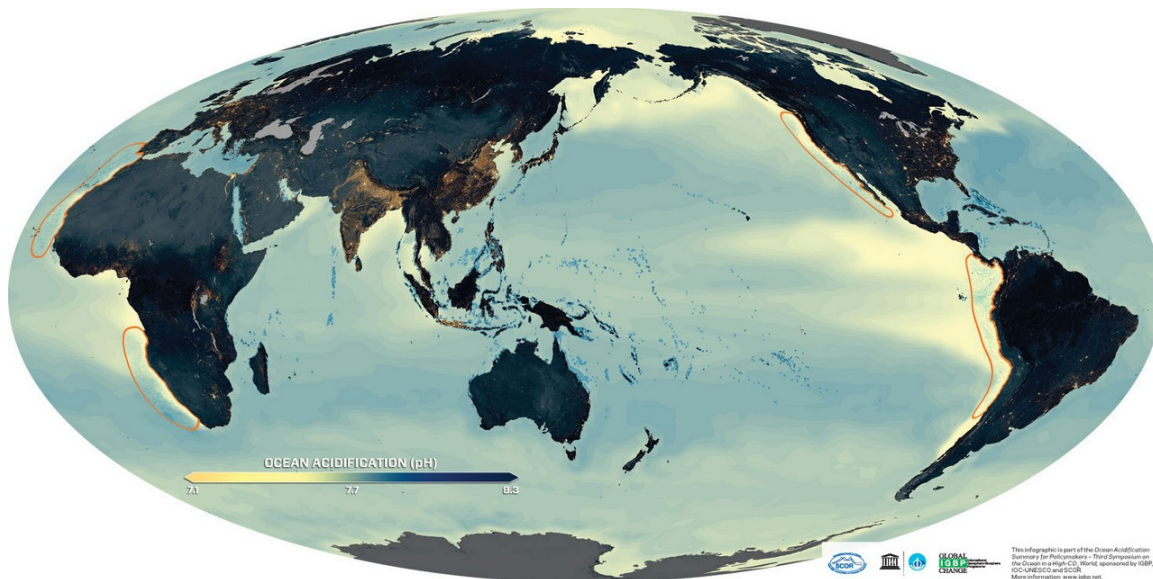


Figure 3.3 Estimation du potentiel d'hydrogène des océans en 2100 (Tiré de: International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), 2013)

Le rythme auquel le phénomène d'acidification affecte les océans n'est cependant pas homogène entre les diverses régions du globe. Dès lors que la solubilité du dioxyde de carbone augmente de façon inversement proportionnelle à la température et à la salinité de l'eau, les océans de hautes latitudes, présentant généralement de moindres température et salinité, subissent davantage les effets de l'acidification des eaux. (Bijma et autres, 2013)

Le domaine maritime canadien est ainsi particulièrement sujet au phénomène qui se dessine à l'échelle de la planète. En effet, les régions septentrionales de l'Atlantique et les eaux arctiques présentent un taux d'acidification de 50 % supérieur à celui des zones subtropicales de l'Atlantique (Pörtner et autres, 2014; Bijma et autres, 2013). En outre, le ruissellement pluvial accentué et la fonte des glaces dus aux changements climatiques constituent des facteurs aggravants de cette disparité puisqu'ils contribuent à la dilution des substances tampons qui atténuent, en conditions normales, le phénomène d'acidification. (Denman et autres, 2011)

Dans la zone néritique canadienne, les données scientifiques révèlent que le plateau continental de la Nouvelle-Écosse a subi une acidification légèrement plus marquée que la moyenne mondiale, atteignant un pH de 8.01 (Guénette et autres, 2014). Dans le même ordre d'idée, le pH des eaux du bas estuaire du Saint-Laurent à une profondeur de 200 m est passé de 7.90 en 1930 à 7.65, soit une augmentation de 60 à 90 % de la concentration d'ions H^+ . (Hutchings et autres, 2012)

Si le rythme d'acidification de la zone néritique orientale du Canada est préoccupant, les eaux canadiennes du Pacifique sont particulièrement sujettes à l'acidification. Le littoral du Pacifique Nord longeant le continent nord-américain – notamment la zone néritique de Vancouver et du détroit de Juan de Fuca – compte parmi les eaux océanes les plus acides du monde en raison de la remontée à cet endroit des eaux riches en CO_2 de la circulation thermohaline mondiale (Okey et autres, 2014; Millenium Ecosystem Assessment, 2005)

Or, si les eaux du nord-est du Pacifique sont naturellement plus acides que ne le sont généralement les océans et malgré que les écosystèmes établis dans cet environnement soient adaptés au faible pH existant, une diminution additionnelle du pH est susceptible d'y entraîner des perturbations écosystémiques importantes, dont certaines ont déjà été observées. (Wootton et autres, 2008)

L'acidification des eaux constitue une menace importante pour la biodiversité des océans canadiens et mondiaux. Le rôle du pH dans la régulation de nombreux processus chimiques essentiels à la vie en fait un facteur prépondérant dans le maintien de l'homéostasie des organismes. L'acidification des eaux présente ainsi un impact potentiel sur des processus physiologiques fondamentaux tant pour les organismes individuels que pour l'écosystème dans son ensemble, tels que la photosynthèse, l'échange d'oxygène avec le milieu, le transport de nutriments à travers la membrane cellulaire, ainsi que la fixation de l'azote. (Craig, 2012a; Bijma et autres, 2013)

3.4.1 Effets sur les organismes calcifiants

L'un des effets majeurs de l'acidification des océans est le déplacement de l'équilibre chimique de spéciation du carbone pélagique vers la formation d'hydrogéocarbonate ou ion bicarbonate, tel qu'illustré par la figure 3.4.

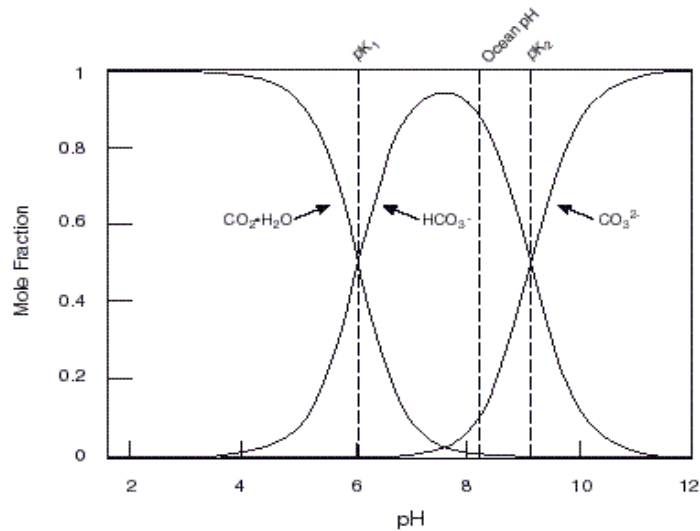


Figure 3.4 Spéciation chimique des carbonates en fonction du pH (Tiré de: J. Jacob, 1999, p. 96)

L'acidification des océans entraîne par conséquent la diminution du degré de saturation de l'eau en ions carbonate et notamment en aragonite, une variété métastable et particulièrement soluble de carbonate (Hoegh-Guldberg et Bruno, 2010; Doney et autres, 2009), engendrant des effets considérables sur les organismes calcifiants. Les figures 3.5 et 3.6 illustrent respectivement les niveaux mondiaux de saturation en aragonite antérieurement à la révolution industrielle (1850-1860) et en 2100. L'atteinte d'une concentration atmosphérique de 560 ppm de CO_2 – tel que prévu pour 2050-2080 – entraînera une sous-saturation d'aragonite dans la vaste majorité des océans (Bijma et autres, 2013). En outre, il s'ensuivrait de l'atteinte de concentrations atmosphériques de 450 à 500 ppm une diminution sévère des processus de calcification, à telle enseigne que le taux d'érosion deviendrait alors plus élevé que le rythme de formation des structures calcaires dans plusieurs régions du globe (Laffoley et Baxter, 2009; Veron et autres, 2009) Si les tendances d'acidification actuelles se maintiennent, de vastes régions marines deviendront impropres à la survie des coraux d'eaux froides antérieurement à 2100 (Tittensor et autres, 2010)

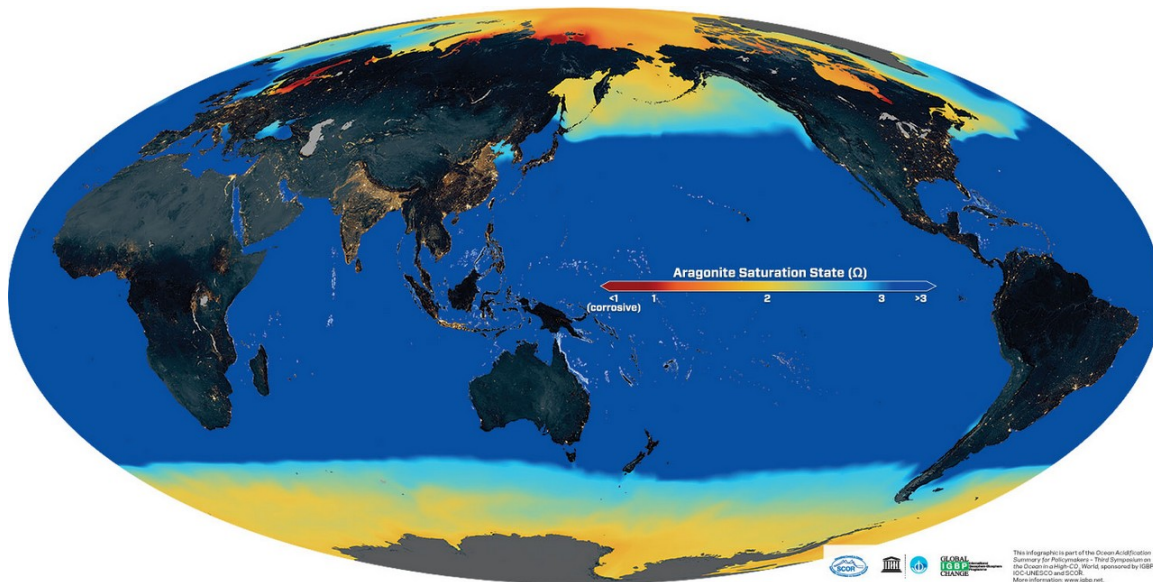


Figure 3.5 Niveau de saturation des océans en aragonite antérieurement à l'ère industrielle (1850-1860) (Tiré de: DSCC, 2013)

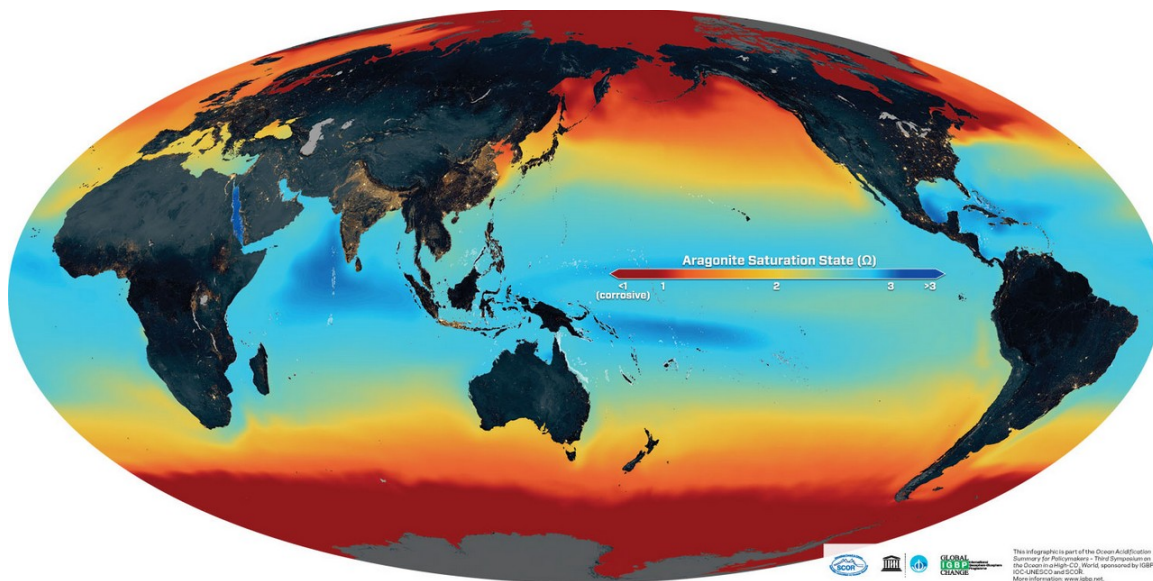


Figure 3.6 Niveau de saturation des océans en aragonite projeté pour l'année 2100 (Tiré de: DSCC, 2013)

Au sein du littoral pacifique canadien, la lysocline – en d'autres termes la profondeur à laquelle la dissolution des carbonates augmente d'une manière très marquée dans la colonne d'eau – se situe entre 200 et 400 m de profondeur en raison de l'acidité importante des eaux de cette région. Toutefois, elle pourrait s'étendre de quelque 100 mètres vers la surface avant 2050, comprimant par le fait même d'autant l'habitat optimal des organismes calcifiants. (Okey et autres, 2014) Le phénomène a une ampleur remarquable dans le nord du littoral de la Colombie-Britannique, où la profondeur de saturation en

aragonite s'est étendue de 50 à 200 m vers la surface au cours du dernier siècle en raison des émissions anthropiques de CO₂ (Hutchings et autres, 2012).

Les organismes touchés par la diminution de la concentration de carbonates dans l'océan sont divers et représentent un nombre considérable de taxons. Il s'agit en effet tant d'espèces planctoniques, telles que les coccolithophores et les foraminifères, que d'organismes benthiques, que l'on pense aux coraux, aux algues corallines, à de nombreux mollusques calcifiants ou aux échinodermes (Pinsky et autres, 2013). Cela provient du fait que ces organismes captent les carbonates pour générer leur coquille ou les éléments de leur structure.

Puisque la lysocline y est relativement haute et que le niveau de saturation en carbonates y est relativement faible, les eaux arctiques et subarctiques – incluant les régions septentrionales du Pacifique et de l'Atlantique – sont particulièrement sujettes à une sous-saturation en aragonite. De fait, une tendance à la sous-saturation des eaux de surface en aragonite est déjà observée dans le domaine marin canadien (Hutchings et autres, 2012).

En altérant la croissance et le succès reproducteur d'espèces structurantes des écosystèmes, une telle sous-saturation en calcaires est susceptible de subvertir l'équilibre des communautés existantes, notamment lorsqu'elle compromet la survie d'organismes tels que les coraux et les algues corallines. Les coraux d'eau froide contribuent grandement à la diversité structurelle grâce à leur squelette calcaire qui engendre une pluralité de niches écologiques pour nombre d'espèces.

La complexité tridimensionnelle qu'apporte la présence de coraux dans l'environnement génère une diversité d'habitats et constitue une protection pour certains organismes leur vie durant, lors de certains stades ontogénétiques, voire au moment du frai. Les communautés tributaires de coraux d'eau froide existent cependant en vaste majorité dans des milieux présentant une sursaturation en aragonite alors que quelque 70 % de ces cnidaires pourraient subir les effets d'un milieu corrosif d'ici 2100, entraînant par conséquent la dissolution des squelettes calcaires des organismes morts et la désintégration de la structure tridimensionnelle du biotope. (Guinotte et Fabry, 2009; UNESCO, 2013)

Bien que moins connu que celui des coraux, le rôle des algues corallines sur la diversité structurelle des écosystèmes marins est non moins crucial pour le maintien de certaines communautés. La calcification des algues corallines contribue en effet à cimenter les récifs et les structures coralliennes. Or, l'étude en microcosme de la réponse des algues corallines à l'acidification indique que pour des valeurs de dioxyde de carbone de deux fois supérieures aux concentrations actuelles, le taux de croissance des algues corallines diminuait de 40 %, le recrutement, de 78 %, tandis que la surface recouverte par les algues était moindre de 92 %. (Kuffner et autres, 2007)

De nombreuses espèces constituant en elles-mêmes une ressource halieutique ou étant un maillon d'un réseau trophique important pour les pêcheries sont également affectées. Dans les eaux canadiennes, l'on peut penser aux moules (*Mytilus edulis*) ou aux huitres du Pacifique (*Crassostrea gigas*), dont les effectifs populationnels sont inversement corrélés à la concentration de dioxyde de carbone dans l'eau (Gazeau et autres, 2007).

L'effet délétère de l'acidification sur les organismes calcifiants serait non seulement dû à la diminution de la capacité de ces organismes à la synthèse de structures de carbonates de calcium, mais également à la faible aptitude de la plupart des organismes calcifiants à réguler les composantes acido-basiques de leur homéostasie en réponse aux changements dans leur environnement. (Pinsky et autres, 2013)

3.4.2 Effets sur les organismes non-calcifiants

Outre les organismes tributaires de la synthèse de structures calcaires, de nombreuses espèces sont affectées négativement par l'acidification des océans. L'effet de l'acidification sur les organismes non-calcifiants procède du rôle pluriel que joue le pH sur les processus physiologiques. Les processus affectés comptent la conversion de la nourriture en énergie par l'altération du gradient de protons maintenu par les organismes, la fixation du carbone inorganique lors de la photosynthèse, ainsi que le maintien de l'homéostasie en raison de la modification du pH extracellulaire. (Pinsky et autres, 2013; Guénette et autres, 2014) Les multiples incidences d'une modification du pH sur les organismes peuvent entraîner, chez les espèces sensibles, une altération de l'activité métabolique, une diminution des échanges ioniques avec le milieu, ainsi qu'un moindre taux de synthèse de certaines protéines. (Pinsky et autres, 2013)

À l'image du constat réalisé touchant les organismes calcifiants, plusieurs espèces non-calcifiantes affectées par l'acidification des eaux constituent des ressources halieutiques majeures au Canada et en Amérique du Nord. En effet, le saumon du Pacifique, les sardines, les anchois et le merlu du Pacifique Nord comptent parmi les espèces de poissons particulièrement sensibles aux altérations des conditions de leur environnement. (Okey et autres, 2014) Chez les poissons, l'exposition à un milieu de faible pH comporte notamment pour effet l'altération de la fonction respiratoire, de la chimie sanguine, ainsi que de l'activité enzymatique (Fabry et autres, 2008).

Au reste, les effets de l'élévation de la concentration de dioxyde de carbone dans les océans présentent des impacts plus importants encore sur nombre d'invertébrés que sur les poissons, notamment grâce au système de transport de l'oxygène plus évolué et à une plus grande aptitude de régulation des échanges ioniques chez ces derniers. (Pinsky et autres, 2013) À titre d'exemple, le transport de l'oxygène à travers l'organisme chez les calmars est directement affecté par le pH ambiant, tandis que les oursins présentent une croissance restreinte en conditions de faible pH dû à leur faible capacité de réguler l'équilibre acido-

basique de leur corps. (Feely et autres, 2008) L'acidose est ainsi observée chez certains invertébrés – tels que les moules et les calmars – même lorsque la concentration environnementale de dioxyde de carbone n'est que modérément élevée, tandis que des mécanismes compensatoires permettent aux poissons de maintenir leur homéostasie dans les mêmes conditions. Cependant, la plénitude de ces mécanismes compensatoires est tributaire du degré de développement ontogénétique, aussi les stades larvaires et juvéniles des poissons sont-ils généralement plus sujets aux effets de l'acidification. (Pinsky et autres, 2013)

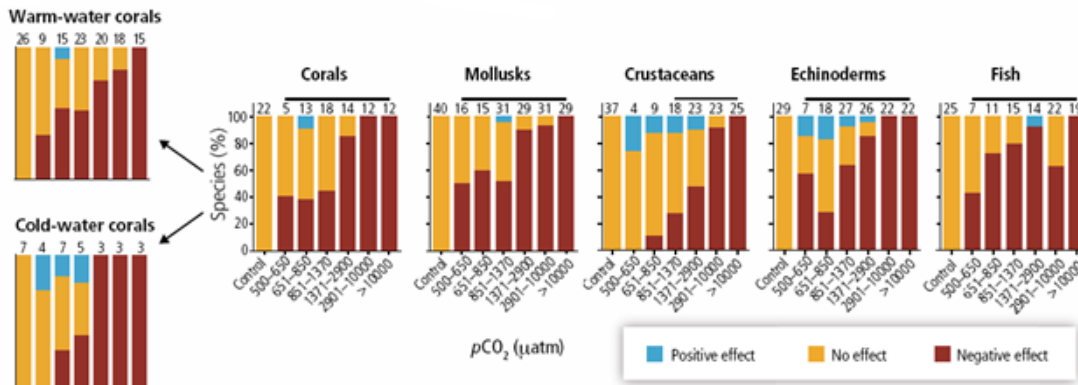


Figure 3.7 Projection des incidences de l'enrichissement de l'atmosphère en CO₂ sur certains taxons marins selon différents seuils de concentration en dioxyde de carbone (Tiré de: Pörtner et autres, 2014, p. 438)

Certains organismes photosynthétiques, notamment des algues, pourraient en contrepartie bénéficier d'un niveau élevé de CO₂, bien que la majorité des organismes autotrophes marins soient adaptés aux conditions actuelles et que le dioxyde de carbone ne soit en général pas l'élément limitant pour la photosynthèse (Guinotte et Fabry, 2008; Reinfelder, 2011) Cela pourrait néanmoins avoir des impacts sur les écosystèmes en donnant un avantage adaptatif aux espèces n'ayant pas développé de structures destinées à concentrer le carbone inorganique ambiant. (Reinfelder, 2011)

Des études menées au sein d'environnements naturellement acidifiés révèlent une perte de biodiversité tant chez les organismes calcifiants que non-calcifiants. Les études in situ menées à Ischia, en Italie, sur des sites peu profonds de résurgences volcaniques riches en CO₂ permettent d'estimer une perte de diversité de 40 % des espèces non-calcifiantes et de 70 % des espèces calcifiantes à des concentrations de CO₂ équivalentes à celles attendues d'ici 2100 selon le scénario de continuité des tendances d'émission du GIEC. (Hall-Spencer et autres, 2008)

3.4.3 Spéciation des espèces chimiques et toxicité environnementale

Une autre voie par laquelle l'acidification affecte les écosystèmes marins consiste en l'altération des équilibres de spéciation des espèces chimiques dans la colonne d'eau. Bien que les expériences in situ

ou en mésocosmes soient une branche croissante de l'écotoxicologie, la façon dont les métaux et les substances présentant un potentiel de toxicité sur les organismes réagiront en réponse aux effets des changements climatiques sur la chimie des eaux n'est encore que partiellement comprise par la communauté scientifique. En effet, l'interaction des substances toxiques entre elles et avec les variables de l'environnement a fait l'objet d'un nombre considérablement moindre d'études que ce qui a été le cas par le passé pour les substances prises individuellement dans le cadre de la toxicologie environnementale, ce dans un souci de reproductibilité scientifique et de comparabilité des résultats. (Nikinmaa, 2013)

Les principes de base régissant la bioaccessibilité des métaux indiquent toutefois clairement que le pH est un facteur majeur pour déterminer leur toxicité pour les organismes. De fait, l'augmentation de la concentration d'ions H^+ dans l'environnement marin entraînera une diminution de la concentration d'hydroxydes et de carbonates – de l'ordre de 77 à 82 % d'ici 2100 –, alors que ces molécules chargées négativement sont aptes à complexer les ions divalents et trivalents des ions métalliques. Or, la formation de tels complexes contribue à diminuer la bioaccessibilité des métaux toxiques pour les organismes. (Johnson et White, 2014)

Ainsi, l'acidification des océans a non seulement des effets directs sur les organismes marins, mais elle peut également contribuer à accentuer l'incidence d'autres stress anthropiques tels que la contamination des eaux, ce en modifiant la spéciation des espèces chimiques, ainsi que leur caractère lipophile ou hydrophile.

3.5 Fonte des glaces, glacio-eustatisme et expansion thermique de la colonne d'eau

La cryosphère – comprenant la banquise et les inlandsis, mais également les glaciers, le couvert nival, ainsi que les éléments aqueux du pergélisol – est l'une des composantes écosystémiques les plus promptes à dénoncer les incidences du réchauffement climatique sur l'environnement et partant, agit à titre d'indicateur des tendances climatiques actuelles. (D. Prowse et autres, 2009) Conjuguée à l'effet d'expansion thermique de l'eau, la fonte des glaces engendre un phénomène d'eustatisme, soit une variation du niveau global des océans.

Outre la variation glacio-eustatique, dont il sera question *infra*, les effets écosystémiques de la fonte des glaces se manifestent sur plusieurs plans, notamment par l'adoucissement des eaux de surface, l'augmentation de la lumière incidente dans la colonne d'eau, la hausse de la turbulence due aux vents, ainsi que l'augmentation des échanges thermiques à l'interface eau-atmosphère.

Les impacts sur les communautés marines de l'Arctique revêtiront des formes diverses et parfois antagonistes. En premier lieu, la fonte de la banquise arctique entraînera une période plus longue et une

superficie plus vaste d'eaux libres de glaces, favorisant ainsi la croissance du phytoplancton durant une plus grande partie de l'année et sur une aire plus vaste. (Sejr et autres, 2011) L'allongement de la saison de croissance phytoplanctonique augmenterait ainsi la production primaire, notamment dans les régions eutrophes et, dans une moindre mesure, dans les régions oligotrophes, où les nutriments plutôt que la luminosité constituent l'élément limitant. L'allongement de la saison de croissance sera dû non seulement à l'augmentation de la lumière incidente à la suite de la fonte des glaces, mais également au réchauffement des eaux de surface. En effet, le couvert glaciaire présente un double effet sur la température des eaux qui lui sont subjacentes. D'une part, la faible conductivité thermique de la glace prévient les échanges thermiques entre l'eau et l'atmosphère et d'autre part, le fort albédo du couvert nival réfléchit une part importante de l'énergie solaire. L'effet de l'amincissement des glaces se reflétera ainsi sur la profondeur de la zone euphotique des eaux arctiques. (G. Barber et autres, 2012; Long et Perrie, 2013)

La fonte hâtive de la glace arctique devancera également l'efflorescence saisonnière du phytoplancton, entraînant par le fait même un épuisement prématuré des nutriments dans les zones marines où ces derniers sont limitants. Puisque la température de l'eau sera supérieure, le développement du zooplancton sera lui aussi devancé, diminuant ainsi l'ampleur du bloom phytoplanctonique. Or, puisque les exports de matière organique par les organismes hétérotrophes zooplanctoniques (sous forme de pelotes fécales) sont de moindre qualité pour le benthos que la matière organique issue de la lyse algale et phytoplanctonique naturelle, le couplage benthique-pélagique s'en trouvera altéré. (G. Barber et autres, 2012; Johannessen et Miles, 2010)

Les études indiquent que dans les régions oligotrophes, où la lumière est actuellement l'élément limitant de la production primaire, les espèces de nanophytoplancton seront remplacées par une flore de taille inférieure (picophytoplancton) (Tremblay et autres, 2012). À l'échelle des eaux arctiques et subarctiques, les diatomées pourraient décliner en abondance, tandis que le bactérioplancton hétérotrophe suivrait une tendance inverse. Or, la diminution du phytoplancton de grande taille conjuguée à la hausse du recyclage de la matière organique par la boucle microbienne présenterait des effets ascendants considérables sur les copépodes calanoïdes, qui constituent le pont trophique principal liant le phytoplancton aux prédateurs apicaux. (Johannessen et Miles, 2010)

À l'inverse, le littoral étant généralement caractérisé par des conditions peu limitatives en matière de nutriments, la production primaire devrait y augmenter considérablement en réponse à la hausse de la lumière incidente sous la glace, ainsi qu'au renforcement des phénomènes de remontée des eaux profondes, favorisés par l'effet accentué des vents sur les eaux libres de glaces. Conséquemment, la biomasse d'organismes hétérotrophes fera également l'objet d'une augmentation significative, le bilan net de captation photosynthétique et de libération respiratoire de dioxyde de carbone étant ainsi appelé à tendre davantage vers les processus hétérotrophes qu'autotrophes. (Tremblay et autres, 2012)

Les conséquences environnementales de la fonte des glaces sont d'autant plus inquiétantes que les projections du GIEC indiquent que d'ici le terme du présent siècle, le volume de glace de février sera moindre de 29 % à 73 % respectivement selon les scénarios d'émission RCP2.6 et RCP8.5. En ce qui a trait au volume de glace septembral, la diminution estimée est de l'ordre de 54 % à 96 % (respectivement RCP2.6 et RCP8.5) permettant d'anticiper antérieurement à la moitié du vingt-et-unième siècle un océan Arctique quasi libre de glace à la fin de la saison estivale. (Collins et autres, 2013) La figure 3.8 montre l'étendue projetée des glaces de février et de septembre pour la période 2081-2100 en comparaison avec l'étendue moyenne observée entre 1986 et 2005.

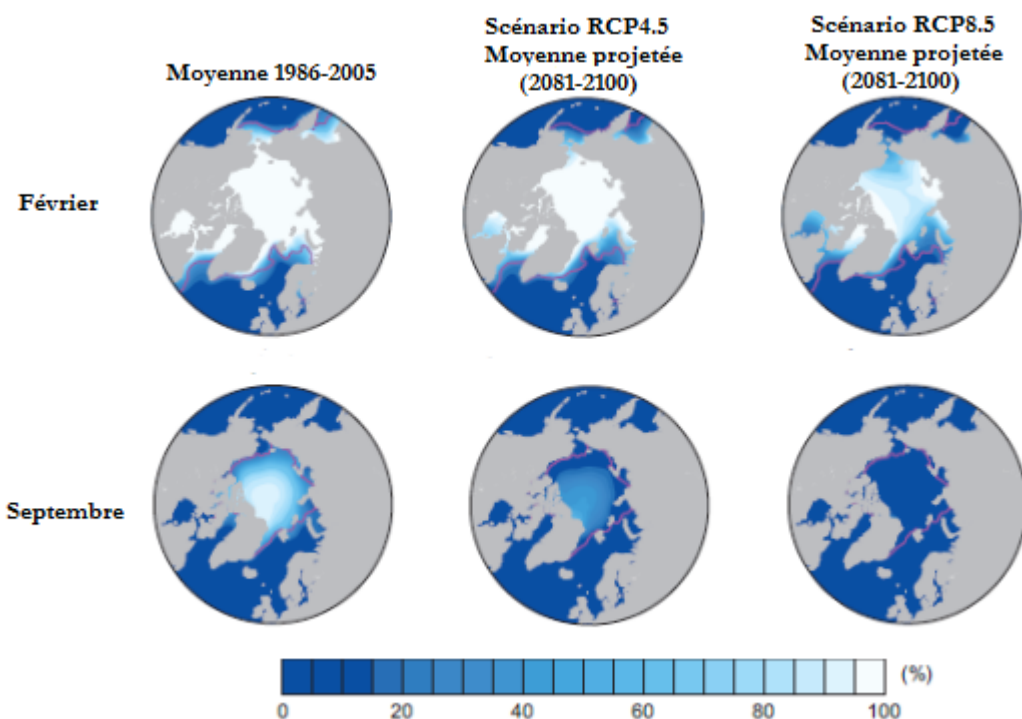


Figure 3.8 Projections de l'étendue des glaces arctiques de septembre et de février pour la période 2081-2100 au respect de la moyenne de 1986 à 2005 (modifié de : Collins et autres, 2013, p.1089)

Depuis le début des mesures satellitaires en 1979, la superficie de la banquise a diminué de l'ordre de 12 % par décennie touchant les glaces septembrales et de 2,75 % par décennie en ce qui a trait aux glaces de mars (Hutchings et autres, 2012). Une tendance similaire se dessine s'agissant de l'épaisseur des glaces, ayant diminué de 48 % entre 1980 et 2008 (Kwok et Rothrock, 2009), à un taux approchant les 60 cm par décennie (Lindsay et autres, 2009)

La superficie septembrale des glaces arctiques en 2007 a atteint un seuil minimal record de 4.1 millions km² (Committee on Ecological Impacts of Climate Change (CEICC), 2008), un minimum presque itéré

seulement trois années plus tard, en septembre 2010, alors que les glaces ont atteint 4,6 millions km², soit 2,11 millions de km² sous la valeur médiane de 1979 à 2000 (Hutchings et autres, 2012). La tendance s'est également avérée en 2011, alors que la superficie de la glace hivernale n'a atteint que 14,6 millions km², soit la plus petite superficie depuis le début des mesures satellitaires. Cela a pour résultat que seulement 30 % de la glace de l'Arctique est multiannuelle, représentant une diminution de moitié depuis 1979. (Hutchings et autres, 2012).

En outre, les écosystèmes arctiques encourent de nouvelles menaces liées au retrait graduel des glaces arctiques en réponse au réchauffement climatique. Dans son rapport de 2014, le commissaire à l'environnement et au développement durable indique ainsi que l'accroissement de la durée et de la superficie d'eaux libres dans les eaux de l'Arctique, notamment dans le Passage du Nord-Ouest, a résulté en l'augmentation constante de la navigation au sein de cette région dans les deux dernières décennies. Le rapport déclare par ailleurs que la tendance observée est appelée à se maintenir tant en raison du nombre croissant de projets d'exploitation des ressources pétrolières et gazières que par le fait du tourisme, de la croissance des communautés du Canada septentrional et de l'exploitation des ressources halieutiques. (Office of the Auditor General of Canada, 2014)

La garde côtière du Canada a recensé de 2002 à 2013 quelque 100 déversements dus à la navigation dans les eaux du Canada septentrional. Bien que les déversements consignés – majoritairement composés de dérivés de pétrole – soient généralement d'une ampleur modeste, la vulnérabilité des écosystèmes arctiques aux perturbations et l'importance prépondérante qu'ont ces derniers notamment pour les communautés inuites constituent un enjeu non négligeable de gestion. (Office of the Auditor General of Canada, 2014)

En fait, les déversements marins induits par la navigation s'inscrivent parmi les principales menaces à l'encontre des écosystèmes océaniques de l'Arctique. Or, les projets miniers projetés dans l'Arctique de l'Est pourraient entraîner un presque doublement des passages de navire dans la région selon Environnement Canada. (Office of the Auditor General of Canada, 2014) Il est donc manifeste que l'augmentation de l'accessibilité des eaux arctiques aux activités anthropiques constitue un enjeu majeur qui devra faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre de la gestion des écosystèmes marins.

La tendance observée à l'échelle de l'Arctique est semblable à celle qui caractérise le domaine maritime canadien. En effet, l'étendue des glaces en 2011 était de 5,2 % des eaux du golfe du Saint-Laurent et de 4,0 % de la mer du Labrador, soit une diminution respective de 72 % et de 71 % de la moyenne de 1979 à 2011. (Hutchings et autres, 2012)

Conjuguée à l'effet d'expansion thermique entraîné par le réchauffement des océans, la fonte des inlandsis entraîne un phénomène d'eustatisme à l'échelle planétaire. De fait, le niveau des mers a

augmenté de quelque 2 mm par année durant le dernier siècle, et d'environ 3 mm par année depuis 1992, dénonçant ainsi une accélération de la tendance observée. (CEICC, 2008) Les études établissent à 40 % la part d'élévation attribuable à l'expansion thermique de l'eau, la différence étant imputable à la fonte de la glace continentale. Or, la part attribuable à la fonte des inlandsis atteindrait 80 % ou approchant dans les dernières années en raison de la fonte accélérée des glaces. (Cazenave et autres, 2009)

Le cinquième rapport du GIEC indique que l'élévation du niveau des océans d'ici 2100 se situera entre 26 cm et 55 cm pour le scénario RCP2.6 et entre 52 cm et 98 cm pour le scénario RCP8.5 (Church et autres, 2013), quoique certaines études projettent une élévation potentielle atteignant presque 2 m pour la période allant de 1990 à 2100 (Hutchings et autres, 2012)

Au Canada, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick, l'Île-du-Prince-Édouard et le littoral de la mer de Beaufort sont particulièrement sujets aux incidences de l'élévation du niveau des mers. Plusieurs zones du Canada, notamment le secteur de la baie d'Hudson, bénéficient toutefois de l'effet antagoniste du relèvement isostatique engendré par le retrait de l'inlandsis laurentidien à la fin de la précédente ère glaciaire, se traduisant par le relèvement régional du plateau continental. (Hutchings et autres, 2012)

Si *a priori*, l'élévation du niveau des océans comporte des effets modestes sur la faune et la flore marine, ce phénomène peut avoir des incidences importantes sur les habitats intertidaux et peu profonds, ainsi que sur les communautés peuplant le talus continental. Ce constat s'avère d'autant plus moyennant que l'on considère l'ensemble des variables climatiques dues au réchauffement atmosphérique, notamment la hausse accrue de la température des eaux peu profondes, l'eutrophisation du littoral et l'augmentation de la turbidité des eaux côtières.

3.6 Effets inhérents à la température sur les organismes

La température moyenne en surface des océans a subi une hausse moyenne de 0,07 °C par décennie au cours du dernier siècle, cette tendance étant caractérisée par une accélération significative. De fait, au fil des trente dernières années, le taux d'augmentation de la température a atteint 0,17 °C par décennie (Hutchings et autres, 2012) et une hausse statistiquement significative des températures a été observée jusqu'à plus de kilomètres sous la surface (Craig, 2012a). La figure 3.9 dresse le profil de réchauffement de la colonne d'eau projeté au cours du prochain siècle. D'ici la fin du vingt et unième siècle, l'élévation de la température moyenne des océans pourrait atteindre 2,7 °C selon le scénario RCP8.5 (Pörtner et autres, 2014), mais certaines études indiquent que les modélisations passées du GIEC étaient trop conservatrices et sous-estimaient par conséquent le réchauffement climatique (Craig, 2012b).

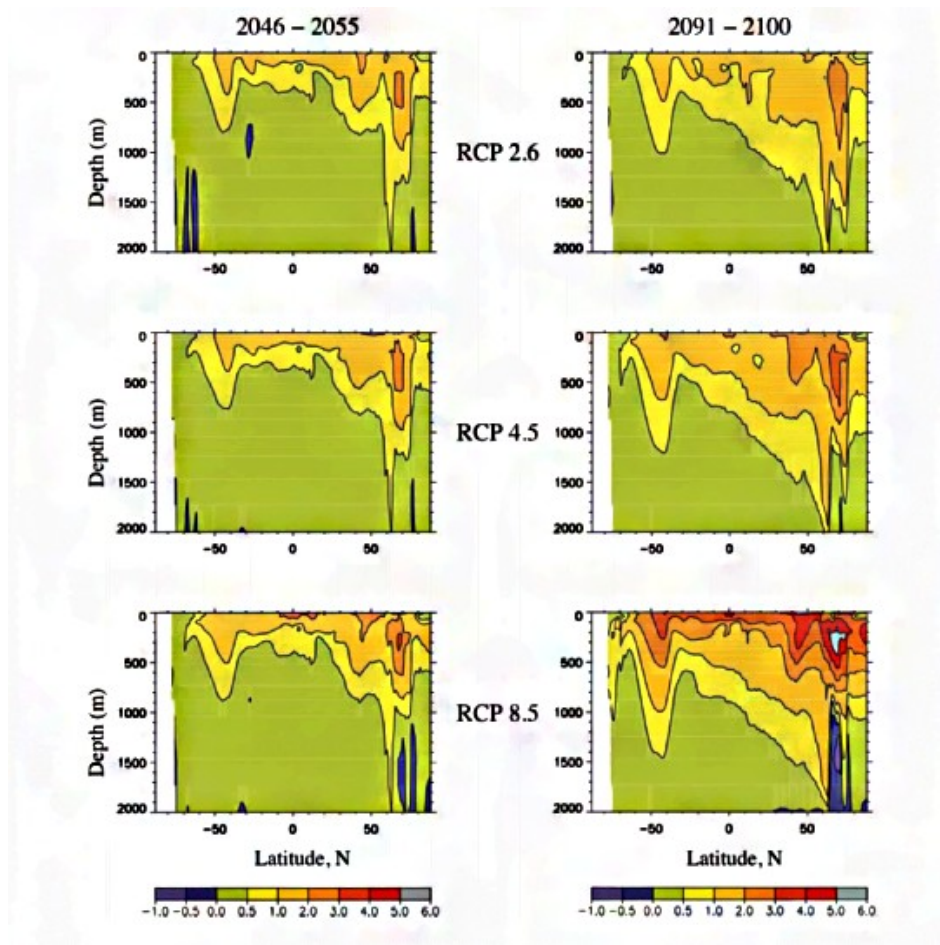


Figure 3.9 Élévation projetée de la température des océans en fonction de la profondeur et selon trois scénarios d'émissions de gaz à effet de serre distincts (Tiré de: Hutchings et autres, 2012, p. 247)

Dans le domaine maritime canadien, les observations révèlent que la température du détroit de Georgia et d'autres régions de la zone néritique de la Colombie-Britannique a augmenté de 1 °C au cours du vingtième siècle, une tendance appelée à s'accélérer au cours du vingt et unième siècle. À l'échelle de la côte pacifique du Canada, cela pourrait signifier que les eaux de l'extrême nord du littoral de la Colombie-Britannique atteindront des températures similaires à celles du sud du littoral de la ville de Vancouver antérieurement à 2050. (Okey et autres, 2014)

L'élévation de la température des océans présente des effets potentiels importants sur les organismes marins. Cette section traite ainsi des effets directs de la température sur le métabolisme des organismes, les incidences du réchauffement sur la biogéographie des communautés étant détaillées davantage dans la section 3.8 du présent chapitre.

Les processus biologiques sont influencés par de nombreux facteurs exogènes, l'effet de la température étant illustré par la notion de coefficient Q_{10} , représentant l'ampleur de l'altération d'un processus

biologique en fonction d'une augmentation de 10 °C de la température. Or, les divers processus biologiques sont influencés de manière différentielle par la température. En effet, la photosynthèse phytoplanctonique présente un coefficient Q_{10} de 1 à 2, tandis que le métabolisme des bactéries hétérotrophes a un coefficient de 2 à 3. En considérant cet effet différentiel et sachant que l'efficacité de croissance bactérienne – soit la production de biomasse bactérienne par rapport à la respiration – diminue avec l'élévation de la température, l'équilibre de libération respiratoire et de captation photosynthétique du dioxyde de carbone tendra vers une émission nette de carbone dans un nombre croissant d'écosystèmes. (Hutchings et autres, 2012)

De manière générale et jusqu'à un certain seuil, le taux métabolique et la croissance sont positivement corrélés à la température ambiante. Cela signifie que l'élévation de la température pourrait être bénéfique à certaines espèces dans un premier temps, mais la hausse continue des températures est susceptible de dépasser les optima écologiques de nombreuses espèces (Pinsky et autres, 2013), particulièrement en ce qui concerne les organismes sténothermes. Parmi ceux-ci, l'on compte les gadidés et les salmonidés. (Ninkinmaa, 2013)

Au-delà de leur optimum écologique, ces espèces peuvent voir leur performance de nage diminuée, avoir une fonction cardiaque et respiratoire altérée et ultimement, bénéficier de moins d'énergie pour la croissance et la reproduction. Or, la majorité des poissons et invertébrés marins sont ectothermes et la température de leur corps est donc tributaire de celle de leur environnement, rendant ces organismes plus vulnérables aux variations thermiques exogènes. En effet, l'élévation de la température à des niveaux encore supérieurs peut agir sur l'activité enzymatique et entraîner, dans le pire cas de figure, la mort de l'organisme. Si les mécanismes de défense cellulaire tels que la synthèse de protéines de choc thermique peuvent maintenir les fonctions vitales de l'organisme sur une courte période, l'acclimatation n'est pas illimitée et représente une dépense énergétique supplémentaire pour les organismes non adaptés aux nouvelles conditions de leur milieu. (Pinsky et autres, 2013)

Les effets de l'augmentation de la température chez les ectothermes affectent également la captation et l'excrétion des molécules à travers les membranes cellulaires, l'échange de contaminants avec le milieu ambiant, ainsi que les mécanismes respiratoires. À ce propos, non seulement la demande en oxygène est positivement corrélée à la température ambiante chez ces organismes, mais l'affinité de l'oxygène pour l'hémoglobine est inversement proportionnelle à la température chez la plupart des taxons. Ainsi, les ectothermes peuplant un environnement proche de la limite de leur optimum écologique peuvent être affectés par de faibles différences de température à telle enseigne que leur succès écologique s'en trouve compromis. (Nikinmaa, 2013)

Les espèces eurythermes, ayant de larges optima thermiques; les organismes endothermes, dont le métabolisme régule activement la température; ainsi que les espèces intertidales, adaptées aux grandes

variations de température, sont généralement moins sujets aux effets inhérents du réchauffement des océans. Toutefois, l'interrelation des divers effets des changements climatiques sur les écosystèmes marins doit une nouvelle fois être prise en compte, puisque l'élévation de la température et l'hypoxie des eaux peuvent interagir en diminuant respectivement la capacité d'acclimatation thermique et l'aptitude à supporter l'hypoxémie. (Bijma et autres, 2013).

3.7 Phénologie des espèces et relations interspécifiques

La modification des conditions environnementales affecte non seulement le métabolisme des organismes, mais également les phénomènes périodiques de la vie des organismes, tant à l'échelle du rythme nyctéméral, que des comportements saisonniers et des cycles pluriannuels. Or, les changements dans la phénologie des organismes en réponse à une altération donnée des conditions environnementales sont propres à chaque espèce, ce qui a le potentiel de générer un défaut de synchronie entre les stades de développement d'espèces ayant évolué conjointement au cours des siècles. (Okey et autres, 2014)

Une interaction asynchrone peut ainsi survenir à tous les niveaux trophiques : entre les organismes autotrophes et les consommateurs primaires, entre ces derniers et leurs prédateurs, ainsi qu'entre les organismes pélagiques et le benthos détritivore. (Pörtner et autres, 2014) Ainsi, l'altération de la phénologie des espèces à la base du réseau trophique peut engendrer une cascade trophique jusqu'aux prédateurs apicaux. À titre d'exemple, la hausse de la température des océans favorise le phytoplancton de faible taille (picoplancton) au détriment des espèces plus volumineuses. Cela comporte à la fois des conséquences sur l'efficacité du transfert énergétique vers les prédateurs apicaux, mais également sur la boucle microbienne, qui constitue en quelque manière une voie de transfert de l'énergie et des nutriments alternative à la chaîne trophique fondée sur la relation prédateur-proie. (Guénette et autres, 2014)

L'asynchronisme phénologique est particulièrement important lorsqu'il crée un écart temporel entre les besoins des prédateurs et la disponibilité des ressources. Au sein du domaine maritime canadien, cela se traduit, à titre d'exemple, par une prolifération annuelle hâtive de *Pseudocalanus plumchrus* – l'espèce de zooplancton dominante dans le détroit de Georgia –, qui se produisait vers la mi-mai en 1960 et survient désormais à la mi-mars. Un phénomène analogue est l'asynchronisme observé entre l'éclosion des morues et le foisonnement du plancton et des copépodes. L'altération de la phénologie des prédateurs est en effet généralement décalée en regard de celle des organismes de taille plus modeste, engendrant ainsi une faible accessibilité des ressources aux périodes phénologiques critiques de la vie des prédateurs ayant coévolué en synchronie avec les cycles de vie de leurs proies. (Hutchings et autres, 2012)

Le phénomène d'asynchronisme peut également entraîner la naissance prématurée des hétérotrophes par rapport à la disponibilité des ressources. Ainsi, l'éclosion de certains poissons arctiques est liée à

l'élévation printanière ou estivale de la température ambiante, correspondant historiquement à l'augmentation de la photopériode, qui constitue elle-même un facteur de déclenchement de l'efflorescence du phytoplancton. Le réchauffement des eaux de l'Arctique favorise ainsi une éclosion hâtive des poissons, antérieurement au moment où la photopériode est suffisante au foisonnement du phytoplancton. Il s'ensuit un défaut de synchronie entre les deux événements et partant, l'apparition de conditions peu propices à la survie des alevins. (Pinsky et autres, 2013)

En outre, les phénomènes migratoires sont généralement coordonnés avec l'abondance des ressources ou la présence de conditions optimales le long du tracé migratoire. Les conditions environnementales déclenchant la migration vers l'aval des saumons atlantiques du golfe du Saint-Laurent semblent ainsi, selon les observations, être devenues partiellement asynchrones avec les conditions de leur milieu d'accueil, engendrant ainsi une diminution de la survie des smolts. (Hutchings et autres, 2012)

Ainsi, l'asynchronisme des espèces d'une communauté biologique peut avoir des incidences importantes sur la productivité de l'écosystème, sur sa structure, sur sa composition, ainsi que sur les fonctions écosystémiques que joue l'interaction de diverses espèces, pouvant par le fait même avoir des impacts majeurs sur la résilience des communautés.

3.8 Biogéographie des communautés

Si les effets des changements climatiques peuvent entraîner des changements adaptatifs dans la phénologie des espèces, les organismes dont l'habitat est altéré au-delà d'un seuil de tolérance donné sont placés devant une alternative, soit celle de s'adapter aux nouvelles conditions ambiantes ou de migrer vers un nouveau biotope propice. Toutefois, si le réchauffement de l'océan favorise une migration vers les pôles afin de maintenir l'optimum thermique des espèces, le patron mondial d'acidification des océans encourage à l'inverse une migration vers les basses latitudes, engendrant ainsi une inadéquation entre les optima spécifiques de température et de pH. (Bijma et autres, 2013)

La tendance migratoire observée indique toutefois la prévalence de la migration vers les hautes latitudes ou vers les eaux profondes, toutes deux notamment attribuables à l'élévation de la température de l'eau. En effet, 75 % des migrations observées parmi 129 exodes biogéographiques connus de la communauté scientifique ont été dirigés vers les pôles (Sorte et autres, 2010). Les études révèlent ainsi que le taux de migration observé et anticipé du necton est de l'ordre 30 à 130 km par décennie en direction des pôles et de 3,5 m par décennies vers des eaux plus profondes (Cheung et autres, 2010). À titre d'exemple, la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) a établi en 2009 qu'environ la moitié des espèces exploitées par les industries halieutiques dans l'Atlantique Nord présentaient un patron de migration vers le nord en réaction aux changements climatiques (Craig, 2012a)

L'invasion d'habitats par de nouvelles espèces à la suite de leur migration est susceptible d'affecter plus durement les régions circumpolaires (Bijma et autres, 2013). Il s'agit ainsi d'un enjeu particulièrement important pour la conservation du domaine maritime canadien. Au sein de ce dernier, les incidences des changements climatiques entraîneront les plus lourdes pertes en espèces indigènes dans les écorégions du plateau néo-écossais, du plateau continental de Terre-Neuve-Labrador, ainsi que dans le littoral pacifique, bien que le remplacement de ces espèces par d'autres organismes non indigènes pourrait occasionner un gain net d'espèces à l'échelle des eaux canadiennes. Une telle augmentation projetée de la biodiversité ne prend cependant pas en compte les interactions interspécifiques, ainsi que l'altération de la résilience des communautés. (Hutchings et autres, 2012)

Dans les faits, l'émigration hâtive de populations d'organismes par rapport au reste de la communauté altère la composition spécifique de cette dernière, tandis que l'invasion de communautés par des espèces non indigènes peut subvertir l'équilibre de l'écosystème et dépasser son seuil de résilience, moyennant que l'espèce invasive soit suffisamment compétitive. (Pinsky et autres, 2013)

En effet, une étude menée selon les résultats de plusieurs scénarios de changements climatiques modélisés pour la baie de Fundy et le plateau continental néo-écossais indique qu'au niveau écosystémique, les changements climatiques pourraient diminuer significativement la biodiversité de ces milieux. Prenant en compte la multidimensionnalité des changements climatiques par l'intégration dans les modélisations des variables de production primaire, de structure de taille du zooplancton, du pH, de la température, du taux d'oxygène dans la colonne d'eau, ainsi que des interactions interspécifiques, l'étude prédit des changements majeurs dans la diversité spécifique du plateau continental de la Nouvelle-Écosse au cours des cinquante prochaines années. Ces changements se manifesteront notamment par une diminution de la biomasse du plateau néo-écossais variant de 19 % à 29 % (Guénette et autres, 2014), tandis qu'une étude menée en considérant les mêmes variables indique une perte de biomasse de 30 % dans les écosystèmes du Pacifique Nord (Ainsworth et autres, 2011).

Au Canada, la complexité du relief côtier est susceptible d'exacerber les incidences des changements climatiques sur la biogéographie des communautés. En effet, la topographie hétérogène peut freiner la migration des populations en réaction aux changements climatiques, ce en raison des barrières géographiques formées par le relief, mais également par le fait qu'une complexité structurelle importante crée une mosaïque d'habitats et de niches écologiques très diverses ayant une certaine unicité. (Okey et autres, 2014)

Le climat du Canada septentrional contribue également à renforcer les impacts des changements climatiques sur les communautés. La valence écologique des espèces en matière de température du milieu environnant est généralement liée à la variabilité du climat dans lequel lesdites espèces ont évolué. Ainsi, les organismes des eaux tempérées, adaptés à des variations saisonnières importantes, sont

d'avantage susceptibles d'être eurythermes, tandis que les espèces de hautes latitudes sont plus sujettes à être sténothermes. Dans un contexte de réchauffement mondial, les espèces arctiques voient les conditions optimales de leur milieu se dégrader sans pouvoir migrer plus au nord, ainsi que le font les espèces de plus hautes latitudes, accentuant par le fait même leur vulnérabilité aux changements climatiques et à l'invasion d'espèces non indigènes. (Pörtner et autres, 2014)

À l'instar des changements phénologiques, la réponse migratoire est temporellement inhomogène entre les taxons. Bien qu'elles soient souvent de bien des façons interdépendantes, les espèces d'une communauté ne forment pas un ensemble monolithique et ainsi, l'exode de certains organismes rompt la structure écosystémique établie. Ainsi, les organismes sessiles, dont les populations migrent avant tout grâce aux propagules, ne présentent pas le même rythme migratoire que le necton, de la même façon que les organismes sténoèces, possédant une faible valence écologique, ne migreront pas en harmonie avec les espèces euryèces.

En effet, les propagules et les larves de plusieurs espèces, ainsi que nombre d'organismes adultes nectoniques et planctoniques, ont une capacité de dispersion importante dans la colonne d'eau, soit grâce aux courants ou par la nage active. Ceci permet une migration rapide du necton d'un milieu devenu non optimal vers un environnement plus propice. En outre, un autre facteur influence dissemblablement la vitesse de migration des espèces : la topographie. En effet, les espèces pélagiques bénéficient d'une relative absence de barrières géographiques (hormis les diverses masses d'eau elles-mêmes), tandis que les espèces benthiques et les organismes démersaux doivent composer avec le relief du fond marin.

À l'échelle des écosystèmes, cette différence de tolérance physiologique entre les espèces peut engendrer l'altération de la composition des communautés, de la structure trophique, de la résilience des écosystèmes, ainsi que des interactions interspécifiques, en particulier lorsque les communautés se sont développées autour d'espèces structurantes. Les communautés fondées sur la présence d'espèces-ingénieurs autogéniques de l'écosystème sont ainsi particulièrement vulnérables aux changements climatiques. Celles-ci comptent notamment les forêts de kelp, les récifs d'huitres, ainsi que les coraux, dont certaines espèces sont dépendantes et partant, ne peuvent abandonner leur habitat si les changements climatiques altèrent les conditions nécessaires à leur survie. (Pinsky et autres, 2013)

La biogéographie des communautés est ainsi influencée par de nombreux facteurs incluant non seulement la température du milieu ambiant, mais également le pH, les interactions interspécifiques et le taux d'oxygène, voire la fréquence des événements stochastiques et le niveau des océans, notamment en ce qui a trait aux organismes intertidaux et côtiers.

3.9 Adaptation et plasticité phénotypique

Outre la modification du comportement, la migration et les changements d'ordre phénologique, les espèces répondent à l'altération de leur habitat grâce à des processus adaptatifs destinés à maintenir l'adéquation entre les conditions environnementales et les caractéristiques physiologiques des organismes. Ces processus d'adaptation peuvent s'exprimer tant à travers l'évolution que par le biais de la plasticité phénotypique.

Depuis la formulation de la théorie darwinienne de la sélection naturelle, l'évolution a généralement été considérée comme un processus lent et très graduel. Or, un tel postulat mettrait en lumière l'inaptitude des espèces à évoluer concomitamment avec les actuelles perturbations anthropiques du climat. Toutefois, un nombre croissant d'observations indique que l'évolution peut également se manifester sous la forme d'une adaptation génétique locale aux altérations de l'habitat. Cette réponse, appelée microévolution, se produit sur une échelle de temps relativement courte, et est un mécanisme de spéciation beaucoup plus commun que ne le suggéraient les courants de pensée traditionnels en matière d'évolution. (Mackey et autres, 2008)

La microévolution permettrait même à certaines espèces d'évoluer de concert avec les conditions environnementales de leur habitat dans un contexte de changements climatiques (D.H. Barrett et autres, 2010; Hoffmann et Sgro, 2011). Néanmoins, ce n'est guère qu'une partie des espèces qui bénéficieraient d'une microévolution suffisamment rapide pour contrer les effets des changements climatiques.

Effectivement, les populations ayant un temps de génération important, des effectifs populationnels modestes et une faible diversité génétique ne sauront évoluer au rythme des altérations anthropiques de l'océan. En fait, la rapidité des phénomènes de microévolution observés chez certaines espèces pourrait être en partie attribuable à un génotype recelant déjà les gènes adaptés aux nouvelles conditions de l'habitat, ceci étant le résultat des variations environnementales ayant ponctué l'évolution de ces espèces et les ayant prédisposées à une adaptation rapide dans l'éventualité où ces conditions préexistantes régneraient à nouveau. (Pinsky et autres, 2013) En termes métaphoriques, l'on pourrait donc associer davantage ces mécanismes évolutifs à une réponse immunitaire acquise à l'encontre de conditions adverses plutôt qu'à un réel phénomène d'évolution accélérée.

D'autre part, les échanges génétiques au sein d'une métapopulation entre des individus migrants et des populations localement adaptées à un éventail de conditions environnementales permettent d'accélérer les processus évolutifs grâce à la présence dans le génotype de la population d'accueil de gènes adaptés. (Pinsky et autres, 2013)

L'autre phénomène adaptatif pouvant favoriser l'accoutumance des populations aux conditions altérées de leur habitat est la plasticité phénotypique, soit la capacité d'un même génotype à générer diverses manifestations phénotypiques – tant en ce qui touche au comportement et à l'ontogénie qu'en matière de morphologie et de physiologie – sans que ces changements ne participent donc de modifications génétiques. (Mackey et autres, 2008)

Ce processus entraîne donc une adaptation du phénotype d'un individu en fonction des conditions environnementales ambiantes. La plasticité phénotypique peut s'exprimer de multiples manières. À titre d'exemple, dans un contexte de changement climatique, une augmentation de l'expression des protéines de choc thermique constitue un mécanisme régi par la plasticité phénotypique. Il en va de même de la modification du développement des branchies en réaction à des conditions hypoxiques. (B. H. Reusch, 2013) En outre, les variables environnementales peuvent même influencer le ratio des sexes, ainsi que la morphologie de certaines espèces (Groves et autres, 2010).

3.10 Agents pathogènes

L'ensemble des facteurs environnementaux détaillés dans les précédentes sections du présent chapitre a une influence sur la résilience des communautés et des organismes marins. L'interaction des diverses incidences des changements climatiques sur les populations est ainsi susceptible d'augmenter la vulnérabilité des organismes à d'autres stress abiotiques, mais également biotiques, tels que les agents pathogènes. Les changements de la biogéographie des organismes pathogènes et de la vulnérabilité des hôtes, ainsi que la dispersion des vecteurs en réaction au réchauffement des océans ont mené à l'augmentation de la prévalence des maladies dans le domaine marin. (Hoegh-Guldberg et Bruno, 2010)

Tandis que le réchauffement climatique permet la dispersion des agents pathogènes de basses latitudes dans les écosystèmes où le climat prévenait autrefois leur développement, les incidences conjuguées des changements climatiques affaiblissent la réponse immunitaire des hôtes, en particulier les invertébrés et les poissons (Pörtner et autres, 2014). L'*United Nations Environment Programme* (UNEP) considère à ce titre que la tendance des dernières décennies à l'augmentation de la prévalence de maladies marines est sans précédent (Craig, 2012a).

Cette tendance affecte une pluralité de taxons, notamment certains cnidaires, échinodermes, mollusques, mammifères marins et tortues marines. Toutefois, la complexité des relations entre l'environnement, les agents pathogènes et leurs hôtes rend malaisée la détermination de la part exacte de la hausse de prévalence attribuable aux changements climatiques. (Congressional Digest, 2014)

3.11 Rétroactions sur le climat

Les écosystèmes ne subissent pas de manière passive les incidences des changements climatiques. À l'inverse, les composantes abiotiques et biotiques des biotopes rétroagissent sur le climat en réponse à l'altération des conditions environnementales. La présente section dresse un portrait synthétique de rétroactions positives (renforçant les tendances actuelles) et négatives (atténuant les changements climatiques) sur le climat.

L'un des agents prédominants de la rétroaction des organismes marins sur le climat est le phytoplancton, duquel est tributaire près de la moitié de la photosynthèse mondiale (Falkowski, 2012). De ce fait, l'impact du phytoplancton sur le cycle océanique du carbone est un élément cardinal de l'équilibre entre la captation et la libération du dioxyde de carbone par les océans. (Nikinmaa, 2013). Or, comme décrit dans la section 3.6 de ce chapitre, traitant des effets inhérents de la température sur les écosystèmes marins, un réchauffement des océans engendre une augmentation plus prononcée des phénomènes respiratoires émetteurs de CO₂ que des processus photosynthétiques qui le séquestrent.

Au sein des eaux arctiques et circumpolaires, les rétroactions sur le climat seront multidimensionnelles. En effet, l'on estime que les eaux de l'Arctique constituent actuellement un puits de carbone, ce qui signifie que le bilan net de captation du CO₂ y est positif. Suivant cette logique, la diminution des glaces prévue en réaction aux changements climatiques favoriserait l'absorption de CO₂ par les eaux arctiques grâce à l'accroissement des échanges atmosphère-eau. (G. Barber et autres, 2012)

De plus, les glaces elles-mêmes participent à l'équilibre des échanges eau-atmosphères dès lors que, au moment de leur formation, les glaces créent des canaux de saumure en générant des molécules de CaCO₃. Or, ce phénomène est responsable de la formation de précipités chimiques qui entraînent le dioxyde de carbone vers les strates inférieures de la colonne d'eau et partant, favorisent la sous-saturation des eaux de surface en CO₂ par rapport à l'atmosphère. Ainsi, l'augmentation du ratio des glaces annuelles sur les glaces multiannuelles en réaction aux changements climatiques est susceptible d'avoir un effet favorable sur la captation de CO₂. Cet effet pourrait toutefois s'inverser à mesure qu'un volume moindre de glace se formera au cours des années (G. Barber et autres, 2012)

Le réchauffement des océans est également susceptible d'augmenter le mécanisme de la pompe biologique en accroissant le taux de lyse algale, de lyse phytoplanctonique et d'excrétion (Johannessen et Miles, 2010; Tremblay et autres, 2012). En contrepartie, une part importante de la sédimentation du carbone vers les fonds marins pourrait être entravée par le renforcement de la boucle microbienne et par le recyclage accru des nutriments par le mésozooplancton (Tremblay et autres, 2012), tandis que l'augmentation de la température de l'eau accroîtra la libération de méthane et de CO₂ en favorisant les

réactions de méthanogenèse et de décomposition des matières organiques dans la colonne d'eau (Mcguire et autres, 2009).

Ainsi, la séquestration du dioxyde de carbone pourrait être accentuée par le renforcement de la pompe biologique dû à l'augmentation de la lumière incidente et de la quantité de nutriments, mais pourrait également diminuer en raison notamment de la stabilisation de la colonne d'eau et des changements physicochimiques qui y auront lieu. L'équilibre qui s'établira entre ces facteurs antagonistes déterminera de quelle manière le rôle de l'océan Arctique comme puits de carbone sera altéré en réponse aux changements climatiques.

La manière dont se manifesteront les changements climatiques, ainsi que les effets écologiques qu'ils auront sont influencés par les écosystèmes eux-mêmes, par l'échelle d'étude, ainsi que par les caractéristiques propres à chaque écorégion et à chaque biotope. Les effets observés sont pluriels et comprennent un asynchronisme des événements migratoires et phénologiques, ainsi qu'une rupture de la relation entre les prédateurs et les proies, de même qu'entre les éléments de relations interspécifiques telles que le mutualisme. Les incidences sont également de l'ordre de la biogéographie des communautés, de la perte d'habitat et de l'invasion d'espèces non indigènes et d'agents pathogènes. Les impacts conjugués des changements climatiques sont ainsi susceptibles de nuire à la résilience des populations, d'altérer l'intégrité, la composition spécifique et les fonctions écologiques des communautés, voire de rompre l'équilibre naturel des écosystèmes. Il apparaît ainsi vital de considérer les changements climatiques dans leur multidimensionnalité plutôt que de traiter chacun de leurs impacts en vase clos.

4 ANALYSE DES VOIES DE GOUVERNANCE DES AIRES MARINES PROTÉGÉES DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Si la réduction substantielle des émissions de GES devrait représenter la valeur cardinale à adopter touchant l'atténuation de l'incidence des changements climatiques sur les écosystèmes, la conjoncture mondiale ne permet pas d'entrevoir le prompt déclin de l'usage des énergies fossiles à courte échéance. En outre, il résulte de la seule inertie climatique que même advenant une cessation complète et immédiate des émissions, un certain degré de perturbations atmosphériques découlera des impacts anthropiques sur le climat. Ainsi, les tendances observées sur les océans – notamment l'acidification et le réchauffement de la colonne d'eau –, ainsi que tous les effets corollaires qui s'ensuivent sur les écosystèmes marins, ne sont pas appelés à s'amoinrir au cours du 21^e siècle.

Le présent chapitre dresse ainsi le portrait des mesures d'adaptations propres à atténuer les incidences négatives des changements climatiques sur l'intégrité des océans. En effet, en dépit que les aires marines protégées constituent un instrument de conservation reconnu et efficace dans un environnement caractérisé par une relative stabilité, les changements rapides procédant de l'altération anthropique du climat requièrent une conceptualisation nouvelle du rôle, des objectifs et de la gestion des aires marines protégées dans une perspective de maintien de l'intégrité des écosystèmes.

L'adaptation aux changements climatiques est un enjeu majeur et dont l'intégration dans le domaine de la conservation est néanmoins lacunaire. Or, l'application de ce concept dans la création et la gestion du réseau national d'aires marines protégées revêt une importance considérable sous plusieurs aspects. En premier lieu, l'impact des changements climatiques est un enjeu actuel, puisqu'il se fait déjà ressentir tant à l'échelle des espèces que des écosystèmes, affectant notamment l'ontogénie des espèces, les relations interspécifiques, ainsi que la biogéographie des communautés. En outre, sans égard au scénario d'émissions anthropiques de GES retenu, les changements climatiques se poursuivront au cours du 21^e siècle avec une ampleur suffisante pour préjudicier aux groupes taxonomiques les plus vulnérables. En dernier lieu, tant sur le plan économique, qu'écologique et social, l'instauration de mesures d'adaptations proactives présente un rapport coûts-bénéfices et une efficacité autrement plus favorable que les actions réactives, ce qui est d'autant plus manifeste en considérant les effets irrémédiables encourus par les écosystèmes, tels que l'extinction d'espèces ou la perte de diversité génétique. (J. Lemieux et autres, 2011)

Le présent chapitre s'articulera autour d'une perspective multidimensionnelle de la gestion des AMP et s'arrêtera ainsi sur le cadre organisationnel de gouvernances des AMP, sur l'intégration d'une démarche participative dans le processus décisionnel, sur les aspects de résilience écosystémique et de planification écorégionale, ainsi que sur l'adoption d'une démarche adaptative, essentielle à la lumière de la variabilité accrue engendrée par les incidences des changements climatiques.

4.1 Cadre organisationnel et politique dans la gestion des aires marines protégées

S'inscrivant dans la lancée de la *Stratégie nationale sur les océans du Canada* de 2002 et de la *Stratégie fédérale sur les aires marines protégées* publiée en 2005, le *Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada* constitue le fondement de la coordination nationale du réseau d'AMP canadien. Il énonce en effet la vision ainsi que les principes de conception du réseau, et constitue par conséquent un instrument d'orientation pour l'harmonisation de la gouvernance des AMP. (Canada, 2011)

L'analyse des trois documents directeurs précités, ainsi que des principales publications du gouvernement fédéral touchant l'instauration du réseau national d'AMP révèle que la stratégie canadienne en matière de conservation des océans se fonde sur des principes clés de gestion intégrée des écosystèmes. Elle dénote ainsi une conceptualisation pluridimensionnelle des enjeux soulevés par la conservation des océans.

En effet, le cadre national énonce pour principes directeurs l'adoption d'une approche cohérente de gestion intégrée des océans; le respect des droits et des activités actuels, notamment autochtones; la transparence du processus et l'intégration des parties prenantes; la considération des enjeux socioéconomiques tout en faisant prévaloir les enjeux de conservation; l'application de mesures suffisantes pour atteindre les objectifs des AMP et du réseau; ainsi que l'adoption de pratiques de gestion exemplaires, comprenant le principe de précaution et la gestion écosystémique. (Canada, 2011)

Néanmoins, force est de constater qu'aucun de ces documents n'aborde de façon concrète les adaptations que requièrent les incidences des changements climatiques dans la gouvernance et la conception du réseau d'AMP canadien. En outre, l'inexistence de plan directeur comportant des objectifs précis, des outils de décision et des instruments d'évaluation quantifiables des AMP existantes constitue un obstacle majeur à l'harmonisation des pratiques en matière de gouvernance des AMP eu égard au partage des compétences entre plusieurs instances dans ce domaine.

En l'absence d'un cadre normatif clair présentant davantage que des orientations générales, il semble improbable que Pêches et Océans Canada puisse exercer de manière optimale le rôle de meneur que lui a imparti le gouvernement pour harmoniser les efforts des différentes entités impliquées dans l'instauration du réseau national d'AMP. Le cadre national, publié en 2011, indique à cet effet qu'un plan directeur global serait établi et que des plans d'action initiaux seraient émis pour le réseau d'AMP en 2012, puis au fil du temps, en fonction des ressources. (Canada, 2011) À l'heure actuelle, toutefois, les recommandations émises à la suite d'ateliers nationaux sur le réseau d'AMP par le Secrétariat canadien de consultation scientifique n'ont été intégrées à aucune publication gouvernementale structurante.

Le fruit des ateliers menés par le SCCS constitue néanmoins un pas important dans la direction de l'établissement d'instruments décisionnels structurants pour la gouvernance et l'établissement du réseau d'AMP. En effet, les recommandations ayant résulté de ces ateliers nationaux comportent notamment des principes directeurs de formulation des objectifs des AMP au sein du réseau, invitant à l'énonciation d'objectifs spécifiques en adéquation avec ceux du réseau dans sa globalité, ainsi que de la zone de gestion intégrée des océans dans laquelle est sise une AMP donnée. (Canada. SCCS, 2012a) Les recommandations soulignent également l'importance d'objectifs décrivant l'état visé des écosystèmes, ainsi que la nécessité de formuler des objectifs de conservation opérationnels mesurables.

À ce titre, le SCCS met en relief le rôle clé d'indicateurs de performance pour le réseau d'AMP, soulignant notamment leur importance dans l'évaluation des avancées en regard des objectifs de conservation, dans la détermination de l'efficacité de la gouvernance et des fondements écologiques du réseau national, de même que dans la mesure de l'intégrité des écosystèmes protégés. (Canada. SCCS, 2012a) Or l'absence de tels indicateurs dans les documents structurants du réseau d'aires marines protégées constitue une lacune importante, en particulier dans un contexte où les changements climatiques entraîneront un besoin accru de surveillance et de suivi de l'intégrité écologique des AMP.

En sa qualité de meneur pour la formation du réseau d'AMP, Pêches et Océans Canada devrait ainsi s'inspirer d'actions entreprises à l'international pour favoriser l'harmonisation de mesures de conservation à l'échelle du réseau dans son intégralité. À titre d'exemple, la *Great Barrier Reef Marine Park Authority* (GBRMPA) a émis en 2007 un plan d'action pour l'adaptation de la conservation aux changements climatiques, puis un plan d'action et une stratégie d'adaptation pour la période s'échelonnant de 2012 à 2017. Si le premier s'apparente au cadre national canadien en ce qu'il présente des orientations générales, le plan d'action 2012-2017 présente des objectifs précis, chiffrés et fixés dans le temps, et ce, pour l'ensemble des actions d'adaptation prévues. (GBRMPA, 2007; GBRMPA, 2012)

Dans son rapport de 2012, le commissaire à l'environnement et au développement durable indique que Pêches et Océans Canada prévoit réaliser un plan d'action pour 8 à 10 des 13 biorégions d'ici le terme de 2020 en fonction de la disponibilité des ressources. Lors de l'audit du commissaire à l'environnement, aucun plan n'avait toutefois été finalisé, tant en ce qui a trait à l'identification des aires marines de protections qu'en ce qui concerne les mesures mises en œuvre, les indicateurs d'efficacité retenus ou les objectifs spécifiques pour atteindre les finalités du réseau national. En émettant l'hypothèse que les ressources imparties à l'instauration du réseau national d'AMP soient maintenues à leur niveau actuel, Pêches et Océans Canada estime que le développement et la mise en œuvre d'un plan d'action exhaustif pour le réseau national d'AMP s'échelonneront sur des décennies, ce qui compromettrait fortement l'atteinte des engagements internationaux du Canada dans ce domaine. (Office of the Auditor General of Canada, 2012)

Le commissaire à l'environnement souligne ainsi dans son rapport de 2012 que Pêches et Océans Canada n'a pas mené à bien de démarche collaborative réunissant les parties prenantes pour la formulation d'un plan d'action pour l'ensemble du réseau national d'AMP, constat qui doit pourtant être itéré à l'aube de 2015 à la lumière des progrès réalisés par le ministère. En dépit que le rapport du commissaire souligne les avancées importantes issues des efforts des acteurs impliqués dans l'instauration du réseau national d'AMP, notamment par l'identification des aires représentatives dans l'ensemble des régions marines définies par Parcs Canada, il concluait en 2012 que, moyennant que le rythme des avancées actuelles se maintienne, plusieurs décennies seraient nécessaires au Canada pour établir un réseau pleinement fonctionnel d'AMP afin de satisfaire à ses engagements internationaux. (Office of the Auditor General of Canada, 2012)

Au reste, le précédent rapport du commissaire à l'environnement et au développement durable, paru en 2010 et portant sur le degré d'adaptation aux changements climatiques de la gouvernance exercée par les entités gouvernementales canadiennes, indiquait que les divers organismes et instances ministériels ne bénéficient pas de « l'orientation stratégique centrale [requis pour prioriser] et coordonner les efforts qu'ils déploient pour trouver des façons plus efficaces et efficientes de gérer les risques liés aux changements climatiques. » (Bureau du commissaire à l'environnement et au développement durable, 2010) Bien qu'un certain progrès ait été réalisé au cours des dernières années à ce chapitre, ce constat général demeure actuel dans le domaine de la conservation des océans.

En effet, si l'Agence Parcs Canada, ainsi que certaines entités provinciales impliquées dans la gestion des AMP se soient érigées en précurseurs dans la considération des changements climatiques pour la gouvernance des AMP et que Parcs Canada ait réalisé l'évaluation des impacts potentiels des changements climatiques sur ses parcs, le développement de scénarios de changements climatiques, ainsi qu'un nombre considérable de recherches et d'activités à ce sujet (Scott et Lemieux, 2005), l'intégration des changements climatiques dans la conservation est encore embryonnaire dans la gouvernance des aires marines protégées canadiennes.

À l'heure actuelle, la capacité des entités gouvernementales à établir des stratégies d'adaptation aux changements climatiques est incertaine et les audits menés auprès de diverses agences impliquées dans la conservation du patrimoine naturel canadien révèlent de manière générale une faible capacité d'adaptation aux changements climatiques. (A. Gray et autres, 2011)

Ce constat est avéré par les résultats d'une étude menée auprès d'un large éventail d'acteurs de l'instauration d'AMP au Canada, comprenant notamment le Service canadien de la faune d'Environnement Canada, l'Agence Parcs Canada, Pêches et Océans Canada, les ministères pertinents de chaque province et territoire, ainsi que 13 organismes non gouvernementaux.

Dans le cadre de cette étude, les représentants de toutes les entités responsables de l'instauration et de la gouvernance d'aires protégées ont reconnu que les incidences des changements climatiques constituaient un enjeu actuel pour la gestion des aires protégées ou que tel serait le cas dans un avenir rapproché, soit antérieurement à 2020. Ils convenaient également que les changements climatiques altéreraient de façon importante la planification des aires protégées dans un avenir rapproché, 71 % d'entre eux déclarant être relativement en accord ou fortement en accord avec un tel énoncé sur un horizon de 10 ans, tandis que ce pourcentage s'élevait à 94 % pour une échéance de 25 ans. La position des acteurs de la conservation au Canada semble d'autant plus révélatrice pour les AMP puisque ceux-ci jugeaient que les incidences les plus importantes des changements climatiques sur les aires protégées toucheraient leur composante aquatique, notamment en ce qui a trait à l'intégrité des bassins versants et à la qualité de l'eau. (J. Lemieux et autres, 2011)

La perception des acteurs de la conservation en ce qui a trait à la conjoncture environnementale actuelle revêt un aspect dual. En effet, plus de 70 % des répondants ont souligné que les effets des changements climatiques se faisaient déjà ressentir dans les aires protégées tributaires du mandat de l'instance dont ils étaient le truchement, tandis que la différence déclarait qu'une incertitude demeurait quant aux impacts ressentis. Or, dans le cadre de cette étude, les entités impliquées dans la gestion des aires protégées ont en moyenne placé au dixième rang les changements climatiques dans les enjeux actuels de gouvernance des aires protégées, tandis qu'elles désignaient les changements climatiques au second rang des enjeux de gestion – soit immédiatement derrière les menaces anthropiques extrinsèques locales – dans un horizon de 25 ans. (J. Lemieux et autres, 2011)

Le degré de sensibilisation et la perception de l'ampleur des impacts climatiques dans un futur rapproché tels que révélés par cette étude semble aller à contresens des actions concrètes entreprises pour favoriser l'adaptation aux changements climatiques, moins de 20 % des organismes représentés ayant mené une analyse des implications futures des changements climatiques sur les objectifs et la gouvernance des aires protégées. De tous organismes et entités institutionnelles représentés dans l'étude, seuls Ontario Parks, Saskatchewan Environment, le gouvernement du Nouveau-Brunswick, Fonds mondial pour la nature Canada et l'Agence Parcs Canada ont mené une étude de vulnérabilité des écosystèmes prenant en compte les changements climatiques. Cela se reflète également dans l'allocation d'un budget dédié à la réponse aux changements climatiques, une telle allocation particulière des ressources n'étant présente, au moment de l'étude, que dans les organismes précités (exception faite du gouvernement du Nouveau-Brunswick) et au sein du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. Dans l'ensemble, 91 % des entités impliquées dans l'instauration et la gouvernance d'aires protégées au Canada estiment qu'à l'heure actuelle, elles ne possèdent pas la capacité de mettre en œuvre des mesures d'adaptation efficaces pour atténuer les effets des changements climatiques sur les écosystèmes protégés. (J. Lemieux et autres, 2011)

4.1.1 Indicateurs de rendement

Les défis additionnels que représentera l'intégration des effets des changements climatiques à l'équation déjà complexe de la conservation des écosystèmes marins entraîneront une nécessité croissante d'assurer l'efficacité et l'optimisation des mécanismes de gouvernance déployés pour la gestion du réseau national d'AMP. Or, à l'échelle biorégionale et nationale, la valeur écologique des actions entreprises pour la conservation des écosystèmes est intimement liée à l'efficacité des processus de gestion sous-jacents.

De nombreuses considérations doivent ainsi faire l'objet d'une attention particulière afin d'assurer l'efficacité de l'organisme institutionnel auquel il incombe d'instaurer et d'administrer le réseau d'AMP pancanadien. Parmi celles-ci, l'on compte notamment la nécessité d'une ferme volonté d'instigation de la part de l'organisme responsable de coordonner la formation du réseau; le besoin d'une vision et d'un cadre législatif fort et sans équivoque, ainsi que de mandats clairs pour chaque entité impliquée; l'impératif de formuler des objectifs structurants et situés dans le temps; et naturellement, la nécessité de l'accès aux ressources adéquates, ces éléments représentant les composantes minimales requises pour optimiser l'efficacité de la gouvernance des AMP (Osmond et autres, 2010)

L'instauration d'un cadre de gouvernance structurant peut être concrétisée à travers un certain nombre d'outils de gestion. Ces derniers prennent notamment la forme d'instruments légaux, économiques, de conscientisation et de diffusion des connaissances, ainsi que de processus participatifs, chacun jouant un rôle d'une ampleur variable selon les modèles de gouvernance adoptés (Jones et autres, 2011).

La diversité et la complémentarité des instruments de gestion mis en œuvre sont un gage de la résilience du système de gouvernance des AMP. Tandis que les outils légaux jouent un rôle stabilisateur dans la gestion des AMP en fournissant un cadre structurant et en orientant les mécanismes d'action vers l'atteinte des objectifs, les mesures incitatives et autres instruments économiques permettent, moyennant qu'ils soient employés adéquatement, d'atténuer les effets négatifs potentiels de l'instauration d'une AMP sur les communautés locales et d'assurer la redistribution équitable des bénéfices. La diffusion des connaissances assure la conscientisation, la compréhension des enjeux et partant, des bienfaits de l'instauration d'une AMP, alors que les instruments de gestion participative favorisent l'implication et le sentiment d'inclusion des parties prenantes dans le processus décisionnel. (Jones et autres, 2013)

Quels que soient les instruments de gestion retenus, l'évaluation rétrospective et régulière de leur efficacité s'avère primordiale dans une perspective d'amélioration continue. Or, le rapport de 2012 du commissaire à l'environnement et au développement durable révèle que, bien que « les indicateurs de rendement [soient] essentiels pour déterminer [...] si les mesures de gestion sont efficaces et permettent d'atteindre les résultats prévus », des indicateurs de rendement n'avaient été formulés que pour six des

huit AMP de Pêches et Océans Canada et « ne faisaient l'objet d'un suivi systématique que dans trois AMP » (Office of the Auditor General of Canada, 2012)

Les indicateurs de rendement de gouvernance sont d'une nature plurielle et devraient inclure des indices mesurables adaptés au contexte particulier, ainsi qu'aux objectifs spécifiques de l'AMP ou du réseau d'AMP auquel ils s'appliquent. Ces indicateurs devraient ainsi se fonder sur une vision multidimensionnelle de la gouvernance et minimalement permettre l'évaluation de thèmes tels que :

- la diffusion des connaissances et la conscientisation du public;
- l'intégration régulière des nouvelles données et du fruit des recherches au cadre de gouvernance;
- la pluralité des sources de connaissance, incluant le savoir ancestral et local;
- l'existence de mécanismes fiables et transparents d'échange d'information;
- la considération de l'incertitude dans le processus décisionnel et l'adoption d'une approche de précaution;
- l'existence d'un cadre législatif structurant, mais flexible dans une perspective de gestion adaptative;
- le caractère intersectoriel de la vision des enjeux environnementaux;
- la minimalisation du travail en vase clos;
- la coordination, l'harmonisation et la complémentarité entre les mandats, les objectifs et les actions des entités impliquées;
- l'établissement d'un dialogue entre les parties prenantes et le renforcement du capital social;
- l'existence de procédures de gestion des conflits;
- la mise en œuvre de mécanismes qui assurent la transparence et la gestion des conflits d'intérêts;
- la cohérence entre la vision, les objectifs et les actions déployées à toutes les échelles décisionnelles;
- la formulation d'objectifs clairs, quantifiés, mesurables et comportant des échéances réalistes;
- l'intégration des actions de conservation dans leur contexte socioculturel et économique;
- l'adéquation entre les objectifs des AMP individuelles et celle du réseau national;
- l'efficacité du processus participatif pour établir la légitimité et l'acceptabilité des actions de conservation;
- l'existence de programmes de création et de renforcement des capacités;
- la mise en œuvre de mécanismes de surveillance et de contrôle adéquats;
- et la mise en place d'actions visant le maintien ou l'augmentation de la capacité de support des écosystèmes.

(Bennett et Dearden, 2014; Lockwood et autres, 2012; UNDP, 2012; Groves et autres, 2010; J. S. Baron et autres, 2008)

4.1.2 Coordination interinstitutionnelle

La configuration et la mise en œuvre du réseau national d'AMP constituent un processus multidisciplinaire et s'inscrivent dans un contexte légal, organisationnel et juridique complexe. La compétence en matière d'environnement et de conservation est d'une part partagée entre les paliers gouvernementaux et relève d'autre part de l'autorité de divers ministères et organes décisionnels au sein d'un même palier de gouvernement. En outre, l'instauration du réseau national d'AMP doit se faire de manière concertée avec diverses entités gouvernementales dont l'influence s'étend sur des domaines intrinsèquement liés à la gestion des océans. À titre d'exemple, au niveau fédéral l'instauration d'une AMP peut nécessiter la concertation de nombreux intervenants, incluant l'Agence Parcs Canada; Environnement Canada; Pêches et Océans Canada; Transports Canada, en ce qui a trait aux enjeux de navigation; Ressources naturelles Canada et Affaires autochtones et développement du Nord Canada, pour n'en nommer que quelques-uns. (Lopoukhine, 2013) Une orchestration cohérente et inclusive constitue ainsi un facteur central pour assurer l'efficacité et l'atteinte des objectifs du réseau national d'AMP.

À ce chapitre, la *Stratégie fédérale sur les océans* désigne comme l'un des principes directeurs de gouvernance des océans une « collaboration au sein du gouvernement fédéral et entre les divers niveaux de gouvernement » (Canada, Pêches et Océans Canada, 2002), tandis que la *Stratégie fédérale sur les aires marines protégées* indique que le gouvernement prévoyait « établir ou formaliser des mécanismes de coopération interministérielle » (Canada, 2005). Bien que l'importance de tels enjeux ait été soulignée à maintes reprises dans les publications du gouvernement fédéral, le récent examen du cadre de gouvernance dont la mise en œuvre incombe à Pêches et Océans Canada en vertu de la *Loi sur les océans* révèle qu'en dépit des efforts du gouvernement en ce sens, il demeure des failles importantes touchant la coordination des diverses instances décisionnelles impliquées dans l'établissement du réseau national d'AMP.

Ainsi, l'adaptation aux changements climatiques au sein du réseau d'AMP pancanadien se fait en grande partie de manière individuelle parmi les acteurs institutionnels de la conservation, et une coordination nationale des efforts à ce sujet fait actuellement défaut (J. Lemieux et autres, 2011; Jessen et autres, 2011; Heck et autres, 2012) Or, la complexité juridictionnelle, ainsi que le recoupement des mandats et intérêts des acteurs de la conservation des océans au Canada requièrent une harmonisation stratégique afin que les entités puissent agir de manière synergique. Pêches et Océans Canada devrait ainsi renforcer sa politique de collaboration interministérielle et favoriser par des mécanismes concrets la communication et l'échange d'information au sein du département, entre le ministère, l'Agence Parcs Canada et Environnement Canada, ainsi qu'entre les paliers gouvernementaux, soit par des mécanismes de gestion conjointe ou par la mise en œuvre de plates-formes d'échange.

Les effets des changements climatiques engendreront un besoin accru de communication entre les instances décisionnelles en matière de protection des océans afin d'assurer une réponse efficiente et coordonnée aux nouveaux défis de conservation qui adviendront dans le futur. Ainsi qu'il sera souligné dans la section 4.8 de ce chapitre, la hausse de la variabilité environnementale issue des changements climatiques renforcera la nécessité d'adopter une approche adaptative de la gestion des AMP, aussi l'orchestration optimale des divers aspects de la gouvernance revêtira-t-elle une importance croissante dans les années à venir.

La formation d'un réseau de communication structuré entre les acteurs de l'établissement du réseau national d'AMP facilite le flux d'information, une utilisation optimale des nouvelles connaissances acquises, ainsi que l'identification des points à améliorer à chaque échelle décisionnelle, tant en ce qui a trait aux connaissances qu'aux mécanismes de gestion (Lockwood et autres, 2012) Elle constitue également une assise sur laquelle peut être optimisé le suivi écologique et organisationnel du réseau dans sa globalité (Heck et autres, 2012). L'étude précitée menée auprès des principaux acteurs de la conservation au Canada révèle par ailleurs que l'harmonisation des efforts en matière d'établissement du réseau national d'AMP et d'adaptation aux changements climatiques constitue un enjeu d'intérêt, puisque 83 % des répondants affirment qu'un effort de collaboration à l'échelle nationale serait une approche idoine dans le contexte de l'adaptation de la conservation aux changements climatiques (J. Lemieux et autres, 2011).

4.1.3 Coopération internationale

La coopération internationale représente également un enjeu dont l'ampleur est appelée à croître dans un contexte de changements climatiques. Un exemple concret pouvant illustrer ce constat procède de l'altération des patrons biogéographiques en réponse aux changements climatiques. En effet, comme il a été détaillé dans le précédent chapitre, la modification de la répartition de nombreuses espèces marines entraînera l'immigration croissante au Canada d'espèces non indigènes issues des latitudes inférieures. Les données d'organismes gouvernementaux – tels que la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) – en ce qui a trait aux tendances biogéographiques au-delà de frontières ou concernant les espèces pour lesquelles un défaut d'information se fait ressentir au Canada favoriserait ainsi une réponse proactive et une optimisation de l'affectation des ressources à la lumière des connaissances accumulées à l'international, notamment aux États-Unis.

Le gouvernement du Canada a déjà déclaré son intention de forger des partenariats internationaux en matière de conservation de son domaine maritime. La *Stratégie fédérale pour les aires marines protégées* émet ainsi l'objectif de « lier le réseau national d'aires marines protégées du Canada aux réseaux continentaux et mondiaux » (Canada, 2005), et prévoit la conception d'un plan d'action régional sur les aires marines protégées dans le cadre de ses ententes avec les gouvernements du Mexique et des États-

Unis. Dans le même ordre d'idée, le *Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada* propose l'utilisation de la Commission mixte internationale du Canada et des États-Unis comme forum de planification intergouvernemental des aires marines protégées. L'établissement du *North American Marine Protected Area Network* visant le renforcement des échanges entre le Canada, les États-Unis et le Mexique en matière d'AMP a par ailleurs concrétisé dans une certaine mesure l'intention manifestée par le Canada de favoriser la collaboration internationale pour la conservation des océans. (Office of the Auditor General of Canada, 2012)

Les échanges de connaissances et d'expériences entre les chercheurs et les gestionnaires constituent un important moteur d'évolution des idées. Elles favorisent également la révision par les pairs des recherches et des mécanismes de gouvernance, tout en permettant la mise en commun du savoir acquis dans un souci d'efficacité. (Welch, 2005). Toutefois, la coopération internationale devrait se déployer au-delà du niveau de la communication et s'articuler autour d'accords de planification conjointe de réseaux d'AMP à l'échelle supranationale. Un nombre croissant d'organismes de conservation internationaux reconnaissent que la configuration d'un réseau mondial représentatif est tributaire de la coopération intergouvernementale à une échelle égale ou supérieure aux écorégions, notamment grâce à la formation de matrices de protection transfrontalières gérées de manière unifiée entre les pays concernés (Guerreiro et autres, 2011) Une telle échelle de planification s'inscrit dans les recommandations du SCCS de planifier l'instauration du réseau d'AMP canadien à l'échelle biorégionale et épouse les orientations du gouvernement canadien en matière d'approche collaborative et intégrée de la gouvernance des océans.

Outre les instruments de collaboration internationale précités et identifiés par le Canada pour la planification du réseau national d'AMP, il existe un nombre important d'outils préexistants sur lesquels peut s'appuyer l'effort du Canada de favoriser les relations internationales en matière de conservation des océans. Ces outils comportent notamment la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer ratifiée par le Canada en 2003, la Convention sur la diversité biologique et la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage. (Guerreiro et autres, 2011)

La mise en œuvre du *Coral Triangle Marine Protected Area System* constitue un exemple d'établissement d'un réseau d'AMP transfrontalier à l'échelle de l'écorégion par la formulation d'un plan d'action conjoint entre la Malaisie, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, le Timor-Leste, les Îles Salomon et les Philippines (Green et autres, 2012). Un autre exemple d'initiative internationale est incarné par le réseau d'AMP de la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, qui forme un système de conservation partagé entre la France, l'Allemagne, la Norvège, le Portugal, la Suisse, ainsi que le Royaume-Uni et qui est encadré par une entité neutre internationale. (Transatlantic Platform for action on the Global Environment (TPAGE), 2008)

4.2 Démarche participative et implication des parties prenantes

Le soutien de la population constitue un facteur important de la réussite de l'instauration d'une AMP et les études révèlent que la mise en œuvre d'une démarche participative représente ainsi une avenue déterminante tant dans les phases préliminaires d'établissement d'une AMP que pour tirer le meilleur parti des mécanismes de sa gouvernance (Gleason et autres, 2010). En effet, une insuffisante implication des parties prenantes dans la planification des aires protégées est un facteur majeur d'échec de l'instauration d'une AMP, que ce soit en raison de la sous-représentation de certains groupes d'intérêt ou en raison d'un engagement tardif des parties prenantes dans le processus (Agardy et autres, 2011).

La conscientisation du public aux enjeux des changements climatiques et des effets anthropiques sur les écosystèmes représente une opportunité de sensibilisation engendrée par l'instauration du réseau national d'AMP, mais l'examen des divers acteurs de la conservation au Canada révèle que seulement 17 % des institutions impliquées dans la formation et la gestion d'aires protégées enchâssent les enjeux représentés par les changements climatiques dans leurs programmes d'éducation publique et de diffusion des connaissances (J. Lemieux et autres, 2011) Cela constitue un enjeu considérable puisque l'inobservation du cadre législatif des aires marines protégées est souvent intrinsèquement liée à l'incompréhension du propos qui sous-tend les dispositions réglementaires. À l'inverse, la limpidité des raisons sur lesquelles se fondent les restrictions d'usage dans une perspective de perpétuation des écosystèmes favorise l'observance des dispositions normatives. (Agardy et autres, 2011) L'adoption d'une démarche participative permet ainsi de légitimer le cadre légal aux yeux des parties prenantes et d'ainsi le renforcer.

La simple conscientisation des parties prenantes et de la population ne constitue cependant pas, à proprement parler, une démarche participative. Il existe de nombreux degrés d'intégration des parties prenantes. Ceux-ci comportent la simple information, soit la diffusion des connaissances et l'éducation, ainsi que la consultation, en vertu de laquelle les parties prenantes jouent un rôle consultatif, mais ne détiennent aucun pouvoir décisionnel. La collaboration est quant à elle caractérisée par un rôle consultatif des parties prenantes, mais également par des mécanismes d'intégration des opinions émises au processus décisionnel. Les deux degrés d'intégration les plus élevés sont la cogestion, dans laquelle un partage de pouvoir décisionnel et exécutif existe entre les parties prenantes et l'entité-cadre, ainsi que le transfert d'autorité, en vertu duquel le pouvoir décisionnel est mis entre les mains des parties prenantes. (Hogg et autres, 2011)

Chacun des échelons d'intégration des parties prenantes comporte ses propres avantages et inconvénients tant inhérents que contextuels, une démarche participative développée peut à titre d'exemple allonger le processus décisionnel, mais est un gage de cohésion à long terme entre les parties prenantes. Toutefois, la collaboration semble s'inscrire plus harmonieusement dans les orientations

canadiennes pour l'instauration du réseau national d'AMP, ce type de démarche participative consistant en un engagement important des parties prenantes tout en permettant le maintien d'un cadre législatif fort. Les parties prenantes peuvent ainsi être engagées dans les processus de gouvernance des AMP soit en tant qu'organe décisionnel, consultatif ou exécutif (Borrini-Feyerabend et autres, 2010).

Les instruments organisationnels d'implication des parties prenantes varient selon le degré d'intégration retenu. Les outils d'information comprennent ainsi la publication d'une documentation didactique ou l'organisation de rencontres d'information ou de séminaires, tandis que les mécanismes de consultation peuvent prendre la forme de tables rondes, d'une commission recevant les mémoires des personnes intéressées ou de consultations publiques. Lors d'une participation plus inclusive des parties prenantes aux processus décisionnels, les instruments de gouvernance comportent les accords de cogestion, l'attribution de voix aux représentants des parties prenantes lors des assemblées de gestion, voire le transfert d'autorité pour une gouvernance privée ou communautaire d'une AMP.

Un concept clé d'une gestion participative efficace est une forte représentativité de l'ensemble des ayants droit et des individus présentant des intérêts ou des craintes, ou pouvant être affectés par l'instauration d'une AMP (B. Bickis, 2008). En outre, il est essentiel que l'intégration des parties prenantes se fasse à toutes les étapes de planification dès le début du projet tant lors de la détermination des ressources et des enjeux, que lors de la désignation des mécanismes de gouvernance (Osmond et autres, 2010) La phase préliminaire, durant laquelle sont conceptualisés les enjeux de gouvernance, représente une étape décisive d'intégration des parties prenantes au processus décisionnel puisqu'elle est l'occasion pour celles-ci de formuler leurs appréhensions et leurs opinions au moment où la structure organisationnelle demeure la plus flexible. (Chuenpagdee et autres, 2013)

Quel que soit le degré d'intégration des parties prenantes au processus de gestion, il est important que celles-ci ressentent que leur contribution a un poids dans la balance décisionnelle et que les entités-cadres dans l'instauration de l'AMP intègrent de manière concrète leur avis aux éléments de décision. (Osmond et autres, 2010) Le sentiment d'avoir une influence sur les processus de gestion renforce la légitimité perçue du processus décisionnel, encourage l'engagement des parties prenantes, la participation active à la gouvernance de l'AMP, ainsi que le respect des dispositions législatives moyennant qu'une transparence suffisante permette aux parties prenantes d'en appréhender la portée et l'utilité (Diez et Stern, 2008)

L'instauration du réseau national d'AMP représente un processus multidimensionnel et requiert la diffusion d'informations complexe parmi nombre de parties prenantes possédant des connaissances et un savoir technique variés. En sorte qu'il émerge de la démarche participative une compréhension commune des enjeux fondée sur les perspectives et connaissances de chacun, force est d'adapter la communication à son destinataire, sans toutefois omettre l'importance d'informer en toute transparence

tant les ayants droit, que les gestionnaires, les politiciens, les scientifiques et les populations affectées. (Gleason et autres, 2010)

Étant donné le degré d'incertitude inhérent à la gouvernance du réseau d'AMP canadien dans un contexte de changements climatiques, l'engagement des parties prenantes et notamment des communautés locales deviendra un enjeu de gestion d'ampleur croissante. (UNDP, 2012) Or, le succès de l'intégration de mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le domaine de la conservation est en partie tributaire de l'engagement des communautés locales, ainsi que de l'acceptabilité sociale des mesures mises en place. L'instauration d'une démarche participative représentera ainsi un outil important pour renforcer la légitimité perçue du cadre réglementaire des AMP dans un contexte où les bénéfices des décisions de conservation reposent sur le long terme alors que les limitations d'usages requises pour la pérennisation des ressources océaniques présentent des effets réels ou perçus à court terme sur les groupes et les individus concernés. (Lockwood et autres, 2012)

En dépit de ses avantages manifestes, l'implantation d'une démarche participative comporte ses limites et requiert que les mécanismes de collaboration ou de cogestion soient rigoureusement établis et évalués. La gouvernance participative entraîne en effet la nécessité d'une structure organisationnelle supplémentaire requérant le déploiement de ressources conséquentes. En outre, cette avenue de gestion exige qu'un temps suffisant soit alloué à l'harmonisation des intérêts et opinions des diverses parties prenantes, ceux-ci étant souvent au moins partiellement divergents. Finalement, la réussite d'un projet de gouvernance participative est tributaire de l'engagement à long terme des parties prenantes. (Bennett et Dearden, 2014)

Le rapport de 2012 du commissaire à l'environnement et au développement durable indique ainsi que les principaux facteurs affectant le rythme de progression du réseau national d'AMP sont les négociations de nature juridictionnelle, notamment sur les droits de propriété et d'usage; les intérêts difficilement conciliables des parties prenantes, ainsi que la méconnaissance par la population des bienfaits de l'instauration d'AMP sur l'environnement et le contexte socioéconomique local (Office of the Auditor General of Canada, 2012)

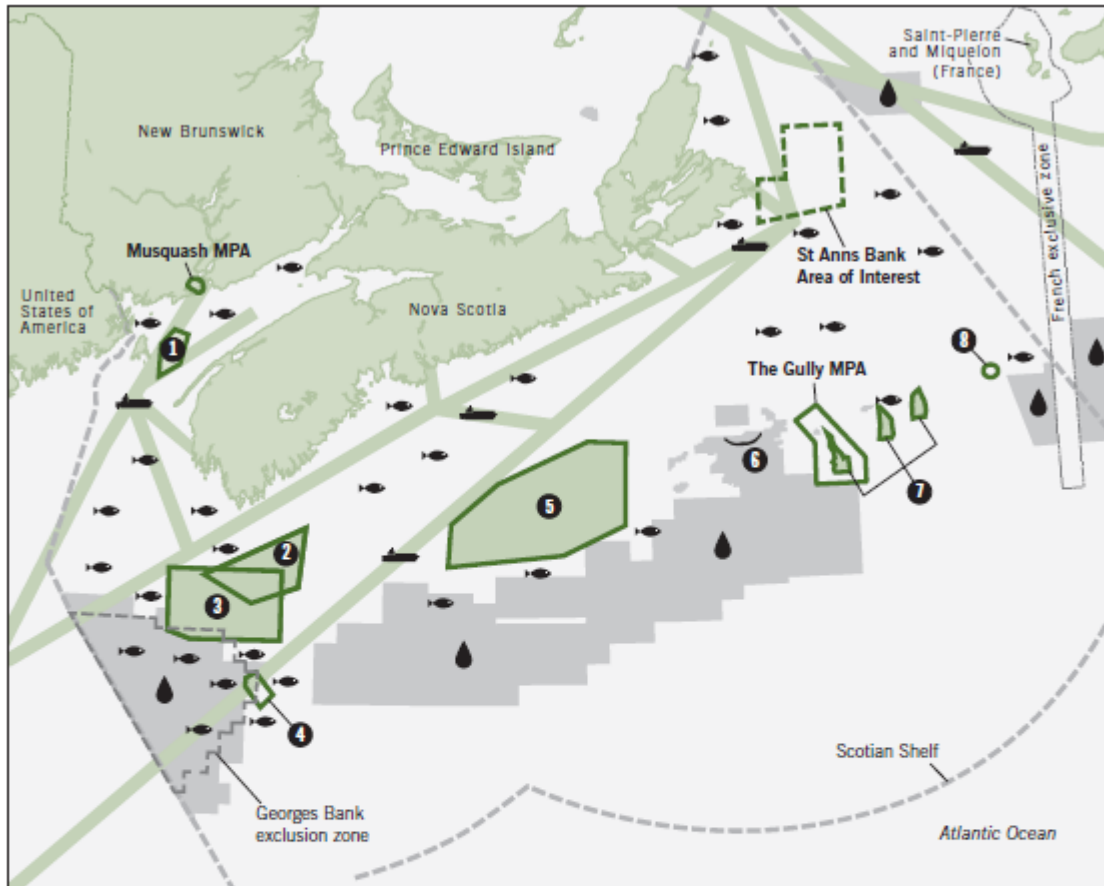
Une considération particulière devrait être portée à certains éléments sensibles de la gestion participative. D'une part, une représentation et un partage des pouvoirs décisionnels équitables devraient faire l'objet d'une évaluation attentive de la part des entités-cadres du processus afin d'éviter la sous-représentation des intérêts des groupes vulnérables ou moins influents. D'autre part, le processus participatif ne devrait pas préjudicier à la qualité scientifique des décisions prises, soit par la méconnaissance de la portée des données techniques par les parties prenantes ou en raison de l'attribution d'une primauté aux intérêts socioéconomiques au détriment des besoins de conservation. Finalement, l'harmonisation des intérêts antagonistes des parties prenantes entre eux et avec les impératifs de conservation doit faire l'objet d'une

attention consciencieuse afin d'éviter que les efforts de conciliation ne freinent les progrès en matière de conservation, ne favorise le statu quo ou n'encourage le recours aux compromis aisés en cas d'impasse. (Dietz et C. Stern, 2008)

Au reste, des circonstances particulières peuvent s'avérer défavorables à l'adoption d'une démarche participative. À titre d'exemple, lorsque l'intégrité d'un écosystème ou d'une communauté est menacée par une altération rapide et irréversible, la situation d'urgence environnementale qui en résulte est peu propice à la mise en place souvent longue d'un processus participatif exhaustif. En contrepartie, la démarche participative est particulièrement profitable et essentielle dans deux situations, soit lorsque le mode de vie, la subsistance et la culture d'une communauté sont intimement liés aux ressources qui feront l'objet de conservation, ou lorsque les mesures de conservation entraînent l'érosion des droits traditionnels des parties prenantes. (Borrini-Feyerabend et autres, 2010)

4.2.1 Implication des communautés locales

Malgré que la localisation des AMP au sein du réseau national doit avant tout se fonder sur la valeur écologique des sites candidats pour l'atteinte des objectifs du réseau, la conservation intégrée des océans revêt également un aspect socioéconomique. L'identification d'opportunités d'atténuation des conflits d'usage ainsi que de voies d'amélioration de la synergie entre les activités des communautés locales et les enjeux de conservation se fera de plus en plus pressante à l'égard des changements climatiques étant donné la variabilité accrue des conditions environnementales et l'altération croissante des écosystèmes historiques. (E. Heller et S. Zavaleta, 2009) En dressant le portrait géographique de la répartition des activités de certaines parties prenantes oeuvrant au sein de la biorégion du plateau continental de la Nouvelle-Écosse, la figure 4.1 exemplifie sous forme d'illustration géographique la multiplicité des intérêts antagonistes dont la considération est primordiale pour la mise en œuvre d'un système de gouvernance optimal et résilient.



- | | |
|---|--------------------------|
| ① Right whale critical habitat (Grand Manan Basin) | Oil and gas |
| ② Right whale critical habitat (Roseway Basin) and International Marine Organization Area To Be Avoided | Principal shipping lines |
| ③ Lobster fishing area 40 (closed to inshore-offshore lobster fishing) | Commercial fishing |
| ④ Northeast Channel Coral Conservation Area | |
| ⑤ Juvenile haddock closure | |
| ⑥ Sable Island National Park | |
| ⑦ Northern bottlenose whale critical habitat | |
| ⑧ Lophelia Coral Conservation Area | |

Note: Commercial fisheries are active throughout the Scotian Shelf bioregion.

Figure 4.1 Répartition de quelques-unes des parties prenantes ayant des intérêts sur les ressources océaniques de la biorégion du plateau continental de la Nouvelle-Écosse
(Tiré de: Office of the Auditor General of Canada, 2012)

La gouvernance collaborative des aires marines protégées permet d'intégrer les variables socioéconomiques et culturelles aux schémas de gestion et d'ainsi augmenter la résilience sociale des communautés. L'instauration d'une AMP selon un principe participatif suffisamment développé présente en effet des opportunités de renforcement de la stabilité, du tissu social et de la diversité économique des communautés côtières face aux changements climatiques. (J.S. Baron et autres, 2008)

Les connaissances des communautés locales et autochtones tributaires des ressources de l'océan constituent un élément important dans l'évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes et des impacts des changements climatiques à l'échelle locale. Les informations des communautés sur les espèces et les écosystèmes locaux, de même que sur l'exploitation des ressources océanes, sur les tendances populationnelles et sur les sources de stress anthropiques peuvent contribuer de façon considérable au processus décisionnel par leur complémentarité avec les données issues de recherches scientifiques. En effet, les utilisateurs des ressources marines locales peuvent avoir acquis, au fil du temps, une compréhension intime de l'environnement et des écosystèmes locaux, voire être à même de désigner aux décideurs les endroits stratégiques de conservation tels que les lieux de frai ou les aires de dispersion des espèces clés d'un écosystème donné. Il apparaît donc pertinent d'intégrer le savoir local à la planification des AMP et d'identifier les initiatives locales existantes en matière de conservation. (Fernandes et autres, 2012; Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD), 2009; Jessen et autres, 2011)

Les initiatives citoyennes et privées de conservation peuvent en effet incarner un outil supplémentaire dans l'atteinte des objectifs du réseau national d'AMP. Bien qu'elles ne puissent se substituer au rôle structurant que joue le gouvernement dans l'instauration du réseau canadien d'AMP, les démarches de conservation issues d'initiatives privées peuvent être un vecteur majeur d'implantation de mesures de protection des écosystèmes dans les communautés (Jones et autres, 2011). Les organismes non gouvernementaux, les communautés côtières elles-mêmes, et même les groupes exploitant les ressources marines jouent un rôle croissant sur la scène internationale dans la conservation des océans. (G. Pajaro et autres, 2010)

L'on peut prendre en exemple les industries halieutique et touristique oeuvrant dans la région de la Grande barrière de corail en Australie qui ont développé, en collaboration avec les instances gouvernementales, une approche stratégique d'adaptation aux changements climatiques afin de préserver les récifs coralliens. Les efforts conjoints des acteurs de l'industrie du tourisme et des acteurs de la protection de la Grande barrière de corail se sont soldés par la création de la *Great Barrier Reef Tourism Climate Change Action Strategy* qui prévoyait des mesures d'atténuation des impacts anthropiques des entreprises de ce secteur au sein de la Grande barrière de corail. L'industrie halieutique a rapidement emboîté le pas aux entreprises touristiques dans les efforts d'adaptation à la vulnérabilité accrue des écosystèmes coralliens sous les effets des changements climatiques, des efforts qui s'inscrivent dans la lancée des initiatives citoyennes des communautés locales, telles que le *Reef Guardians program* qui renforce l'intendance collective du réseau d'AMP de la Grande barrière de corail. (GBRMPA, 2012)

De telles initiatives existent également au Canada, notamment dans le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent au sein duquel Parcs Canada et Parcs Québec, cogestionnaires du parc marin, promeuvent

l'intendance environnementale et l'engagement des parties prenantes à travers certains instruments d'action participative tels que l'Alliance Éco-Baleine (Office of the Auditor General of Canada, 2012). En outre, la gouvernance même du parc marin repose sur une démarche participative favorisant l'intégration du parc marin dans le cadre de planification régionale grâce à la formation d'un comité de coordination regroupant neuf membres représentant Parcs Canada, Parcs Québec, la Première Nation des Innus Essipit, les MRC concernées, ainsi que la communauté scientifique et les acteurs de la conservation. (Parc Marin du Saguenay-Saint-Laurent, 2013) Un autre exemple canadien d'engagement citoyen dans la conservation des océans est l'AMP de Eastport, sise dans la baie de Bonavista et pour laquelle la communauté et l'industrie halieutique locale se sont investies dès l'aube du processus d'instauration, ayant même déployé des efforts de conservation de la péninsule d'Eastport antérieurement à la formulation du projet d'AMP (Ivany, 2011).

Les initiatives d'organismes non gouvernementaux, de communautés et de groupes privés devraient être favorisées par le gouvernement dans une perspective de complémentarité avec le réseau d'AMP. Les instances gouvernementales doivent oeuvrer afin de renforcer la portée légale de ces initiatives, l'observance des dispositions normatives adoptées par les acteurs de la conservation, et ce, dans la mesure où les efforts citoyens sont en adéquation avec les orientations et les objectifs du réseau national d'AMP. (Jones et autres, 2013).

L'une des avenues permettant de légitimer l'instauration d'une AMP aux yeux des populations touchées par les contraintes qui découlent de la conservation d'écosystèmes ayant pour elles des intérêts socioéconomiques consiste en la détermination des bénéfices des AMP pour les communautés locales. Le commissaire à l'environnement et au développement durable indique dans son rapport de l'automne 2012 qu'il s'agit également d'un outil décisionnel important pour l'instauration des AMP; or Pêches et Océans Canada n'a guère déployé que peu de mesures pour identifier et quantifier la valeur des services écosystémiques que rendent les AMP aux communautés locales (Office of the Auditor General of Canada, 2012).

Pourtant, ces bénéfices sont parfois substantiels. À titre d'exemple, une étude réalisée en 2012 évaluait à plus de 10 milliards de dollars les bénéfices du réseau d'AMP de l'Écosse, tandis que le gouvernement de l'État d'Australie-Méridionale attribuait une valeur annuelle de 21 millions de dollars aux services écosystémiques des aires protégées de son domaine maritime. (Canadian Parks and Wilderness Society (CPAWS), 2013) Le rapport du commissaire à l'environnement indique par ailleurs que l'Agence Parcs Canada estime que les revenus gouvernementaux issus de l'instauration de l'AMP de la région du Saguenay s'élèvent à 3,16 \$ pour chaque dollar investi dans la gestion de l'aire de conservation (Office of the Auditor General of Canada, 2012).

4.2.2 Communautés autochtones

Tel qu'énoncé au chapitre 2 du présent document, la prise en considération des Premières Nations est de première importance dans la configuration du réseau d'AMP canadien. D'une part, le territoire côtier occupé par les communautés autochtones recouvre une vaste portion du rivage canadien et d'autre part, les Premières Nations sont des ayants droit majeurs en vertu des traités et arrêts de la Cour touchant les prérogatives ancestrales autochtones reconnues par le Canada. Il est ainsi primordial que les dispositions légales du réseau national d'AMP soient en adéquation avec les droits ancestraux et les modes de vie traditionnels des communautés autochtones, de telles considérations présentant le double avantage de déférer aux engagements du Canada et de favoriser la résilience et l'observance du cadre de gouvernance des AMP (Heck et autres, 2012)

Les Premières Nations devraient ainsi non seulement participer de manière consultative, mais être impliquées activement dans la gestion des AMP. Ce constat est particulièrement manifeste pour les nations inuites, qui seront les plus durement touchées par les changements climatiques. En effet, les incidences des changements climatiques sur ces communautés seront plurielles et certaines d'entre elles pourront être atténuées par des efforts de conservation moyennant que les mesures d'adaptation retenues soient en harmonie avec le mode de vie des communautés autochtones.

Les territoires inuits, incluant le Nunavut, le Nunavik, le Nunatsiavut et le territoire inuvialuit de l'ouest de l'Arctique recouvre près du tiers de la masse continentale canadienne, la plupart des communautés étant situées à forte proximité du littoral. La figure 4.2 illustre l'omniprésence des communautés inuites dans certains des secteurs du littoral canadien les plus sensibles aux effets des changements climatiques. (D. Ford autres, 2010)

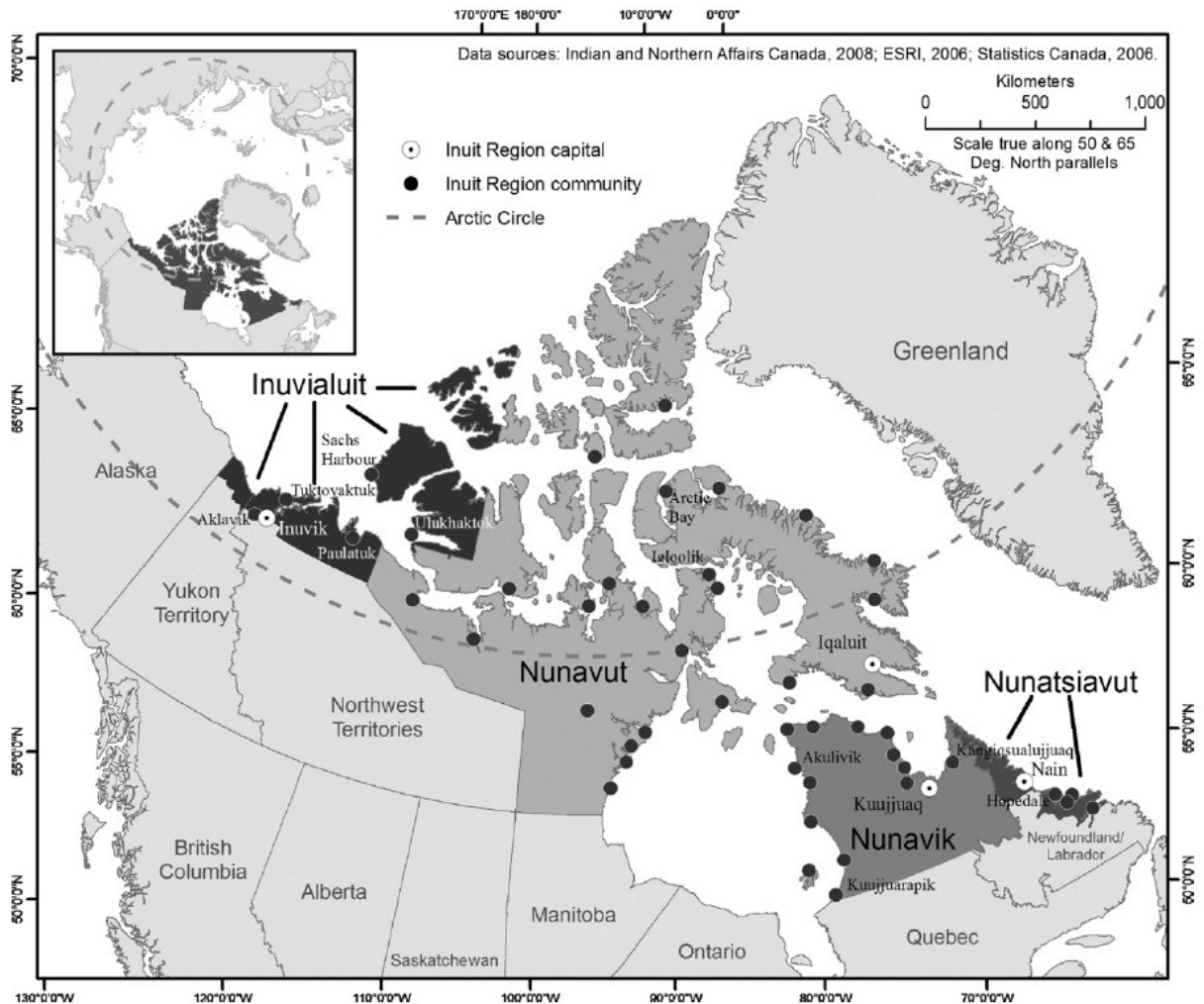


Figure 4.2 Répartition des communautés inuites du Canada (Tiré de: D. Ford autres, 2010)

Les communautés autochtones sont davantage vulnérables aux incidences des changements climatiques en ce que leur subsistance et leur mode de vie traditionnel sont intimement liés à l'environnement marin et aux ressources océaniques. La biogéographie de nombreuses espèces traditionnellement chassées, telles que le saumon, le hareng, le morse, les phoques et les baleines est susceptible d'être altérée de façon significative en réponse aux changements climatiques. Cette réalité, conjuguée à la nécessité de conserver les écosystèmes et potentiellement de restreindre davantage l'accès des autochtones aux ressources océaniques, risque de générer des conflits si les mécanismes de gouvernance intègrent insuffisamment les communautés autochtones au processus décisionnel.

En effet, la portée des droits ancestraux d'exploitation des ressources halieutiques est assujettie à un certain nombre de traités et de dispositions légales, la cour de justice ayant notamment reconnu aux Premières Nations, dans l'affaire Reine contre Sparrow, le droit de maintenir les pratiques traditionnelles de pêches pour des fins rituelles, culturelles et de subsistance en vertu des droits ancestraux. Le même

arrêt de la Cour reconnaît toutefois au gouvernement un droit de regard sur ces pratiques lorsque des enjeux de conservation sont en jeu, laissant ainsi une certaine flexibilité interprétative dans les dispositions légales encadrant les droits ancestraux sur l'océan. (Gough, 2008) Le cadre juridique en matière de droits autochtones sur les ressources océaniques est particulièrement épineux en Colombie-Britannique, où des tensions sociopolitiques irrésolues demeurent vives en raison de l'incertitude juridique autour de traités, ainsi que de l'inadéquation entre les droits autochtones et les besoins de conservation (Heck et autres, 2012).

Outre les enjeux juridiques qui découlent des droits ancestraux sur les ressources maritimes, l'implication des Premières Nations dans la conservation des océans et dans la configuration du réseau d'aires marines protégées est essentielle puisque les populations du Canada septentrional représentent les ressources humaines les plus à même d'identifier les vulnérabilités des écosystèmes arctiques et partant, d'orienter le processus de développement de mécanismes d'adaptation aux changements climatiques. Étant donné la considération relativement récente par la communauté scientifique des incidences des changements climatiques sur la conservation de la biodiversité, ainsi que des implications qu'elles ont sur les mécanismes de gouvernance des AMP, le savoir traditionnel véhiculé de manière intergénérationnelle constitue un outil complémentaire aux données scientifiques. La connaissance intime des Premières Nations de leur environnement naturel représente un capital de savoir important que des études scientifiques sur une échelle temporelle relativement courte ou des modélisations ne peuvent suppléer. Le rôle des communautés autochtones dans le développement du réseau national d'AMP est déjà reconnu par les entités gouvernementales œuvrant à l'instauration du réseau canadien. Formaliser et renforcer l'engagement des Premières Nations dans un processus participatif transcendant la seule consultation apparaît néanmoins essentiel en considérant l'ampleur des incidences qu'auront les changements climatiques sur les populations autochtones, notamment au sein du Canada septentrional. (UNDP, 2012)

Il apparaît manifeste que la résilience écosystémique du réseau d'aires marines protégées est tributaire de la résilience des systèmes de gouvernance qui en encadrent la mise en œuvre. L'adoption d'une approche mariant la gouvernance participative à un cadre légal structurant et appuyé à la fois sur la science et les apports des communautés locales constitue la voie la plus susceptible d'atteindre l'acceptation de la collectivité, d'établir la légitimité des actions entreprises, de mener à la résilience sociale des mécanismes de gouvernance et d'optimiser les efforts visant l'atteinte des objectifs écologiques des AMP. (C. Ban et autres, 2009)

L'existence d'un cadre légal structurant ne constitue pas forcément un frein à la flexibilité et à la capacité adaptative des mécanismes de gouvernance, ni aux opportunités de collaboration entre les parties prenantes et les entités organisationnelles présidant à l'instauration du réseau national. Même au sein de structures de cogestion ou d'initiatives privées, les instances gouvernementales peuvent exercer un rôle stabilisateur en renforçant la portée légale des mesures de conservation adoptées, ainsi qu'en assurant

l'adéquation entre les objectifs des initiatives non gouvernementales et les finalités du réseau national. La restructuration de l'aire de conservation marine de la Grande barrière de corail, ainsi que la démarche participative instaurée par le *Marine Life Protection Act* de la Californie représentent des exemples de succès en matière d'intégration de la collaboration des parties prenantes au sein d'un cadre légal fort dans une perspective de coordination des efforts de conservation vers un but commun. (Jones et autres, 2013)

L'établissement d'une AMP, et *a fortiori* d'un réseau à l'échelle des biorégions, comporte de multiples enjeux et revêt un aspect pluridimensionnel. Malgré leur vocation écologique et les objectifs de conservation qui en forment la pierre d'assise, les AMP s'insèrent invariablement dans un contexte socioéconomique, culturel et politique préexistant. Il ne s'agit jamais de systèmes fermés, aussi la considération des facteurs extrinsèques dans les choix de gestion est-elle essentielle à la résilience et à l'efficacité du système de gouvernance établi, dans une perspective d'intégration harmonieuse des mesures de conservation au tissu sociopolitique local. Or, dans un contexte de changement climatique, les pressions supplémentaires sur les ressources marines, ainsi que la variabilité accrue des écosystèmes dont sont tributaires l'économie, la culture ou les modes de vie des communautés côtières renforceront la nécessité de gérer les AMP avec une approche holistique de la conservation.

4.3 Cadre conceptuel

Une conception de la conservation fondée sur une prémisse de fixité des conditions environnementales, même à une échelle temporelle relativement courte, est inadaptée au contexte de changements climatiques. La biogéographie des communautés et les écosystèmes dans leur ensemble subissent déjà des transformations sensibles à l'échelle du Canada. La vaste majorité des agences et organismes canadiens de conservation reconnaissent ainsi avoir observé des altérations significatives de la répartition des espèces ainsi que de la physiographie, tandis que près de la moitié d'entre eux déclarent que des changements de composition d'espèce et des régimes de perturbation sont empiriquement observables au sein du réseau de conservation canadien (J. Lemieux et autres, 2011).

À la lumière des prédictions climatiques et étant donnée la réponse différentielle des organismes aux changements climatiques, le maintien des communautés biologiques actuelles au cours du prochain siècle est improbable dans de nombreux cas (SCBD, 2009). Les politiques et objectifs de conservation devront s'adapter à cette réalité en développant des mesures adaptées qui s'inscrivent harmonieusement dans un contexte de changements climatiques.

Tandis que les objectifs des AMP tendent généralement à la préservation ou à la restauration d'un état de référence intouché par les activités anthropiques, la protection locale des écosystèmes contre les impacts anthropiques directs est impuissante à pallier les incidences planétaires des changements climatiques,

tels que l'altération de l'hydrologie, des régimes de perturbation et de la distribution des espèces (J. Lawler, 2009). Pour de nombreux écosystèmes, ce constat requiert donc l'adoption d'objectifs de conservation ayant pour pierre d'assise non point l'atteinte d'un état de référence préindustriel, mais bien l'augmentation de la capacité adaptative des écosystèmes sains caractérisés par une structure dynamique leur permettant d'évoluer de façon favorable de concert avec les conditions environnementales du biotope.

Les efforts de strict maintien des caractéristiques structurelles actuelles des écosystèmes, plutôt que la mise en œuvre de mesures soutenant la transition écosystémique vers un nouvel équilibre écologiquement sain s'avérera non seulement onéreuse et imparfaitement adaptée à la conjoncture environnementale de certaines biocénoses, mais comporteront également le risque de perpétuer artificiellement les caractéristiques d'un écosystème jusqu'à l'atteinte d'un seuil au-delà duquel les fonctions écosystémiques des communautés biologiques pourraient s'effondrer.

En raison des effets planétaires de changements climatiques, l'optique de conservation adoptée par les acteurs de l'instauration du réseau d'AMP pancanadien devrait participer d'une vision plus large de l'état souhaitable des écosystèmes et s'orienter vers l'atteinte de systèmes interspécifiques qui, à défaut d'être à l'image de la composition spécifique historique d'un site donné, conservent leurs fonctions écosystémiques, la complexité de leur réseau trophique, ainsi que leur biodiversité. L'intégrité écologique telle que définie à l'heure actuelle dans les objectifs de nombre d'institutions canadiennes de conservation est inadaptée à la variabilité environnementale qui est appelée à s'accroître au cours du vingt et unième siècle (A. Gray et autres, 2011). Pour un nombre important d'écosystèmes au sein du réseau d'AMP canadien, la restauration des biocénoses affectées par les activités anthropiques devrait certes atténuer les stress extrinsèques non climatiques, tel que préconisé à l'heure actuelle, mais d'autre part se concentrer sur le recouvrement des caractéristiques des processus et fonctions écologiques plutôt que de la structure des communautés, puisqu'une telle démarche s'inscrit davantage dans une perspective de maintien de la résilience écologique à long terme. (SCBD, 2009)

La modification du cadre conceptuel de conservation en sorte qu'il concorde mieux avec les impératifs issus des incidences des changements climatiques sur les écosystèmes requiert ainsi que les institutions engagées dans la formation du réseau national d'AMP adaptent les objectifs de conservation et les postulats qui les sous-tendent à la variabilité biogéographie encourue en raison des changements climatiques.

Les recommandations du SCCS en matière de conservation des fonctions et processus écologiques apparaissent être une base solide pour une telle réorientation conceptuelle des objectifs de conservation dans un contexte de changements climatiques. Le SCCS propose ainsi l'utilisation d'indicateurs écologiques afin d'assurer que le réseau d'AMP préserve les processus écologiques tels que la

productivité primaire, les fonctions écosystémiques des communautés benthiques, le couplage benthique-pélagique et les interrelations spécifiques au sein des réseaux trophiques. (Canada. Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), 2012b)

Toutefois, le SCCS ne s'est pas directement penché sur les enjeux de conservation présentés par les changements climatiques pour l'émission de ses recommandations de lignes directrices pour la conception du réseau national d'AMP. Bien que le SCCS reconnaisse l'importance de la considération de la variabilité environnementale dans la conceptualisation des objectifs de conservation, il indique qu'il « n'a pas été question d'approches précises pour tenir compte des changements climatiques » au cours des ateliers nationaux ayant mené à la formulation de principes directeurs pour l'instauration du réseau d'AMP. (Canada. SCCS, 2012a)

Ce constat se reflète également dans les orientations stratégiques de la conservation au Canada. Or, les changements climatiques auront des impacts majeurs sur le cadre conceptuel sur lequel se fondent les aires marines protégées. À titre d'exemple, des concepts tels que le caractère indigène des espèces et leur répartition historique naturelle sont appelés à avoir une portée très différente dans le futur en raison des altérations biogéographiques prévues (E. Heller et S. Zavaleta, 2009). La migration nordique d'espèces non indigènes jusqu'à ce jour absentes ou marginalement présentes au Canada devra être considérée à la lumière des changements environnementaux mondiaux et ne devra pas systématiquement faire l'objet d'interventions de gestion traditionnelles. Il faudra ainsi évaluer dans quelles situations la préservation de la composition spécifique d'une communauté donnée doit être favorisée par rapport à des mesures assurant la transition d'un écosystème entre deux phases écologiques et dans quelle mesure ces adaptations autonomes des écosystèmes aux changements climatiques devront être restreintes ou plutôt orientées de façon à favoriser l'atteinte d'un nouvel équilibre écologique favorable.

Un certain consensus semble émerger de l'étude de la littérature scientifique portant sur l'adaptation des aires protégées aux changements climatiques. Les théoriciens et les scientifiques indiquent ainsi que les efforts de conservation devront se concentrer davantage sur les caractéristiques écosystémiques globales, notamment la biodiversité et la résilience écologique, plutôt que sur la préservation d'éléments structurels précis (Pinsky et autres, 2013; SCBD, 2009; R. Palumbi et autres, 2009). Les systèmes écologiques présentant une diversité importante sont en effet moins susceptibles de s'effondrer en réponse à l'extirpation locale d'une espèce clef de voûte. De fait, la diversité spécifique joue en quelque manière le rôle d'un palladium écologique, une sorte de capital biologique permettant de combler les niches écologiques laissées vacantes et d'obvier à la persistance d'un vide écologique lorsqu'une espèce ayant une fonction écosystémique donnée devient inadaptée aux conditions environnementales du milieu. (Pinsky et autres, 2013)

En agissant comme un réservoir biologique, la biodiversité constitue un facteur majeur de conservation des écosystèmes dans un contexte de changements climatiques dès lors qu'elle agit à titre de tampon contre les effets de l'altération des conditions environnementales. Cet effet atténuant est par ailleurs déjà observé au sein des écosystèmes lourdement affectés par les perturbations anthropiques, où la biodiversité génétique, spécifique et fonctionnelle joue un rôle cardinal dans le maintien des processus écosystémiques (R. Palumbi et autres, 2009).

En dépit qu'elle soit nécessaire à l'optimisation des efforts de conservation face aux changements climatiques, l'adoption d'une nouvelle approche conceptuelle de la conservation requiert l'acceptation de certains compromis en matière de préservation d'espèces et de communautés représentatives à l'échelle locale ou régionale (Game et autres, 2010). Les objectifs de protection et les mécanismes de gouvernance devront toutefois sacrifier aux impératifs de conservation découlant du constat que le visage des écosystèmes est appelé à changer en réponse aux changements climatiques, et ce, nonobstant les efforts de conservation déployés.

Eu égard à l'inévitabilité d'un certain degré d'altération de l'état actuel des écosystèmes en réponse aux changements climatiques, la gouvernance des AMP gagnerait donc en efficacité et en concordance contextuelle en favorisant la transition des écosystèmes et des systèmes socioécologiques dans lesquels ils s'enchaînent vers un nouvel équilibre écologique favorable, plutôt qu'elle ne tende vers la restauration d'un état de référence inadapté aux nouvelles conditions environnementales régnant sur un biotope donné.

Puisque les espèces répondent de manière différentielle aux changements climatiques, l'émergence de nouvelles communautés biologiques et de nouvelles structures trophiques entraînera ainsi la nécessité d'établir un nouveau cadre conceptuel de conservation. Le développement de stratégies de gestion des AMP se fondant essentiellement sur la préservation des caractéristiques structurelles des communautés actuelles sans considération du dynamisme croissant de l'équilibre écologique des écosystèmes est impropre dans un contexte de changements climatiques.

En effet, selon les scénarios de modélisation retenus, les changements climatiques anticipés au cours du 21^e siècle pourraient entraîner un défaut de concordance critique entre les optima écologiques de la moitié des espèces et les conditions environnementales qui caractérisent leur habitat actuel. Dans un même temps, l'altération des conditions environnementales en réponse aux changements climatiques rendra les biotopes actuels propices à de nouvelles espèces et partant, favorisera un taux important de renouvellement de la biodiversité actuelle. (G. Hole et autres, 2011)

La concentration des efforts de protection vers la perpétuation des fonctions écosystémiques gagnera exponentiellement en importance en regard de la conservation des espèces dans une perspective de

maintien de la résilience des écosystèmes. Étant donnée la complexité que revêt la détermination de l'ensemble des groupes fonctionnels clés pour préserver l'intégrité des processus écologiques essentiels à une communauté biologique donnée, l'instauration de mesures de conservation de la biodiversité s'inscrit harmonieusement dans l'approche de précaution à laquelle souscrit le Canada pour la gestion intégrée des océans. (J. S. Baron et autres, 2008)

4.4 Planification biorégionale et approche holistique de la gestion

Les incidences les plus manifestes des changements climatiques, telles que l'altération des régimes de perturbation, la modification des patrons biogéographiques et des aires de répartition des espèces, ainsi que les asynchronismes interspécifiques, sont des processus qui s'observent généralement à l'échelle régionale. La coordination régionale des activités de conservation revêt ainsi une dimension plus importante dans un climat en perpétuelle évolution, puisqu'elle permet la planification des actions de conservation à une échelle analogue à celle à laquelle agissent les tendances climatiques dominantes.

La planification du réseau national canadien s'inscrit déjà dans une approche biorégionale de la gestion des aires marines protégées, plaçant la représentativité biorégionale parmi les principes fondateurs de sa stratégie de conservation des océans. Les lignes directrices d'instauration du réseau national formulées par le SCCS accordent ainsi une importance considérable à la représentativité dans la planification du réseau et la détermination de la localisation des AMP individuelles au sein de ce dernier. Le SCCS indique ainsi qu'une AMP satisfaisant au critère de représentativité doit inclure « des exemples de sous-divisions biogéographiques qui reflètent adéquatement la gamme complète des écosystèmes qui sont présents à l'échelle à laquelle le réseau est élaboré » (Canada. SCCS, 2009a). Le secrétariat, ainsi que Pêches et Océans Canada reconnaissent que « [la représentativité] est particulièrement importante pour atteindre les objectifs du réseau d'AMP associés à la protection des fonctions écosystémiques » (Canada. SCCS, 2012a).

L'importance de la représentativité du réseau canadien se reflète par ailleurs dans le mandat de l'Agence Parcs Canada, dont les actions en matière de protection des océans tendent vers la représentation par les aires marines nationales de conservation de l'ensemble des 29 régions marines désignées. (World Wide Fund (WWF), 2013) Cet aspect crucial de la conservation des océans dans un contexte de changements climatiques s'inscrit ainsi déjà dans les orientations du réseau national d'AMP canadien.

4.4.1 Perspective écosystémique de la gestion

En vertu du cadre national qu'il a publié en 2011, le Canada a adopté pour son réseau d'AMP national la définition de l'UICN, soit :

« Un ensemble d'aires marines protégées individuelles qui fonctionnent en collaboration et en synergie, à diverses échelles spatiales, et font l'objet de divers niveaux de protection, en vue d'atteindre des objectifs écologiques plus efficacement et plus exhaustivement que ne le feraient des sites individuels. » (Canada, 2011)

Le Canada s'engage ainsi à la gouvernance intégrée des AMP composant son réseau national et reconnaît par le fait même que les AMP ne peuvent être gérées ainsi que s'il s'agissait d'îlots de conservation vierges d'influences exogènes et d'interactions avec l'environnement dans lequel ils s'enchaînent. Attendu la nature plurielle des facteurs extrinsèques qui agissent sur les AMP, l'adoption d'une perspective écosystémique de leur gestion constitue un élément majeur contribuant à l'efficacité des mécanismes de conservation mis en œuvre.

L'approche écosystémique de la gestion s'inscrit dans un effort de considération et de gestion intégrée des activités humaines affectant les écosystèmes. Elle constitue ainsi une avenue d'atténuation des interactions délétères entre les communautés biologiques protégées par les AMP et les activités anthropiques au sein des AMP ou dans leurs environs. (Pinsky et autres, 2013) Une telle perspective inclusive de la conservation s'appuie sur deux constats, soit l'existence d'interrelations intimes qui unissent les écosystèmes protégés et leur environnement immédiat, ainsi que le retentissement de l'exploitation des ressources naturelles non seulement sur lesdites ressources, mais également sur les interactions interspécifiques, les fonctions écologiques et partant, sur l'écosystème entier. (UNDP, 2012)

Les principes de l'approche écosystémique de la gestion reconnaissent ainsi la nature dynamique des écosystèmes et les considérations socioculturelles dans la planification de la conservation, de même que le caractère fondamental des relations écosystémiques dans la protection de la diversité biologique. (UNDP, 2012) Ils se fondent également sur l'intégration de l'humain et des activités anthropiques dans l'écosystème, ainsi que sur la considération de la complexité des écosystèmes dans la conceptualisation des mesures de conservation (Frazão et autres, 2014).

L'adoption d'une telle approche est hautement compatible avec la formation d'un réseau d'AMP en synergie les unes avec les autres puisqu'elle implique que le choix des AMP composant le réseau soit basé non seulement sur la qualité écologique intrinsèque d'un site donné, mais sur la valeur du site à dessein d'exhausser la résilience et la performance du réseau en tant qu'entité. Étant donnée la complexité d'une telle évaluation, des instruments d'orientation décisionnelle fondés sur l'utilisation d'algorithmes sont de plus en plus employés, le logiciel Marxan étant le plus utilisé mondialement, ayant

notamment été utilisé dans la configuration du réseau d'AMP de la Grande barrière de corail. (Jessen et autres, 2011)

Les instruments de modélisation écosystémique de nouvelle génération, intégrant dans leurs modèles de multiples espèces, les caractéristiques biophysiques du milieu et des éléments de biogéographie, permettent de formuler des prédictions éclairées des réponses des communautés biologiques aux altérations multidimensionnelles de leur environnement. Leur usage dans la gestion écosystémique des ressources marines est appelé à croître dans un avenir rapproché, d'une part en raison de la nécessité d'intégrer la variabilité environnementale accrue issue des changements climatiques et d'autre part grâce au raffinement des modèles utilisés, ces derniers étant de plus en plus fiables dans la prédiction des réponses des systèmes trophiques et des écosystèmes aux changements climatiques (E. Johnson et J. Holbrook, 2014)

4.4.2 Intégration du réseau d'AMP dans la matrice de planification spatiale des océans

En dépit des mesures de protection établies au sein des aires marines protégées, la dégradation du milieu environnant constitue l'un des principaux facteurs d'échec dans l'atteinte des objectifs de conservation (Agardy et autres, 2011). Or, l'instauration de zones tampons ou de zones d'usage restreint aux frontières d'AMP bénéficiant d'une protection intégrale représente une voie d'atténuation des effets des facteurs exogènes sur les écosystèmes protégés. La gestion de la matrice spatiale dans laquelle est sise toute AMP apparaît essentielle à la gouvernance adéquate des AMP elles-mêmes (E. Heller et S. Zavaleta, 2009).

Le SCCS indique ainsi que la conception et la gestion d'un réseau d'AMP efficace doit « [intégrer] les objectifs de gestion et les mesures de conservation appliqués dans les aires adjacentes et/ou les aires étroitement liées écologiquement aux aires constituant le réseau d'AMP » (Canada. SCCS, 2009a) Si les AMP jouent un rôle central dans la protection des écosystèmes et dans l'atténuation des incidences de changements climatiques sur ces derniers, les aires protégées représentent seulement 1 % du domaine maritime canadien ou approchant, et même en atteignant les objectifs de conservation de la communauté internationale, la vaste majorité de la zone néritique et des océans canadiens demeureront en dehors du réseau formel de protection des océans.

Ne serait-ce que par leur étendue, les zones non protégées sont ainsi un élément majeur à prendre en compte dans la préservation de la résilience des écosystèmes, surtout en considérant que la biocénose dont l'habitat est protégé à l'heure actuelle par les AMP existantes pourrait être affectée par les changements de la répartition des espèces au-delà des frontières desdites aires de conservation. La matrice dans laquelle s'insère le réseau d'AMP est ainsi susceptible de jouer un rôle transitoire important dans la dispersion des espèces. Les objectifs du réseau national d'AMP devraient ainsi s'intégrer dans un

cadre de gestion plus large et agir en synergie avec les mesures de gouvernance des zones non protégées. (B. Araújo, 2009) La capacité des espèces à subsister et à disperser au travers de la matrice prendra une importance grandissante à mesure que les changements climatiques altéreront les conditions environnementales des aires de conservation puisque la matrice constituera alors le seul habitat propice disponible pour certaines espèces.

Il appert ainsi que la voie la plus efficace de configurer un réseau de conservation dans un contexte de changement climatique est de créer un réseau d'AMP bénéficiant d'un haut niveau de protection et s'inscrivant dans un cadre de gestion intégré de la matrice dans laquelle s'enchâssent le réseau. Des mesures de gestion de la biodiversité s'intégreraient donc particulièrement dans les zones non protégées qui contiennent des gradients écologiques importants, sont caractérisées par des courants importants pour la dispersion des propagules, des larves ou d'autres structures de dissémination, ainsi que dans celles représentant des voies migratoires importantes. (J. S. Baron et autres, 2008)

La création de zones à usage multiple, grâce à un processus de planification spatiale des océans, permet à ce titre de gérer les activités humaines et les enjeux de conservation de manière intégrée et d'assurer la flexibilité des mesures de gestion si les changements climatiques requièrent que des modifications soient apportées de manière adaptative aux usages permis dans une zone donnée. L'instauration d'une mosaïque de zones protégées et de zones d'activités contrôlées à différents degrés dans une perspective de planification intégrée de l'espace maritime est à la fois un gage de résilience du système de gouvernance face aux altérations des conditions environnementales et une opportunité de renforcer l'approche écosystémique de la gestion. (Fernandes et autres, 2012)

Pêches et Océans Canada s'est engagé à établir un profil d'usage propre à chacune des AMP du réseau national afin de favoriser la pratique d'activités économiques durables qui sont en adéquation avec les objectifs de conservation des AMP. Par contre, le commissaire à l'environnement et au développement durable souligne que le Ministère n'a pas élaboré de directives claires à l'intention de ses fonctionnaires afin d'orienter l'identification des activités économiques compatibles avec les objectifs du réseau national canadien. (Office of the Auditor General of Canada, 2012) Dans le cadre d'une gestion spatiale intégrée de la matrice dans laquelle s'enchâsse le réseau d'AMP canadien, l'identification d'opportunités d'utilisation des ressources océaniques de manière compatible avec la fonction qu'une zone donnée joue pour assurer la résilience du réseau d'AMP permettrait d'atténuer ou de compenser dans une certaine mesure les effets socioéconomiques négatifs que peut comporter dans certains cas l'instauration d'AMP pour les communautés locales.

À ce titre, la gestion spatiale dynamique des océans constitue un instrument de gouvernance qui pourrait s'avérer d'une importance majeure face aux changements climatiques et pourrait s'inscrire dans les mécanismes d'intégration des AMP à la matrice spatiale qui constitue leur support. Cette approche

relativement nouvelle de la planification des AMP consiste en une démarche proactive qui anticipe la variabilité future des écosystèmes et l'intègre à la gouvernance des océans. Il s'agit soit d'instaurer des AMP dont les frontières sont adaptables en réponse au changement des écosystèmes, soit d'établir à l'avance des accords avec les parties prenantes, ainsi que des conditions environnementales préétablies sous lesquelles le déplacement des aires de protection pourrait être envisagé dans le futur. (E. Johnson et J. Holbrook, 2014) Cette approche permet donc, dans un contexte de changements climatiques, de maintenir la protection des communautés biologiques ou d'espèces ayant une fonction écosystémique majeure de manière anticipatoire à l'égard de l'altération future des habitats et de la biogéographie des communautés (Marine Protected Areas Federal Advisory Committee, 2010).

Les organismes-cadres affectés à la coordination du réseau national d'AMP pourraient, à titre d'exemple, prévoir le renforcement temporaire des restrictions d'exploitation des ressources halieutiques de certaines zones synchroniquement avec des événements climatiques tels que le phénomène d'oscillation australe El Niño ou à plus long terme en réponse à l'altération des patrons biogéographiques induite par les changements climatiques (Craig, 2012a).

Bien qu'une telle approche comporte des implications légales et que son efficacité soit largement tributaire du cadre de gestion qui la supporte, les mécanismes de gestion spatiale dynamique peuvent s'inscrire dans des systèmes de gestion préexistants et déjà partiellement instaurés au Canada dans le cadre de la gestion intégrée des océans et de la planification spatiale traditionnelle du domaine maritime.

Une approche de gestion spatiale dynamique des océans est déjà employée avec succès dans certaines régions caractérisées par une fluctuation annuelle importante de la répartition d'espèces clés ayant un fort comportement migratoire (Craig, 2012a) L'utilisation d'une approche analogue à une échelle temporelle plus élevée constitue certes un défi de gestion. Toutefois, le développement de mécanismes coordonnés de gestion des AMP de façon dynamique pourrait s'avérer essentiel pour optimiser la conservation des écosystèmes malgré l'altération des conditions environnementales induites par les changements climatiques (E. Johnson et J. Holbrook, 2014).

Puisque les AMP sont intimement liées à leur environnement immédiat, l'efficacité des AMP à produire des résultats de conservation satisfaisants et des bénéfices pour les communautés locales est tributaire de l'intégration des AMP dans un cadre de planification plus large ne se limitant pas au réseau que composent collectivement les AMP individuelles, mais s'étendant également à la matrice géophysique qui l'englobe. L'adoption d'une approche écosystémique de la gestion et la planification spatiale de l'espace maritime dans une perspective de conservation constituent des avenues cruciales pour former un équilibre harmonieux entre les enjeux socioéconomiques, l'utilisation anthropique des ressources océaniques et la conservation des écosystèmes (M. De Santo, 2013).

4.5 Planification adaptative

De façon générale, les approches de conservation mises en œuvre au sein des aires protégées telles que les parcs nationaux et les réserves fauniques s'inscrivent de manière optimale dans un contexte de relative certitude quant à la réponse des écosystèmes aux interventions visant la restauration de l'intégrité de la biocénose. L'atteinte d'un degré de certitude propre à orienter la détermination des mesures de conservation idoines dans un contexte donné repose souvent sur la connaissance de l'état de référence de l'intégrité des écosystèmes, puis sur l'atténuation de la dichotomie entre les caractéristiques de l'équilibre écologique de référence et les attributs du système biologique altéré. À titre d'exemple, la régulation des naissances d'une espèce clé à la base d'un réseau trophique, la réintroduction des prédateurs apicaux d'un réseau altéré ou le contrôle des espèces invasives permet à une communauté biologique de recouvrer son état de référence et ce, avec un degré de confiance élevé touchant la réponse de l'écosystème, bien qu'une certitude absolue soit quasi inatteignable étant donnée la complexité des systèmes écologiques. (S. Baron et autres, 2009) Lorsque la certitude est moindre, notamment lorsque l'atteinte d'un état de référence historique est malaisée – comme c'est le cas lorsque les conditions environnementales d'un habitat changent durablement en réponse aux changements climatiques – il convient le plus souvent d'adopter une approche de gestion adaptative de la conservation.

La gestion adaptative consiste en un processus systématique d'acquisition de connaissances grâce à la conjugaison de démarches d'expérimentation, de surveillance en continu et d'évaluation des effets des mécanismes de gestion mis en place sur l'écosystème. La considération de l'incertitude comme un élément inhérent à la planification et à la gestion de la conservation est un principe central de la gestion adaptative et celle-ci s'harmonise donc parfaitement avec le principe de précaution. (Frazão et autres, 2014) Ce dernier, faisant partie intégrante de la stratégie de conservation des océans du Canada et étant une composante cruciale pour la perpétuation de l'intégrité écologique dans un contexte de changements climatiques, « exprime l'idée qu'il ne faut pas invoquer l'absence de certitude scientifique pour différer des décisions comportant un risque de préjudice grave ou irréversible » (Canada. SCCS, 2009a) sur les écosystèmes.

En bref, l'approche adaptative de la conservation consiste en l'intégration continue des connaissances au cadre de gestion et partant, en l'adaptation de ce dernier en conséquence. La gestion adaptative représente une avenue particulièrement intéressante pour manier des enjeux sur lesquels les mesures de gestion sont susceptibles d'avoir une influence significative, mais pour lesquels la rétroaction des écosystèmes sur les interventions de conservation est au moins partiellement méconnue. L'approche adaptative comporte ainsi deux volets, soit la compréhension de la dynamique écologique des écosystèmes et la connaissance des boucles de rétroaction qu'enclenche une intervention donnée sur l'écosystème ciblé. (S. Baron et autres, 2009)

Le processus d'acquisition de connaissance par l'approche de gestion adaptative peut revêtir deux formes distinctes et complémentaires, chacune ayant son rôle dans l'optimisation de la conservation en réponse à la variabilité environnementale induite par les changements climatiques. La gestion adaptative peut ainsi être soit active, soit passive. L'approche passive repose sur l'adaptation graduelle d'une stratégie de conservation traditionnelle – soit fondée sur les connaissances actuelles et des scénarios de référence historique d'intégrité des écosystèmes – à une réalité en perpétuelle évolution. À l'inverse, la gestion adaptative active s'appuie sur une démarche expérimentale, notamment sur la mise à l'épreuve de plusieurs stratégies de gestion et sur l'étude comparative de leur efficacité. (J. Lawler, 2009; J.S. Baron et autres, 2008)

La gestion adaptative souligne ainsi les incertitudes et les intègre activement dans le processus de planification, éprouvant ainsi les connaissances actuelles sur la dynamique des écosystèmes ainsi que l'efficacité des interventions en matière de conservation dans une perspective d'amélioration continue.

Dans le cadre d'un tel procédé, les objectifs des interventions de conservation sur la biocénose comportent ainsi formellement un volet d'acquisition de connaissances et donc de réduction de l'incertitude résiduelle touchant les réponses attendues de l'écosystème à une action donnée. (S. Baron et autres, 2009)

De façon concrète, la gestion adaptative s'articule autour d'une démarche systématique d'intégration des nouvelles connaissances aux interventions de conservation. Elle débute ainsi par la détermination d'objectifs de conservation et par l'évaluation de la réponse attendue des écosystèmes à la façon dont se traduiront en actions concrètes ces objectifs. Les gestionnaires établissent donc à cette étape des indicateurs d'efficacité mesurables et situés dans le temps afin d'éprouver si les interventions obtiennent les résultats escomptés. Il s'ensuit ainsi un processus de suivi et d'évaluation de l'efficacité des mesures, ces dernières étant maintenues si elles répondent de manière optimale aux objectifs initiaux, ou faisant l'objet d'une réévaluation s'il en est autrement. Le cas échéant, des mesures d'adaptation sont mises en œuvre à la lumière de l'étude des facteurs ayant compromis l'expression dans sa plénitude de l'efficacité des interventions exercées sur l'écosystème protégé. Les nouvelles connaissances acquises sont donc intégrées aux actions subséquentes de gestion et font à leur tour l'objet d'un suivi (SCBD, 2009)

Ainsi, l'approche adaptative de la conservation est un processus itératif qui permet la gestion de systèmes au sein desquels existe un haut degré d'incertitude (J. Lawler, 2009). Il s'agit par conséquent d'une approche de premier ordre pour obvier aux écueils que représente l'incertitude touchant la réponse des écosystèmes aux changements climatiques. (Arvail et autres, 2006; J.S. Baron et autres, 2008)

En incluant la révision des stratégies de gestion et leur adaptation continue, ainsi qu'en intégrant formellement les incertitudes dans les processus décisionnels, une approche adaptative renforce la

résilience des systèmes de gouvernance des AMP et une meilleure adéquation entre ces derniers et la situation qui prévaut au sein du réseau d'AMP. (Frazão et autres, 2014) L'adoption d'une approche adaptative de la gestion permet donc l'évolution des pratiques de gestion de concert avec la conjoncture réelle qui règne sur les écosystèmes plutôt qu'en référence à un état archétypal inactuel de la biocénose.

Au reste, la gestion adaptative constitue un facteur important de flexibilité non seulement à l'égard de l'altération écologique des habitats, mais également en ce qui a trait à la situation sociopolitique qui prévaut dans un milieu donné. Cela est particulièrement vrai dans un contexte de changement climatique, puisque ceux-ci entraîneront une modification des patrons d'interaction entre les communautés côtières et les écosystèmes maritimes avec l'éventail d'impacts que cela peut comporter pour l'efficacité des AMP. (United Nations Development Programme (UNDP), 2012)

Les pierres d'assises de la résilience d'un système de gestion de la conservation dans un contexte de changements climatiques sont notamment la flexibilité opérationnelle des institutions impliquées, la cohésion entre les interventions des acteurs de la conservation, ainsi qu'un cadre législatif permettant une réaction rapide au changement (Gillson et autres, 2013). Le cadre opératoire et les processus qui en découlent doivent ainsi optimiser la capacité de réponse des entités décisionnelles tant aux risques qu'aux opportunités engendrées par les incidences des changements climatiques sur les écosystèmes.

4.5.1 Recherche et protocoles de suivi

Les fondements mêmes d'une approche adaptative reposent sur le suivi des écosystèmes et des systèmes de gestion, ainsi que sur l'acquisition de connaissances nouvelles sur la façon dont les écosystèmes rétroagissent sur les actions de conservation mises en œuvre. En effet, il demeure de nombreuses lacunes dans la compréhension qu'a la communauté scientifique – et par voie de conséquence, les gestionnaires d'AMP – touchant l'orientation que prendra la réaction des communautés biologiques à l'altération de leur habitat, mais également en ce qui a trait aux effets synergiques des stress environnementaux sur les écosystèmes. *A fortiori*, les incertitudes touchant la capacité et les scénarios d'adaptation et d'acclimatation autonomes des écosystèmes aux changements climatiques font peser un voile sur l'aboutissant futur des mesures de gestion mises en œuvre, constituant par le fait même un obstacle à la détermination des voies optimales d'attribution des ressources pour assurer la résilience des écosystèmes. (Pinsky et autres, 2013)

Dans une optique de conservation, les voies d'acquisition de connaissance dans ces domaines passent par l'étude des données écologiques existantes et d'habitats inaltérés de référence, par l'emploi de reconstructions paléoécologiques et par l'élaboration de modèles prédictifs, mais également par le suivi écologique des écosystèmes qui permettent d'une part l'adaptation des mesures de gestion et d'autre part

l'enrichissement des données sur lesquelles se fondent les modélisations, outils prédictifs dont il sera question dans la prochaine section du présent chapitre.

Les changements climatiques agissent sur les écosystèmes à plusieurs échelles temporelles et spatiales et, afin d'embrasser dans sa plénitude la nature pluridimensionnelle des impacts des changements climatiques sur les écosystèmes, le suivi écologique doit également s'étendre à plusieurs échelles de grandeur, tant géographiquement que temporellement. (D. Allen et autres, 2009) Afin d'intégrer l'ensemble des incidences des changements climatiques sur les communautés biologiques et leur habitat, les protocoles de suivi écologique doivent ainsi s'échelonner à plusieurs niveaux et considérer formellement les interrelations écosystémiques entre les différentes échelles de mesure.

À ce titre, la télédétection peut être employée afin d'observer les changements dans les phénomènes qui surviennent à grande échelle, par exemple en ce qui a trait à la température de surface des océans, à la turbidité de l'eau, aux efflorescences algales et phytoplanctoniques, etc. À une échelle spatiale moyenne, un suivi écologique complémentaire peut être effectué grâce à l'utilisation d'un réseau de détecteurs afin de mesurer les tendances biorégionales ou locales de modification de la biochimie des eaux, qu'il s'agisse du taux de saturation en aragonite, du pH ou du taux d'oxygène dissout. Des mesures expérimentales sur le terrain à l'échelle locale et régionale doivent également être menées en complémentarité des méthodes de suivi précitées, l'ensemble des données de suivi à chacune des échelles devant être intégré afin de permettre une interprétation rigoureuse des données recueillies. (D. Allen et autres, 2009)

La considération de la complémentarité des échelles de suivi écologique représente un aspect important de la surveillance écosystémique en ce qu'elle permet l'analyse éclairée des données. Par exemple, un suivi ciblé est susceptible de mettre en évidence des anomalies à l'échelle locale où à l'intérieur d'écotones qui seraient autrement demeurées inaperçues par l'usage seul de méthodes de suivi à grande échelle. L'inverse est tout aussi vrai, un suivi à l'échelle biorégional étant susceptible de pouvoir expliquer des observations *a priori* non significatives à l'échelle locale. (D. Allen et autres, 2009)

Les protocoles de suivi devraient également se fonder sur des indicateurs d'intégrité écosystémiques mesurables et couplés à des seuils écologiques au-delà desquels des actions de conservation préétablies doivent être mises en œuvre et les objectifs de conservation doivent être réévalués (Marine Protected Areas Federal Advisory Committee, 2010; J.S. Baron et autres, 2008). Une telle approche consistant en la détermination d'indicateurs écologiques est pertinente pour la majorité des écosystèmes protégés, mais est particulièrement essentielle dans le cas d'écosystèmes susceptibles de passer d'un état donné à un nouvel état d'équilibre écosystémique de moindre valeur écologique, c'est-à-dire ayant une biodiversité ou des fonctions écosystémiques diminuées. En effet, une approche proactive dans ce genre de situation est souvent la clef de l'efficacité puisque des boucles de rétroactions positives peuvent s'enclencher suite à

l'établissement d'un nouvel équilibre écosystémique et ainsi prévenir le retour à l'état initial en dépit de la restauration de conditions environnementales en deçà du seuil écologique de basculement d'un état d'équilibre à l'autre. (J.S. Baron et autres, 2008)

Afin d'illustrer la manière dont les écosystèmes peuvent basculer d'un équilibre écologique de forte valeur écologique à un autre d'une valeur diminuée, l'on peut penser au passage des biocénoses dominées par les récifs coralliens à des communautés au sein desquelles prédominent les macroalgues notamment en réponse à l'eutrophisation des eaux estuariennes. Tandis que l'état initial offre une forte diversité structurelle et partant, un nombre de niches écologiques important, l'état altéré comporte une diversité structurelle grandement amoindrie et se maintient par des boucles de rétroaction positive qui préviennent le rétablissement des propagules coralliennes, rendant ainsi onéreuse et ardue la restauration des propriétés écosystémiques initiales de l'écosystème.

De façon générale, les indicateurs écologiques sont primordiaux afin d'évaluer l'atteinte des objectifs de gestion préétablis. Ils s'avèrent ainsi essentiels pour éprouver si le fruit des mesures de conservation mises en œuvre dans les AMP du Canada satisfait aux objectifs du réseau national. À ce propos, le rapport de l'automne 2012 du commissaire à l'environnement et au développement durable indique qu'il existait alors des lacunes en matière de suivi écologique tant au sein de l'Agence Parcs Canada que parmi les AMP sous la gouvernance de Pêches et Océans Canada. Le commissaire constatait ainsi que l'Agence Parcs Canada n'avait alors pas développé de protocoles de surveillance des AMP comportant des indicateurs écologiques propres aux écosystèmes marins et déclarait : « [l'Agence Parcs Canada] n'est pas encore en mesure d'évaluer la santé écologique des AMP qu'elle a établies par rapport aux résultats prévus ». (Office of the Auditor General of Canada, 2012).

Un constat analogue émane du rapport du commissaire en ce qui a trait à Pêches et Océans Canada. En effet, le rapport indique que Pêches et Océans Canada n'avait pas systématiquement procédé au suivi et à une gestion suffisante de ses AMP. De même, le commissaire déclarait que malgré la détermination d'indicateurs de suivi écologique pour six des AMP dirigées par cet organe gouvernemental, ces indicateurs ne faisaient l'objet d'une surveillance systématique que dans trois d'entre elles. (Office of the Auditor General of Canada, 2012)

Un portrait plus général de la situation canadienne émane de la consultation d'un large éventail d'institutions impliquées dans l'instauration et la gouvernance d'aires protégées au Canada. Celle-ci révèle en effet que, malgré que 97 % des organismes consultés étaient en accord avec l'énoncé selon lequel le suivi des écosystèmes en lien avec les incidences changements climatiques devrait constituer un enjeu prioritaire pour les organismes de conservation, seulement 31 % d'entre elles indiquaient qu'elles effectuaient le suivi des impacts des changements climatiques sur les communautés biologiques. En outre, seuls cinq organismes, soit 14 % des entités institutionnelles consultées, avaient intégré des

indicateurs spécifiques aux changements climatiques dans leurs protocoles de suivi écologique. L'Agence Parcs Canada fait à ce chapitre bonne figure parmi les organismes du Canada par l'établissement d'indicateurs d'intégrité écologique prenant en considération les changements climatiques pour le suivi de ses parcs nationaux. (J. Lemieux et autres, 2011)

Étant donnée la compétence partagée en matière d'établissement et de gestion du réseau national d'AMP et vu le caractère complémentaire du mandat et des objectifs de Parcs Canada, d'Environnement Canada et de Pêches et Océans Canada, la communication des connaissances et la coordination du suivi écologique entre les organes de gouvernance sont susceptibles de constituer un défi organisationnel. Toutefois, elles s'avèrent nécessaires à l'optimisation de la cohésion du réseau national d'AMP et à l'atteinte d'un niveau d'efficacité élevé. Les trois acteurs majeurs de la conservation que sont Pêches et Océans Canada, Parcs Canada et Environnement Canada reconnaissent toutefois cet état de fait et ont eu montre d'une volonté commune de renforcer les processus collaboratifs entre les trois organismes. (M. De Santo, 2013)

4.6 Planifier pour le futur

Outre les incidences directes qu'ils présentent sur les écosystèmes, les changements climatiques constituent une composante cruciale de l'incertitude inhérente à la gestion des systèmes complexes que forment les biocénoses marines. L'approche de précaution adoptée par le Canada parmi les principes directeurs de sa stratégie de gestion intégrée des océans requiert toutefois que les actions de conservation soient mises en œuvre en dépit des incertitudes ce, afin d'obvier aux préjudices graves susceptibles de résulter de la perpétuation du statu quo sous prétexte qu'un défaut de connaissances scientifiques demeure. Il existe plusieurs instruments décisionnels permettant de composer avec l'incertitude. La présente section en trace succinctement le portrait.

4.6.1 Modélisation et développement de scénarios alternatifs

Un certain degré d'incertitude est inhérent aux prédictions climatiques malgré que la précision des modèles climatiques soit croissante. Cette incertitude intrinsèque induit un degré proportionnel de risque associé aux décisions de conservation s'appuyant sur le postulat d'une évolution donnée des écosystèmes face aux changements climatiques. Les incidences des changements climatiques sur les écosystèmes ainsi que l'incertitude accrue qui en découle entraîneront la nécessité croissante, pour les gestionnaires des AMP, de développer de façon proactive un éventail de stratégies de conservation alternatives visant à optimiser l'efficacité des mesures de conservation en fonction de la direction que prendra l'évolution des écosystèmes. (J. Lawler, 2009)

Le développement de scénarios consiste en un processus itératif employant la modélisation afin de mettre en évidence l'amplitude de la variation des divers états écologiques projetés d'un écosystème. Il s'agit

d'un processus fondé sur l'étude de scénarios alternatifs du futur dans le but de développer des plans de contingence qui s'appuient tant sur les tendances observées que sur la considération d'événements stochastiques présentant une probabilité relativement faible, mais des incidences importantes s'ils se concrétisent (S. Baron et autres, 2009).

Le processus de développement de scénarios se base ainsi sur la génération de stratégies de conservation ad hoc pour toute la gamme de scénarios plausibles d'altération des écosystèmes en regard de leur état actuel. (Gillson et autres, 2013) Des plans de contingence peuvent ainsi être conçus à la lumière de l'étude des divers scénarios et mis en œuvre lors de l'atteinte d'un seuil écologique prédéterminé ou lorsque la certitude quant à l'actualisation d'une éventualité donnée est suffisante eu égard aux nouvelles connaissances scientifiques acquises. (S. Baron et autres, 2009).

L'intégration de l'approche par scénarios à la gestion des AMP est intimement liée au suivi écologique des écosystèmes. Celui-ci, ainsi que les objectifs et mesures de gestion des AMP doivent ainsi être éprouvés sous les différents scénarios conçus, lesquels doivent eux-mêmes faire l'objet d'une réévaluation ponctuelle à la lumière des nouvelles connaissances acquises et du nouveau degré de certitude qui en découle.

L'approche par scénarios peut également s'avérer pertinente dans l'étude du contexte sociopolitique et économique dans lequel s'inscrivent les AMP. Elle peut en effet constituer un instrument d'identification des différends potentiels susceptibles de naître entre les parties prenantes face à l'altération du milieu marin et *a fortiori*, des ressources océaniques, sous différents scénarios. (S. Baron et autres, 2009; Gillson et autres, 2013)

À l'instar de l'établissement de protocoles de suivi écologique, le développement de scénarios dépeint de manière plus efficace le contexte environnemental réel s'il s'effectue à plusieurs échelles spatiales et temporelles. L'élaboration de scénarios prend ainsi en considération l'interaction des phénomènes qui surviennent à différentes échelles et permet, en conjugaison avec l'usage d'autres outils prédictifs, d'orienter le processus décisionnel de conservation tant au niveau des AMP individuelles qu'à l'échelon conceptuel du réseau national. (A. Gray et autres, 2011).

De nombreux outils peuvent être employés afin de renforcer la valeur prédictive des scénarios et d'augmenter de façon générale l'aptitude des acteurs de la conservation à intégrer les incidences potentielles des changements climatiques sur les écosystèmes. Ces instruments incluent les modèles climatiques globaux et régionaux, les modèles d'enveloppes bioclimatiques, les modèles de dynamique biogéographique, ainsi que les études et le suivi écologique, dont les données viennent renforcer la fiabilité des modèles précités. (UNDP, 2012) Les modèles conjugués tels que les modèles climatiques couplés océan-atmosphères, notamment utilisés par le GIEC et par Environnement Canada, représentent

un niveau d'intégration supplémentaire des facettes plurielles de l'environnement et constituent de meilleurs outils d'estimation qui peuvent être employés en conjugaison avec d'autres outils pour anticiper la réponse des organismes biologiques aux changements climatiques. (C. Ban et S. Levy, 2013).

Dans le cadre de la conservation des écosystèmes, ces instruments doivent être considérés comme des avenues complémentaires d'acquisition des connaissances et non comme une source d'information complète en elle-même. À titre d'exemple, l'une des lacunes les plus souvent reconnues en matière de projection des changements climatiques est l'insuffisance de modèles applicables à chacune des échelles spatiales pertinentes de la conservation. Tandis qu'un nombre considérable de modèles climatiques globaux ont été élaborés, les modèles régionaux considérant les variations climatiques à une échelle plus fine et augmentant la résolution des modèles globaux font défaut pour de nombreuses régions. (J.S. Baron et autres, 2008)

Au Canada toutefois, le Centre canadien de la modélisation et l'analyse climatique a recours à un modèle régional du climat et la modélisation régionale du climat fait l'objet d'études par des tiers, notamment par le truchement du Réseau canadien en modélisation et diagnostics du climat régional, une entité interinstitutionnelle regroupant des chercheurs universitaires et des scientifiques d'organismes voués à l'étude du climat du Canada.

Le développement d'outils d'analyse prédictive des impacts est l'un des domaines les plus dynamiques dans la recherche sur les changements climatiques et des progrès majeurs en la matière sont prévisibles dans les années à venir. (J.S. Baron et autres, 2008) Néanmoins, malgré la fiabilité et la précision croissante des modèles climatiques, l'application des données issues de ces modèles prédictifs à la conservation comporte encore des lacunes non négligeables. D'une part, la capacité prédictive des modèles bioclimatiques est souvent limitée par le fait que les modèles se concentrent généralement sur un nombre restreint d'espèces, voire sur une seule espèce ou sur un groupe d'espèces considéré homogène. Ainsi, l'atteinte d'une meilleure capacité prédictive de ces instruments requiert que les modèles intègrent les interactions interspécifiques et les interrelations trophiques. (SCBD, 2009)

D'autre part, les modèles bioclimatiques actuels ne considèrent généralement pas les stress non climatiques sur la réponse des écosystèmes aux changements climatiques. (SCBD, 2009) Les modèles devraient ainsi intégrer davantage les synergies entre les effets des changements climatiques et les stress non climatiques, ainsi que l'interaction entre les systèmes écologiques et les systèmes anthropiques.

Les projections d'enveloppes bioclimatiques révèlent que la répartition de la faune et la flore du Canada présentera des écarts importants avec le portrait biogéographique canadien actuel (J. Lemieux et autres, 2011). Or, un nombre restreint d'études a analysé la possibilité d'utiliser des modèles bioclimatiques afin

d'estimer l'altération de la biogéographie en réponse aux changements climatiques et, ultimement, d'orienter le choix de la localisation des aires protégées dans une perspective de protection à long terme des écosystèmes face aux changements climatiques. (J. Lawler, 2009)

Moyennant que l'incertitude inhérente aux prédictions bioclimatiques soit suffisamment contrôlée, un tel usage de la modélisation pourrait constituer un instrument efficace pour adapter la conservation aux changements climatiques. Dans le cadre d'une approche prédictive, l'instauration des AMP pourrait ainsi intégrer dans le processus de priorisation les zones de l'océan susceptibles de constituer des biotopes clés pour la biodiversité future et le maintien des fonctions écologiques des écosystèmes. Les avis scientifiques sont toutefois partagés quant à l'exactitude de telles méthodes au niveau d'incertitude actuel sur l'évolution future des écosystèmes face aux changements climatiques, aussi la nécessité d'approfondir plus avant les recherches en la matière est-elle manifeste. (E. Heller et S. Zavaleta, 2009)

Cela dit, la modélisation et les instruments prédictifs peuvent également être employés au sein des AMP existantes et leur utilisation a notamment fait l'objet d'études afin de déterminer la façon dont ces outils décisionnels peuvent orienter les mesures de conservation. Ainsi, selon l'amplitude de la variation attendue d'altération d'un écosystème donné, les objectifs de conservation peuvent favoriser la résistance d'un écosystème – soit le maintien de ses caractéristiques actuelles –, s'orienter vers une résilience accrue de la biocénose, ou favoriser la transition harmonieuse de l'équilibre écologique actuel à un nouvel état considéré satisfaisant dans une perspective de maintien de la biodiversité et des fonctions écosystémiques. (G. Hole et autres, 2011)

En effet, les outils prédictifs pourraient révéler que le maintien de la structure actuelle de l'écosystème ciblé est impraticable, que les efforts de conservation en ce sens seraient par conséquent vains à moyen ou long terme et que la réponse des communautés biologiques aux changements climatiques se solderait par un effondrement de l'écosystème malgré les mesures de conservation mises en place.

Une estimation rigoureuse de la réponse des organismes aux changements de leur environnement est tributaire d'une compréhension suffisante des limites physiologiques de tolérance, de la dynamique populationnelle, des interactions au sein de la communauté biologique, ainsi que d'un ensemble de variables écosystémiques. En l'absence d'une compréhension suffisante de ces facteurs, le degré d'incertitude élevé rend inappropriée la formulation de décisions basées sur une approche probabiliste, d'où la pertinence de l'élaboration de scénarios représentatifs de l'amplitude des variations possibles de l'évolution des écosystèmes. Toutefois, dans le cas où le degré d'incertitude est tel que l'éventail d'états futurs possibles est trop large, une approche alternative consiste en l'utilisation de règles de décisions propres à orienter la gestion de la conservation dans un contexte d'incertitude élevée. L'application du critère de Savage représente un exemple de règle décisionnelle pertinente dans une telle conjoncture.

Le critère de Savage consiste en le choix systématique du scénario présentant le moindre potentiel de préjudice maximal à l'écosystème. En d'autres termes, le potentiel d'altération maximal de l'écosystème est établi pour chaque scénario de gestion et, suite à la comparaison des scénarios, celui pour lequel ce potentiel est le moindre fait l'objet d'une étude plus approfondie et est mis en œuvre jusqu'à ce que l'avancée des connaissances diminue suffisamment l'incertitude résiduelle pour qu'un choix plus éclairé soit adopté. (Prato, 2012)

Peu importe la méthode de planification choisie, le processus de gestion anticipatoire doit consister en une démarche itérative éprouvée de façon systématique par le suivi tant des écosystèmes que des systèmes de gestion qui sous-tendent leur conservation. Au reste, une approche prédictive doit s'inscrire dans une démarche de gestion adaptative et donc intégrer les nouvelles connaissances régulièrement de façon à refléter fidèlement le portrait du savoir scientifique en matière de conservation dans un contexte de changements climatiques.

4.6.2 Étude de vulnérabilité et démarches politico-légales proactives

La projection de l'évolution de la structure des écosystèmes face aux changements climatiques repose sur l'estimation de la vulnérabilité des organismes et des communautés à l'altération des conditions environnementales de leur habitat. Il est donc essentiel, dans une perspective de conservation au sein d'un environnement changeant, de mener des recherches afin d'identifier les composantes des écosystèmes qui sont particulièrement sensibles aux effets conjugués des changements climatiques et des stress non climatiques, notamment ceux d'origine humaine. (Welch, 2005)

Pour s'inscrire dans un cadre de conservation idoine dans un environnement caractérisé par une variabilité accrue, l'étude de la vulnérabilité des écosystèmes devra ainsi se fonder en partie sur le potentiel des changements climatiques d'altérer de façon importante l'intégrité des écosystèmes et, à plus forte raison, celle des processus écosystémiques. La vulnérabilité des écosystèmes pose sur la relation de trois composantes, soit le degré d'exposition aux stress environnementaux, la sensibilité intrinsèque des organismes à ces stress, ainsi que la capacité adaptative des organismes et des communautés face aux changements. (SCBD, 2009)

La dimension transversale de la vulnérabilité écologique constitue également un élément important dans l'étude de la fragilité de la biocénose face à l'altération de son environnement. L'on peut par exemple présupposer que la sensibilité des organismes à un stress donné est affectée par une exposition importante à un éventail de stress agissant de façon synergique sur l'organisme et affaiblissant sa capacité à maintenir son homéostasie.

La compréhension de la vulnérabilité des écosystèmes et la détermination de seuils au-delà desquels les préjudices portés aux communautés biologiques sont susceptibles d'entraîner un basculement d'un équilibre écosystémique à un état de moindre valeur écologique sont essentielles à l'atteinte d'un niveau d'efficacité élevé dans la gestion des AMP. En effet, la gestion préventive des écosystèmes est quasi invariablement moins onéreuse et laborieuse que la restauration d'un écosystème dégradé, particulièrement lorsque s'installent des boucles de rétroaction positive, tel que décrit précédemment. (SCBD, 2009)

En accord avec le principe de précaution adopté par le Canada pour la gestion des océans, et considérant que le processus d'instauration des AMP au Canada s'échelonne généralement sur plusieurs années, notamment lorsqu'une approche participative est adoptée, la pratique de la gestion préventive passe par l'établissement de mécanismes légaux proactifs. L'imposition de moratoires sur l'exploitation des ressources sur les sites candidats dans le processus d'instauration du réseau national d'AMP peut s'inscrire dans une approche proactive de la conservation. Les mécanismes par lesquels ces moratoires peuvent s'exprimer sont pluriels et comprennent des restrictions d'exploitation des ressources halieutiques, une régulation de la navigation, ainsi que des accords entre les parties prenantes. Ils impliquent ainsi l'engagement coordonné de diverses entités gouvernementales.

Bien que de telles pratiques soient déjà établies au Canada dans le processus de création des parcs nationaux et des aires protégées, leur usage dans l'instauration d'AMP demeure inusuel. Les moratoires sur les AMP potentielles prennent toute leur importance en considérant l'ampleur du processus d'instauration des AMP. La longueur considérable de l'intervalle entre la désignation d'un milieu en tant que candidat à la protection et la création effective d'un statut légal et de mesures de contrôle formelles constitue un risque non négligeable pour les écosystèmes. (Jessen et autres, 2011)

La protection spatiale préventive représente un autre outil de proactivité dans la gestion des écosystèmes et consiste en l'établissement de moratoires analogues à ceux précités, mais en réponse aux tendances écologiques observées plutôt qu'aux délais administratifs. Il s'agit d'un instrument intéressant dans la conservation proactive des écosystèmes face aux changements climatiques. Une telle approche a par ailleurs été adoptée par les États-Unis sous l'initiative du *North Pacific Fishery Management Council* de la NOAA. En reconnaissance des menaces encourues par les écosystèmes arctiques en réponse à l'augmentation de l'accessibilité des eaux septentrionales aux activités d'exploitation et de navigation, la NOAA a préventivement instauré une aire de gestion des eaux fédérales dans les mers de Beaufort et de Chukchi. Cette zone est désignée à dessein d'y interdire l'exploitation commerciale des ressources halieutiques jusqu'à ce que des connaissances suffisantes soient développées pour y planifier et y gérer les pêcheries de façon éclairée. (Craig, 2012b; Craig, 2012a)

Les incidences des changements climatiques sur l'océan Arctique sont déjà manifestes et appelées à s'intensifier rapidement dans les prochaines décennies. Le retrait des glaces dans les eaux territoriales du Canada septentrional et par voie de conséquence, l'accessibilité croissante de l'Arctique aux activités anthropiques fait en sorte d'augmenter les pressions environnementales sur ces écosystèmes dont l'isolement a jusqu'à ce jour joué le rôle d'égide contre les stress anthropiques. (CPAWS, 2013)

La protection spatiale préventive pourrait être appelée à jouer un rôle majeur compte tenu des incertitudes inhérentes à la réponse des écosystèmes aux changements climatiques. (Craig, 2012b) Les outils de gestion proactive constituent ainsi un élément central de l'adaptation de la gouvernance des AMP aux changements climatiques.

Les voies de gouvernance mises en œuvre afin d'optimiser la conception et la gestion du réseau national d'AMP forment la pierre angulaire d'une adaptation efficiente de la conservation au contexte d'incertitude qui découle des changements climatiques. Le réseau d'AMP du Canada doit non seulement satisfaire aux enjeux environnementaux actuels, mais se doit également d'être conçu de telle façon qu'il soit tout ensemble adaptatif, proactif et résilient pour faire face aux menaces futures qui pèsent sur les écosystèmes marins. La biogéographie des océans et la structure des communautés biologiques sont appelées à subir une transformation significative au cours du vingt et unième siècle, requérant une adaptation d'ampleur commensurable de la part des acteurs de la conservation, tant au niveau du cadre conceptuel qui oriente les objectifs de gestion qu'en ce qui a trait aux actions concrètes pavant la voie vers l'atteinte des finalités poursuivies par le réseau national d'AMP.

5 PROPOSITIONS D'AXES DÉCISIONNELS POUR LA CONFIGURATION ET LA GESTION DU RÉSEAU NATIONAL D'AMP DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Face aux effets planétaires de l'altération anthropique de l'environnement, il serait irréaliste de percevoir les actions de conservation locales comme une panacée contre les changements climatiques. Toutefois, le rôle que peut jouer l'instauration d'un réseau d'aires marines protégées dans la perpétuation de la valeur écologique des écosystèmes représente davantage qu'un simple traitement palliatif. S'il est adéquatement conçu et moyennant qu'il s'inscrive dans un ensemble de mesures de conservation complémentaires coordonnées, un réseau bien structuré d'AMP peut en effet décupler la résilience des écosystèmes et favoriser une transition harmonieuse entre les états présent et futur des écosystèmes.

Bien que d'autres éléments cardinaux de la gouvernance des AMP aient été soulignés dans le chapitre précédent, les propositions d'axes de décision émises dans le présent chapitre s'en tiennent à celles qui ressortissent spécifiquement à l'adaptation aux changements climatiques. Les recommandations de nature générale, applicables à la conception et à la gestion des AMP sans acception de l'existence ou de l'absence d'effets liés aux changements climatiques sur les écosystèmes, ont ainsi été omises des pistes de réflexion énoncées ci-après, faute qu'elles ne s'inscrivent dans le mandat de l'essai. Le présent chapitre propose quinze axes de décision pour la planification des AMP et souligne pour chacun d'eux l'importance qu'il revêt dans une perspective d'adaptation de la conservation aux incidences des changements climatiques.

5.1 Adopter une nouvelle conception d'intégrité des écosystèmes

Tel qu'explicité au précédent chapitre, les changements climatiques comportent des effets majeurs sur le cadre conceptuel et les objectifs de conservation qui sous-tendent la planification des AMP. La considération des écosystèmes en tant qu'entité en équilibre dynamique n'est guère nouvelle. Toutefois, les changements climatiques constituent un tel facteur de variabilité environnementale qu'ils remettent en question le postulat selon lequel la restauration d'un état écosystémique de référence historique ou le maintien de la structure actuelle des communautés biologiques représente le principe directeur qui devrait orienter les objectifs et les actions de conservation.

Plutôt qu'ils ne s'orientent vers la préservation des caractéristiques propres aux écosystèmes, les objectifs de conservation seront ainsi appelés à se concentrer davantage sur le maintien des processus écosystémiques et des groupes fonctionnels que sur la préservation de la structure des communautés et des espèces représentatives d'un habitat donné. Ces aspects de la conservation font déjà partie intégrante de la conservation au Canada. Toutefois, la variabilité accrue des écosystèmes en réponse aux changements climatiques requerra l'évaluation rigoureuse de la viabilité des objectifs de conservation visant l'inaltération des habitats et des assemblages d'espèces actuels, puisque la restauration des

communautés biologiques dans leur état original pourrait s'avérer irréalisable sous les contraintes des changements climatiques.

La nécessité de faire des compromis entre la pérennité des processus écologiques fondamentaux des écosystèmes et la préservation des assemblages d'espèces représentatifs d'un milieu donné deviendra de plus en plus manifeste, aussi deviendra-t-il plus viable, dans certains écosystèmes, de favoriser le renouvellement d'espèces émigrantes par d'autres espèces adaptées aux nouvelles conditions environnementales du site et jouant un rôle écologique analogue, ces dernières faisant contrepoids à l'extirpation locale d'une espèce n'étant plus adaptée aux conditions environnementales altérées.

Cela étant, la protection des processus écologiques passe parfois par la conservation de certaines espèces jouant un rôle capital pour un écosystème donné. Il en va ainsi pour des communautés biologiques intimement liées à l'action d'espèces clefs de voûte n'ayant pas d'analogues susceptibles de jouer leur rôle écologique advenant leur extirpation locale. Certaines espèces jouent en effet un rôle si fondamental au sein d'un écosystème que leur disparition engendre l'effondrement d'un processus écologique donné, voire la rupture de l'équilibre écologique de communautés biologiques entières. (UNDP, 2012)

De telles espèces ou taxons incluent notamment les espèces-ingénieurs – tant autogéniques qu'allogéniques – telles que les coraux bâtisseurs de récif, les huîtres récifales et le kelp, mais également certains prédateurs apicaux et, à l'inverse, certaines proies formant un pont important entre deux échelons trophiques. (Crowder et Norse, 2008)

5.2 Inclure formellement les changements climatiques dans les études de vulnérabilité, la planification et le suivi écologique des AMP

Le bien-fondé d'une telle recommandation apparaît manifeste, mais comporte de multiples facettes dont la première est l'adoption d'un horizon de planification congruent à l'échelle temporelle sur laquelle s'étendent les enjeux environnementaux que présentent les changements climatiques. De nombreux plans de gestion d'AMP et les actions de conservation qui en découlent s'échelonnent sur un horizon de trois à dix ans; or cela est insuffisant pour embrasser dans leur plénitude les effets des changements climatiques sur l'évolution des écosystèmes. Certaines mesures de conservation planifiées – ou à tout le moins des scénarios de contingence dans le cas où une trop grande incertitude persiste – devraient être orientées de façon à s'inscrire dans une stratégie proactive prenant en compte non seulement les enjeux actuels de conservation, mais également les menaces futures qu'encourent les écosystèmes et qui sont susceptibles de jeter une lumière nouvelle sur la viabilité des mesures de protection actuelles.

Dans le même ordre d'idée, étant donnée la vocation de conservation à perpétuité des aires protégées, il apparaît nécessaire d'appliquer le principe de précaution non seulement à la méconnaissance scientifique

de certains aspects du fonctionnement des écosystèmes, mais également aux incertitudes liées à l'évolution des écosystèmes en réponse aux changements climatiques, d'où la pertinence de renforcer la gestion adaptative de la conservation et de développer des mesures proactives de conservation des océans, tel que décrit dans le précédent chapitre.

À ce titre, le suivi écologique du réseau d'AMP constituera un élément central de la gestion adaptative des océans. Il devrait par conséquent comporter des seuils écologiques dont l'atteinte donnera lieu à des mesures de gestion correctives préétablies, ce afin d'assurer une réponse diligente à l'altération des écosystèmes induite par l'action conjuguée des changements climatiques et d'autres stress environnementaux.

À cette fin, le Canada devra favoriser le développement de modèles bioclimatiques qui incluront les interactions biologiques, la synergie des stress environnementaux climatiques et non climatiques, ainsi que les variations régionales de l'environnement. Approfondir les recherches en matière de réponses des communautés biologiques aux changements climatiques, tant au niveau comportemental que physiologique, devra constituer une priorité si le gouvernement du Canada souhaite augmenter l'efficacité des actions de conservation visant la résilience des écosystèmes aux changements climatiques.

En effet, émettre le postulat que l'altération de la biogéographie et les changements de répartition des espèces obéiront rigoureusement aux patrons de réchauffement des océans participerait d'une vision simplificatrice des multiples aspects que revêtent les effets des changements climatiques sur les écosystèmes.

La répartition future des espèces – et partant, l'altération de la structure des communautés existantes – sera entre autres choses influencée par les microclimats qui complexifient les gradients latitudinaux de température, par l'occurrence de déclencheurs stochastiques, par les patrons d'acidification, par la formation de zones pauvres en oxygène dissout, ainsi que par les barrières et vecteurs de dispersion que représentent les différentes masses d'eau, les courants et le relief marin. (Pinsky et autres, 2013).

Le réchauffement inhomogène des océans constitue une opportunité d'acquisition de connaissances en matière d'altération des écosystèmes conséquemment à la modification des conditions environnementales par les changements climatiques. Les écosystèmes précocement affectés par les changements climatiques pourront ainsi servir d'outils de validation des modèles bioclimatiques, en plus de constituer, pour les scientifiques et les gestionnaires d'AMP, une opportunité de développer empiriquement des voies de conversion du savoir scientifique en mesures concrètes de conservation et de gestion des AMP face en réponse aux changements climatiques (T. Pecl et autres, 2014).

5.3 Accroître la connectivité des aires marines protégées et la perméabilité de la matrice spatiale

L'importance de la connectivité écosystémique pour la conservation des océans transparaît déjà tangiblement dans les principes qui sous-tendent la configuration du réseau national d'AMP. Le concept de connectivité du réseau d'AMP se traduit par la perméabilité de ce dernier aux échanges biologiques entre les AMP qui le compose.

La connectivité entre les AMP revêt une importance considérable même en omettant les impacts des changements climatiques sur l'environnement, mais le dynamisme accru de la répartition des organismes en réponse à ces derniers fait de la connectivité écosystémique l'une des pierres d'assises de la conservation.

La connectivité permet une synergie entre les AMP et est l'un des facteurs déterminants dans l'atteinte d'un réseau d'AMP qui représente davantage que la somme de ses composants. Il s'agit également, grâce à l'immigration d'individus allochtones, d'un élément essentiel au rétablissement de communautés affectées par une perturbation donnée, ainsi qu'au renouvellement des effectifs de populations en déclin au niveau local. (Gillson et autres, 2013; J.S. Baron et autres, 2008)

D'un point de vue génétique, la connectivité permet aussi le maintien des échanges génétiques entre les colonies biologiques formant une métapopulation. Or, en préservant ainsi la diversité génotypique des populations, la connectivité renforce la capacité d'adaptation et de microévolution desdites populations face aux changements climatiques (J. Lawler, 2009).

Bien que la proximité entre elles des AMP d'un réseau soit souvent positivement corrélée à la connectivité qui les unit, la distance n'est pas la seule variable qui détermine la connectivité du réseau. Des variables géologiques et océanographiques, ainsi que la qualité des espaces séparant les AMP entrent aussi en compte. Par conséquent, la gestion de la matrice spatiale qui supporte le réseau d'AMP est tout aussi importante pour la connectivité écosystémique que la localisation des AMP elles-mêmes, aussi les aires de protection doivent-elles s'inscrire dans une mosaïque de mesures de conservation et de gestion intégrée des océans.

Le constat de l'importance écologique de la connectivité écosystémique dans un contexte de changements climatiques pourrait ainsi nuancer le postulat parfois formulé selon lequel la création de vastes AMP est presque systématiquement préférable à l'instauration de multiples AMP plus petites. En formant en quelque manière un archipel d'îlots de conservation, de multiples AMP de taille modeste s'étendent sur de plus vastes gradients écologiques et sur de plus nombreux types d'habitats qu'une AMP unique d'une même aire. Un archipel d'AMP augmente ainsi la connectivité régionale, recouvre une

diversité d'habitats plus grande et dilue le risque qu'un événement stochastique local affecte la superficie totale d'aires protégées. (Gillson et autres, 2013, UNDP, 2012)

Si les AMP du réseau national devraient être caractérisées par une proximité suffisante pour assurer la connectivité des écosystèmes et les interrelations au sein des métapopulations, la contiguïté relative d'AMP abritant des écosystèmes de valeur écologique commensurable recèle également une contrepartie non négligeable, tout particulièrement dans un contexte de changements climatiques. Il s'agit du risque qu'un événement stochastique donné affecte simultanément l'ensemble des écosystèmes analogues protégés. La distance entre les AMP devrait ainsi être balancée entre la nécessité d'assurer la connectivité entre les AMP, la dilution géographique du risque écologique encouru par les écosystèmes, les besoins propres aux communautés biologiques protégées, ainsi que les considérations logistiques qui déterminent la faisabilité économique, politique et sociale d'une configuration donnée du réseau d'AMP. (Game et autres, 2010)

5.4 Diluer le risque environnemental par le biais de la répétitivité

Étant donné l'impraticabilité logistique de la conservation de tous les écosystèmes marins, les incertitudes scientifiques qui demeurent touchant la résilience des écosystèmes aux changements climatiques et le fait que les effets du réchauffement planétaire affecteront les habitats de manière inhomogène, la dilution du risque environnemental constitue une forme de garantie dans une perspective de perpétuation des écosystèmes.

La répétitivité, en d'autres termes la représentation de multiples exemples d'un élément écologique donné dans le réseau national d'AMP, offre un gage de protection des composantes écosystémiques et diminue le risque qu'un événement stochastique unique porte un préjudice irréversible à l'unique exemple représenté dans le réseau d'AMP d'un élément écologique donné.

La répétitivité comporte ainsi l'avantage de diluer le risque de dommage irréversible à une composante écosystémique donnée, les effectifs d'une population d'organismes affectée par un événement catastrophique pouvant par exemple être restaurés par les propagules ou les larves de populations adjacentes. Au reste, la répétitivité offre les avantages de garantir une certaine représentation de la variation naturelle d'un élément écologique – notamment au niveau génétique –, de constituer une base comparative pour le développement des connaissances scientifiques, et de renforcer la connectivité du réseau d'AMP. (Joint Nature Conservation Committee, 2015)

Établir un degré de répétitivité idoine pour l'ensemble des éléments écologiques apparaît être une approche inadéquate étant donné la variabilité inhérente aux divers écosystèmes et la vulnérabilité différentielle des différentes composantes écosystémiques face aux changements climatiques. Le

Secrétariat canadien de consultation scientifique, ayant émis des recommandations quant à la répétitivité écosystémique dans le réseau national d'AMP, indique ainsi que les décisions dans la détermination du degré de répétitivité au sein du réseau d'AMP doivent « être fondées sur une évaluation des menaces [ainsi que] tenir compte des incertitudes et de toutes les limites dans les connaissances sur les propriétés de l'écosystème ». (Canada. SCCS, 2009a)

Toutefois, la Convention sur la diversité biologique indique qu'un degré de répétitivité incluant l'existence de trois exemples représentatifs de chaque zone biogéographique constitue un seuil minimal pour favoriser la résilience des écosystèmes (WWF, 2013). Une autre recommandation récurrente dans la littérature scientifique est l'inclusion dans les réseaux d'AMP de 20 % à 30 % de chaque type d'habitat. (Mcleod et autres, 2009)

La répétitivité écosystémique est un concept qui a déjà sa place parmi les propriétés de conception énumérées par le *Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada*. (Canada, 2011). La manière dont Pêches et Océans Canada prévoit coordonner la complémentarité des actions de conservation des différents acteurs fédéraux et provinciaux touchant la représentation de multiples exemplaires des divers éléments écologiques importants est toutefois absente des documents directeurs émis par le gouvernement fédéral en matière de conservation des océans.

5.5 Atténuer les stress environnementaux non climatiques

L'une des voies d'atténuation des impacts des changements climatiques présentant la plus forte adéquation avec les pratiques de conservation actuelles au sein des AMP est le contrôle des stress anthropiques non climatiques. Toutefois, bien que de telles mesures de conservation s'inscrivent déjà dans les principes directeurs des AMP, il convient de préciser que l'importance de l'atténuation des stress non induits par les changements climatiques se fera croissante à mesure que s'exprimeront les effets délétères du réchauffement planétaire sur les écosystèmes.

Un consensus de plus en plus fort se forge au sein de la communauté scientifique internationale autour du postulat selon lequel les écosystèmes dont l'intégrité écologique est préservée sont plus résilients à l'altération de l'habitat par les changements climatiques (UNDP, 2012). L'atténuation des stress environnementaux locaux, sur les racines desquels les gestionnaires des AMP peuvent agir directement, permet de soustraire certaines variables de l'équation qui illustre les effets additifs des stress environnementaux sur les écosystèmes.

Au reste, la réduction des perturbations non climatiques est susceptible d'amoindrir la probabilité de survenue d'interactions synergiques entre les stress environnementaux. La diminution de la tolérance à la hausse de température qui survient chez plusieurs organismes en réponse à des conditions hypoxiques

de la colonne d'eau constitue un exemple d'une telle synergie qui pourrait être évitée. La rétroaction physiologique observée dans ce cas souligne ainsi que les organismes peuvent être affectés de façon accrue par le réchauffement de la colonne d'eau en raison d'impacts anthropiques non climatiques, tels que la contamination du littoral par l'azote et le phosphore, puis l'eutrophisation et ultimement l'hypoxie susceptible d'en résulter. Dans le même ordre d'idée, l'eutrophisation anthropique de la zone néritique peut accélérer, en raison de la décomposition de la matière organique excédentaire, l'acidification de l'eau, qui elle-même influence la spéciation chimique des contaminants et agit ainsi sur la toxicité de ces derniers. Ainsi, la diminution de la contamination locale peut favoriser la capacité adaptative et la résistance des organismes aux stress de nature climatique.

À mesure que se manifesteront plus tangiblement les effets des changements climatiques sur les écosystèmes, la nécessité de coordonner et d'intégrer les différents secteurs d'activités ayant un effet sur les océans deviendra de plus en plus manifeste. Il ne s'agit par ailleurs pas d'une menace future imprécise, mais d'un enjeu très contemporain, ainsi que le révèle le chapitre trois du présent essai, notamment en soulignant les tendances de réchauffement, d'acidification, de désoxygénation de la colonne d'eau observées depuis l'aube de la période industrielle.

Une étude récente menée sur les AMP de la côte pacifique du Canada et portant sur les effets cumulatifs des perturbations environnementales, tant au sein des AMP que dans la matrice spatiale qui les enciint, a révélé que malgré les mesures de conservation mises en œuvre, les AMP subissaient fortement l'influence des stress induits par les activités anthropiques. En fait, l'étude a révélé que la plupart des aires bénéficiant d'une forme de protection légale étaient caractérisées par un degré de perturbation anthropique supérieur à la moyenne des écorégions dont elles faisaient partie. (C. Ban et autres, 2010)

Bien qu'il soit envisageable que de tels résultats procèdent d'une corrélation entre la sélection de sites protégés et le degré d'impact anthropique au sein de ces aires, ou entre les habitats de haute valeur écologique et les sites fortement exploités, il s'en dégage néanmoins un constat selon lequel les stress environnementaux d'origine humaine peuvent affecter les AMP de façon importante en dépit des mesures de conservation.

Ainsi, l'atténuation des stress environnementaux devrait être un processus multisectoriel dont les implications transcendent les frontières des AMP et doivent s'inscrire dans une gestion intégrée des océans et des zones côtières, incluant les effluents et les activités continentales dont résulte une pollution du littoral.

5.6 Protéger les sites naturellement résilients et les refuges climatiques

L'ampleur des effets des changements climatiques sur les océans sera géographiquement inhomogène. L'identification et la conservation des régions au sein desquelles les incidences des changements climatiques seront naturellement atténuées favoriseront la viabilité à long terme des mesures de protection, ainsi que la résilience des écosystèmes environnants en constituant des havres de relative stabilité environnementale pour les organismes. (Jessen et Patton, 2008)

Les refuges climatiques peuvent prendre la forme de zones partiellement protégées par les attributs géologiques, microclimatiques ou océanographiques inhérents au biotope, ou par la résilience particulière des communautés biologiques les peuplant. Dans une perspective de conservation à long terme des écosystèmes, l'on peut considérer deux types de refuges climatiques, soit les refuges stationnaires et les refuges décentrés. (B. Araújo, 2009)

La première forme consiste en des habitats susceptibles d'échapper en partie aux effets des changements climatiques et dans lesquels les communautés biologiques pourront subsister. À l'opposé, les refuges décentrés sont composés d'habitats qui peuvent être déterminés à l'aide de modèles d'enveloppes bioclimatiques et étant appelés à devenir propices à l'établissement de communautés biologiques dont l'habitat d'origine est touché par les changements climatiques au-delà de la capacité adaptative des espèces. (B. Araújo, 2009)

Plusieurs facteurs peuvent contribuer à la résilience d'un habitat aux changements climatiques. Parmi ceux-ci, l'on compte la présence de zones de remontées des eaux profondes, un cycle de marées favorable, l'épanchement de sources d'eaux douces, l'existence d'un microclimat, un fort brassage vertical de la colonne d'eau, le passage de courants froids au sein de l'habitat, ainsi que l'ombre donnée par des falaises ou des structures naturelles adjacentes. (UNDP, 2012)

Les habitats côtiers dont la topographie naturelle et le développement humain restreint permettent la migration des habitats intertidaux vers la côte en réponse à l'augmentation du niveau des océans constituent également une forme de refuge climatique décentré. En outre, les habitats caractérisés par des variations historiques importantes de la température de surface de l'océan ou dont le régime biochimique des carbonates est naturellement variable sont davantage susceptibles d'héberger une faune et une flore résiliente aux modifications environnementales liées aux changements climatiques (Fernandes et autres, 2012).

Dans le même ordre d'idée, les communautés biologiques affectées régulièrement par des phénomènes de variation climatique à court terme sont généralement mieux adaptées aux effets des changements

climatiques. C'est notamment le cas des biocénoses particulièrement résistantes ou résilientes face aux effets du phénomène d'oscillation australe El Niño. (UNDP, 2012)

L'identification et la conservation de tels refuges climatiques au Canada sont susceptibles de revêtir une importance croissante face aux effets des changements climatiques. L'hétérogénéité de la topographie, ainsi que des caractéristiques océanographiques et climatiques du littoral pacifique canadien permettent d'anticiper la présence de nombreux refuges climatiques potentiels dans cette partie du domaine maritime canadien qui s'étend sur un vaste gradient écologique allant des eaux tempérées aux eaux subarctiques. (Jessen et Patton, 2008)

Cela étant, il convient de préciser que la conservation prioritaire des refuges climatiques potentiels doit s'inscrire dans une analyse plus large de la valeur écologique des sites candidats pour l'instauration d'une AMP. En effet, de nombreux habitats dont les conditions environnementales seront profondément altérées par les changements climatiques pourront en quelque manière constituer des refuges climatiques décentrés pour de nouveaux assemblages d'espèces. (Game et autres, 2010)

5.7 Protéger les éléments écologiques relativement immuables de l'écosystème

Il existe un degré d'incertitude non négligeable dans les projections biogéographiques et dans l'estimation de la répartition future des espèces à l'échelle des décennies. En réponse aux changements climatiques, la structure de nombreuses communautés biologiques est susceptible de se modifier en raison de la réaction différentielle des espèces à l'altération des conditions environnementales de leur habitat.

À l'inverse, certains éléments écologiques fondamentaux dans le développement des écosystèmes sont relativement immuables face aux changements climatiques. Ainsi, concentrer une partie des efforts de conservation sur la protection d'exemples représentatifs des biotopes, soit des composantes abiotiques durables des écosystèmes, peut dans certains cas constituer une stratégie plus efficace de conservation dans un contexte de changements climatiques.

En effet, l'hétérogénéité spatiale du biotope est intimement liée à la diversité spécifique de la biocénose qui le peuple et la protection d'une gamme plurielle d'éléments écologiques structuraux constitue ainsi un gage de préservation de la diversité biologique. (Game et autres, 2010)

À titre d'exemples, les sites dont la topographie est complexe sont généralement associés à une diversité spécifique supérieure, d'une part en raison du nombre de niches écologiques associées à une importante complexité structurelle et favorisant la spéciation, mais également par l'influence du relief sur les phénomènes océanographiques favorables à la diversité, tels que la remontée des eaux profondes chargées en nutriments. Au reste, la conservation de sites hautement hétérogènes peut profiter tout

particulièrement à la survie des espèces dont les différents stades ontogéniques requièrent des habitats divers. (UNDP, 2012)

Outre le relief, les courants dominants dans la colonne d'eau représentent des éléments écologiques qui, bien qu'ils ne soient pas invulnérables aux effets des changements climatiques, demeurent relativement stables en comparaison de la répartition des espèces biologiques.

La concentration des efforts de conservation sur le biotope plutôt que sur la biocénose favorisera une transition harmonieuse des écosystèmes vers un nouvel équilibre écologique en conservant les éléments structuraux propices à l'établissement d'autres communautés mieux adaptées aux nouvelles conditions environnementales du milieu. Conjuguée à la protection ou la restauration d'habitats uniques ou présentant une forte hétérogénéité topographique et océanographique, l'utilisation de modèles d'enveloppes bioclimatiques pourra orienter la mise en œuvre de mesures de conservation proactives prenant en considération la modification potentielle des communautés biologiques en réponse aux changements climatiques. (J. Lawler, 2009)

Tel que proposé à la section 5.1 du présent chapitre, une telle approche de la conservation en réponse aux changements climatiques requerra une certaine adaptation conceptuelle de la part des gestionnaires d'AMP touchant les objectifs de conservation. Toutefois, une approche de protection des éléments écologiques relativement immuables des écosystèmes n'est en rien inconciliable avec les pratiques de conservation actuelles, puisque l'occurrence d'espèces rares ou localement endémiques dans un milieu donné est intimement liée à l'existence des caractéristiques uniques du biotope. Cette stratégie d'adaptation de la conservation à la réalité des changements climatiques peut ainsi être mise en œuvre relativement aisément en conjonction avec les mesures de conservation axées sur la protection de la biocénose. (Game et autres, 2010)

5.8 Établir des AMP tant sur les gradients écologiques qu'au cœur des biorégions

S'appuyant sur les modèles de valence écologique des organismes, le postulat selon lequel le cœur de l'aire de répartition d'une espèce donnée est le plus propice à son développement est une conception ayant une influence certaine sur la configuration des AMP. (UNDP, 2012)

Si une telle prémisse apparaît manifeste dans un contexte de stabilité environnementale, les incidences des changements climatiques jettent sur elle un éclairage nouveau. En effet, l'aire de répartition établie par la valence écologique des espèces est appelée à se modifier dans les décennies à venir, comportant des implications considérables sur le choix des sites de conservation.

Une approche d'adaptation à ces changements de nature biogéographique est de localiser les AMP de telle façon qu'elles comportent un potentiel élevé d'hétérogénéité d'habitats sous les différents scénarios climatiques probables. L'établissement d'AMP sur des zones de transition entre les biorégions et sur les écotones entre les écosystèmes constitue ainsi une avenue de conservation intéressante dans un contexte de changements climatiques.

Par conséquent, certains auteurs proposent la création d'aires marines protégées longitudinales recouvrant des gradients écologiques de telle sorte qu'une protection continue puisse être maintenue malgré les changements de répartition des espèces.

Dans le même ordre d'idées, d'autres auteurs indiquent que l'instauration d'AMP à la limite septentrionale de la répartition d'espèces clés pourrait assurer une adéquation relativement durable entre la répartition des espèces prioritaires et la localisation des AMP dans un contexte de réchauffement planétaire. Une telle planification anticipatoire de l'établissement des AMP pourrait être favorisée par l'utilisation d'outils décisionnels prédictifs tels que les modèles d'enveloppes bioclimatiques. (J. Lawler, 2009)

5.9 Instauration des zones tampons à l'entour des AMP

Dans une optique similaire à celle soutenue dans la section précédente, l'instauration de zones tampons autour des AMP pourrait constituer une assurance contre les effets des changements climatiques sur la biogéographie des écosystèmes. La création de zones tampons au sein desquelles un certain nombre d'activités humaines sont interdites permet l'atténuation des impacts anthropiques extrinsèques sur les AMP tout en étant un compromis socioéconomique, dès lors qu'elle permet la pratique en son sein de certaines activités de moindre impact écologique.

En outre, la formation d'accords proactifs avec les parties prenantes peut favoriser une certaine mobilité des frontières des AMP au sein des zones tampons en réponse aux changements climatiques, permettant une plus grande adaptabilité des AMP. Ces zones tampons peuvent également servir de garantie en établissant des ententes avec les parties prenantes assujettissant ces zones à certaines mesures de conservation supplémentaires en réponse à la survenue d'un événement stochastique ayant des conséquences importantes sur les écosystèmes protégés au sein de l'AMP.

5.10 Intégrer les AMP dans un cadre de gestion plus large, s'étendant à la matrice biogéographique et socioéconomique dans laquelle s'enclasse le réseau national

Bien que cet axe de décision pour la configuration du réseau d'AMP ait déjà fait l'objet d'une analyse plus détaillée au chapitre quatre de l'essai et en dépit qu'un tel principe s'inscrive déjà, quoique d'une manière inachevée, dans le cadre structurant du réseau national d'AMP du Canada, le concept d'intégration des

AMP dans la gouvernance de la matrice spatiale fait ici l'objet d'une attention particulière, car il constitue un élément fondamental de l'adaptation de la conservation aux changements climatiques.

La présente recommandation s'inscrit dans la lignée de celle décrite à la section 5.5, soit l'atténuation des stress environnementaux non climatiques, mais sa portée est plus vaste en ce qu'elle implique une véritable coordination entre les activités socioéconomiques humaines et la gestion des AMP.

La planification spatiale intégrée des activités socioéconomiques et de la conservation est une approche holistique qui favorise la mise en œuvre d'une gestion écosystémique des océans; comporte formellement des objectifs sociaux, économiques et environnementaux dans une perspective de développement durable, favorise l'intégration de la planification marine à plusieurs échelles spatiales, est orientée vers l'atteinte de bénéfices optimaux à moyen et long terme, et atténue les risques de conflits d'usages entre les parties prenantes tout en favorisant un meilleur contrôle des stress environnementaux sur les écosystèmes protégés (Mcleod, 2013).

D'autre part, sa mise en œuvre facilite la mise en place de mesures visant la flexibilité des frontières des AMP en prévoyant des zones à usage multiple au sein desquelles des mesures de conservation renforcées pourraient être préétablies advenant l'atteinte de seuils écologiques déterminés en réponse aux changements climatiques. En bref, une planification spatiale intégrée du réseau d'AMP dans la matrice qui le sous-tend permet d'optimiser les bénéfices des AMP tout en atténuant les contre-coups initiaux de leur instauration sur le paysage socioéconomique au sein duquel elles sont établies.

5.11 Renforcer la coordination biorégionale, interinstitutionnelle et internationale en matière de conservation des océans

Tel que décrit au chapitre quatre, la nécessité de renforcer la coordination biorégionale, interinstitutionnelle et internationale pour la mise en œuvre de mesures de conservation des océans ainsi que pour renforcer l'efficacité et l'efficacé du réseau national d'AMP s'avérera cruciale dans un contexte de changements climatiques. L'échelle plurielle à laquelle s'expriment les incidences des changements climatiques, ainsi que la nature transfrontalière des processus naturels qui en découlent requièrent une étroite collaboration entre le Canada et les autres pays. Cela est particulièrement vrai pour les États-Unis – dont la migration vers les pôles des espèces indigènes aura des conséquences sur la structure des écosystèmes canadiens –, pour les pays circumpolaires – avec lesquels des ententes de conservation pourraient s'avérer nécessaires dans l'optique de préserver les écosystèmes arctiques particulièrement vulnérables aux changements climatiques –, ainsi que pour les pays partageant avec le Canada la responsabilité de conservation de certaines espèces hautement migratoires.

En outre, ainsi que le détaille le chapitre quatre, la coordination interinstitutionnelle et intersectorielle représentera un facteur clé dans l'optimisation des mesures de conservation et dans l'application d'une

approche écosystémique de la gestion face au degré de variabilité élevé qu'engendreront les changements climatiques.

5.12 Protéger la diversité spécifique et génétique

Faisant également partie intégrante des principes de conservation traditionnels, la préservation de la diversité spécifique et génétique revêt une importance plus grande encore dans un contexte de changements climatiques. D'une part, la préservation de la diversité génotypique d'une métapopulation offre aux espèces une plus grande capacité adaptative face au changement de l'environnement par le biais de la sélection naturelle. En effet, la présence de génotypes variés chez une espèce donnée permet l'expression d'une plus vaste gamme de phénotypes susceptibles de s'harmoniser avec les nouvelles conditions environnementales engendrées par les changements climatiques.

D'autre part, une relation intime existe entre la richesse spécifique et la diversité fonctionnelle au sein des communautés biologiques. La présence de plusieurs espèces ayant des rôles écologiques analogues dans une zone marine donnée est un gage de résilience et de résistance de la biocénose. En effet, la redondance fonctionnelle obvie à l'effondrement des processus écologiques en réaction à la disparition d'une espèce, et ce, grâce au comblement, par une espèce jouant un rôle équivalent, du vide écologique laissé par l'extirpation d'une autre espèce. (Guillemot et autres, 2011; UNDP, 2012)

Outre la résilience écosystémique qu'elle procure, une biodiversité importante est associée à l'apparition de fonctions écosystémiques rares au sein d'une communauté, notamment en raison de la nécessité de spéciation et d'adaptation à diverses niches écologiques dans un tel contexte. (Guillemot et autres, 2011)

5.13 Recourir à la translocation des espèces de façon raisonnée

Certains auteurs s'étant intéressés à l'adaptation aux changements climatiques de la conservation suggèrent la conservation ex situ, également appelée translocation, en tant qu'avenue de conservation lorsqu'un habitat altéré devient impropre à soutenir la subsistance d'une espèce. Bien que de telles mesures de conservation puissent s'avérer essentielles pour la perpétuation d'une espèce, la suggestion de son emploi dans un contexte de réchauffement planétaire est ici émise avec d'importantes réserves, puisqu'une telle approche s'inscrit à contre-courant des principes qui sous-tendent les recommandations précitées en matière d'adaptation de la conservation des océans aux changements climatiques.

Lorsque des barrières naturelles ou anthropiques font obstacle à la migration ou que la capacité de dispersion d'une espèce est insuffisante pour contrebalancer les effets du réchauffement planétaire, la conservation ex situ peut toutefois s'avérer la seule voie de perpétuation d'une espèce. Il peut s'agir d'une solution lorsque le risque d'extinction d'une espèce est élevé; que les connaissances scientifiques sur l'espèce, son habitat et l'écosystème de destination sont suffisantes; que la faisabilité technique de la

translocation est avérée et que la probabilité que la conservation ex situ se solde par un succès est suffisante pour faire contrepoids aux coûts socioéconomiques et environnementaux qui en découlent. (Pinsky et autres, 2013)

Dans tous les cas, la décision de recourir à la translocation d'espèces devrait faire l'objet d'une évaluation attentive et se fonder sur une étude rigoureuse des impacts potentiels de l'introduction d'une espèce dans un nouvel environnement. La détermination du milieu le plus propice à la translocation de l'espèce requiert une compréhension scientifique de l'écosystème d'accueil et, afin d'éviter que les actions de conservation soient vaines, un certain degré de certitude quant à l'évolution dudit écosystème à moyen terme en réponse aux changements climatiques (J. Lawler, 2009).

Une attention particulière devrait être portée aux effets potentiels de l'espèce introduite sur l'écosystème d'accueil qui, autant que faire se peut, devrait être situé dans la même province biogéographique que l'habitat de départ et posséder un écosystème aux caractéristiques analogues. Les effets de compétition, de prédation et d'altération des liens trophiques existants devraient ainsi être considérés. (SCBD, 2009)

5.14 Instauration des mesures de protection proactives fondées sur les scénarios d'évolution des écosystèmes

Le chapitre quatre fait état de l'utilité des scénarios d'évolution des écosystèmes dans la planification des AMP face aux incertitudes induites par les changements climatiques. Appliquer le principe de précaution aux incertitudes liées à l'altération des écosystèmes par les changements climatiques peut optimiser la protection des océans face aux menaces futures qu'ils encourent.

L'anticipation des modifications des habitats et de la biocénose qu'ils supportent permet aux instances de renforcer préventivement le cadre de gestion de certaines zones marine. Par exemple, si l'étude des modèles d'enveloppes bioclimatiques et d'autres outils prédictifs révèle qu'une aire donnée bénéficiera des changements climatiques en matière de biodiversité, les entités impliquées dans l'instauration des AMP pourront agir de manière proactive avant que des intérêts économiques ne se développent dans la région, permettant par le fait même d'anticiper et de prévenir les conflits entre les parties prenantes, ainsi qu'un alourdissement des procédures politiques et légales.

Les institutions impliquées dans la conservation des océans pourront également conclure des accords anticipatoires avec parties prenantes susceptibles de développer des intérêts économiques pour une région ayant actuellement un intérêt relativement faible pour les activités d'exploitation des ressources océaniques. Ces décisions pourront être éclairées par les recherches, la modélisation et le suivi de la biogéographie océanique et inclure notamment des dispositions particulières pour la conservation future des certaines zones en réponse aux transformations écosystémiques induites par les changements climatiques.

D'autres mesures peuvent également s'inscrire dans une approche proactive de la conservation, notamment sous la forme d'accords préétablis visant la protection future d'espèces susceptibles de migrer hors des AMP en réponse aux changements climatiques. De tels accords pourraient faire partie intégrante de la gestion de la matrice spatiale qui lie les AMP et permettre l'instauration de frontières dynamiques pour les AMP.

5.15 Protéger les puits de carbones potentiels

Le dernier axe décisionnel proposé dans ce chapitre pour la conception du réseau d'AMP face aux changements climatiques ne constitue pas en soi une avenue d'atténuation des effets du réchauffement planétaire sur les écosystèmes, mais s'inspire de l'ampleur des rétroactions que peut avoir l'altération des écosystèmes sur les changements climatiques.

Les océans représentent un puits de carbone essentiel à la stabilisation du climat malgré les émissions anthropiques de GES dans l'atmosphère. Le phytoplancton est responsable de près de la moitié de la séquestration du carbone atmosphérique par les océans et certaines composantes écosystémiques telles que les forêts de kelp, les herbiers marins et les marais salants constituent des habitats ayant un potentiel élevé de séquestration du carbone. (Brock et autres, 2012)

En protégeant les puits écologiques de carbone, les réseaux d'AMP peuvent ainsi contribuer à faire contrepoids aux émissions anthropiques de GES. La préservation de l'intégrité écologique de tels écosystèmes est souhaitable afin de maximiser les capacités de séquestration du carbone et, *a fortiori*, de prévenir le risque que le bilan net de ces écosystèmes ne s'inverse. En effet, certains écosystèmes altérés peuvent basculer d'un état de puits de carbone à des conditions sous lesquelles ils deviennent des sources de CO₂ et d'autres GES. (Brock et autres, 2012)

La sélection des sites sous ce critère devrait s'appuyer sur l'identification des habitats agissant à titre de puits de carbone, la compréhension des processus impliqués et l'estimation de leur vulnérabilité aux changements climatiques, ainsi que sur la détermination de la capacité d'atténuer les impacts des changements climatiques sur ces écosystèmes. (Brock et autres, 2012) Au reste, en dépit de l'importance de tels habitats pour l'atténuation des changements climatiques, la priorisation de ces derniers dans les efforts de conservation ne devrait être considérée que si elle s'inscrit harmonieusement dans la lignée des objectifs du réseau national d'AMP.

CONCLUSION

Devant les incidences croissantes des changements climatiques sur la biogéographie et l'intégrité des écosystèmes marins, force est de penser sous un jour nouveau les prémises qui sous-tendent l'approche de la conservation dont s'inspire l'usage d'aires marines protégées pour la perpétuation de la biocénose océanique. Dans un contexte de variabilité accrue des conditions environnementales et partant, de la répartition des organismes vivants, il apparaît en effet justifié de se questionner quant à la viabilité à long terme des avenues de conservation empruntées à l'heure actuelle.

Lors même qu'elles soient organisées en un réseau biorégional cohérent, les aires marines protégées existantes représentent-elles une voie de conservation idoine, susceptible de s'inscrire efficacement dans une stratégie de perpétuation des écosystèmes face aux changements climatiques? La question apparaît légitime étant donnée l'inadéquation apparente qu'il existe entre la nature stationnaire des AMP et la variabilité de la biogéographie océanique appelée à s'intensifier en réponse aux changements climatiques.

Les acteurs de la conservation reconnaissent toutefois que les écosystèmes sont, à l'instar des systèmes chimiques, définis par des équilibres dynamiques sujets à fluctuer en réponse à l'introduction d'une nouvelle variable dans le système. Ainsi, les incidences des changements climatiques sur les écosystèmes doivent se traduire en actions favorisant, sinon le maintien ou la restauration des attributs premiers des communautés biologiques, une transition harmonieuse vers un nouvel équilibre d'une valeur écologique commensurable à celle qui caractérisait l'état initial des écosystèmes.

À ce titre, le présent essai visait à réfléchir sur le rôle que jouera le réseau national canadien d'aires marines protégées dans une conjoncture où le visage des écosystèmes est appelé à se transformer de façon accélérée. Il avait ainsi pour objectif principal de souligner en quelle façon les instruments majeurs de la conservation que sont les AMP peuvent s'inscrire de manière optimale dans les efforts déployés par le Canada afin que soit préservée l'intégrité écologique des écosystèmes, et ce, malgré les forces perturbatrices qu'exercent les changements climatiques sur les océans.

Pour ce faire, les différents volets de l'essai ont dressé le portrait des mécanismes de conservation et de gouvernance mis en œuvre dans le cadre de l'instauration du réseau national d'AMP; dépeignent les incidences des changements climatiques sur les écosystèmes océaniques; font l'analyse des enjeux environnementaux et sociopolitiques, ainsi que des voies de gouvernance des AMP dans un contexte de variabilité environnementale accrue; et finalement proposent des axes décisionnels de configuration et de gestion du réseau national d'AMP visant à favoriser l'efficacité et la viabilité des mesures de conservation dans un contexte de changements climatiques.

Ce faisant, le présent essai a d'une part souligné l'importance d'assurer l'adéquation entre les avenues de conservation des océans empruntées par le Canada et les impératifs que présentent les incidences des changements climatiques sur les écosystèmes marins. D'autre part, il a tout autant mis en relief le fait que, moyennant que les mesures d'adaptation expédientes soient adoptées, le réseau national d'AMP peut représenter un gage précieux de résilience des écosystèmes face aux effets des changements climatiques.

Les principes subjacents à la conception du réseau national d'AMP constituent une assise solide sur laquelle bâtir une stratégie d'adaptation de la conservation des océans aux changements climatiques. Néanmoins, l'enjeu d'une ampleur croissante que représente l'altération planétaire du climat s'inscrit, à l'heure actuelle, de façon fragmentaire dans le cadre structurant que le Canada a mis en place touchant l'instauration de son réseau national d'AMP.

Les recommandations formulées à la lumière de l'analyse des voies de gouvernance des AMP dans un contexte comportent l'adoption d'une nouvelle conception de l'intégrité des écosystèmes, ainsi que le renforcement de l'intégration des AMP dans un cadre de conservation s'étendant à la matrice spatiale qui entoure les aires de conservation. Les axes décisionnels proposés dans le présent essai sont intimement liés entre eux et consistent en des éléments susceptibles de concourir de façon synergique à l'atteinte de la résilience des écosystèmes et des systèmes de gouvernance face à la variabilité accrue de l'environnement.

Force est toutefois de reconnaître que la planification à long terme de la conservation, *a fortiori* lorsqu'elle s'inscrit dans une conjoncture hautement évolutive, requiert des acteurs de la conservation qu'ils composent avec les incertitudes inhérentes aux effets futurs des changements climatiques sur les écosystèmes. L'optimisation des mesures de conservation découlant de l'application des axes décisionnels proposés dans cet essai est par conséquent tributaire de l'approfondissement des connaissances scientifiques, notamment en matière de prédictions bioclimatiques et d'interactions entre les composantes des écosystèmes.

RÉFÉRENCES

- A. Gray, P., J. Lemieux, C., J. Beechey, T. et J. Scott, D. (2011). A model process for developing adaptation options for natural heritage areas in an era of rapid climate change. *The George Wright Forum*, vol. 28, n° 3, p. 314-328.
- A. Hutchings, J., M. Côté, I., J. Dodson, J., A. Fleming, I., Jennings, S., J. Mantua, N., M. Peterman, R., E. Riddell, B. et J. Weaver, A. (2012). Climate change, fisheries, and aquaculture: trends and consequences for Canadian marine biodiversity. *Environment Reviews*, vol. 20, p.220-311.
- Agardy, T., Notarbartolo di Sciara, G. Et Christie, P. (2011). Mind the gap : Addressing the shortcomings of marine protected areas through large scale marine spatial planning. *Marine Policy*, vol. 35, p.226-232.
- Ainsworth, C.H., Samhuri, J.F., Busch, D.S., Cheung, W.W.L., Dunne, J. et Okey, T.A., (2011). Potential impacts of climate change on Northeast Pacific marine foodwebs and fisheries. *ICES Journal of Marine Sciences*, vol. 68, p.1217–1229.
- Arvai, J., Bridge, G., Dolsak, N., Franzese, R., Koontz, T., Luginbuhl, A., Robbins, P., Richards, K., Korfmacher, K. S., Sohngen, B., Tansey, J. et Thompson, A. (2006). Adaptive management of the global climate problem : bridging the gap between climate research and climate policy. *Climatic Change*, vol. 78, p. 217-225.
- B. Araújo, M. (2009). *Protected areas and climate change in Europe*. Strasbourg, Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, 29 p.
- B. Bickis, L. (2008). *Improving strategy for the Canadian Wildlife Service: A comparative study with the Parks Canada Agency and the Department of Fisheries and Oceans*. Thèse de doctorat, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, 359p.
- B. H. Reusch, T. (2013). Climate change in the oceans: evolutionary versus phenotypically plastic responses of marine animals and plants. *Evolutionary Applications*, vol. 7, p. 104-122.
- B. Pilgrim, B. (2005). *A Review of the Department of Fisheries and Oceans and Parks Canada's Marine Protected Areas Program and Their Role in Canadian Fisheries Management*. Master of Marine Studies major report, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland and Labrador, 81 p.
- Beaufort Sea Partnership (2009) *Integrated ocean management plan for the Beaufort Sea : 2009 and beyond*. Inuvik, Beaufort Sea Planning Office, 74p.
- Bennett, N. J. et Dearden, P. (2014). From measuring outcomes to providing inputs : Governance management, and local development for more effective marine protected areas. *Marine Policy*, vol. 50, p. 96-110.
- Berkes, F., Mathias, J., Kislalioglu, M. et Fast, H. (2001). The Canadian Arctic and the Oceans Act : the development of participatory environmental research and management. *Ocean & Coastal Management*, n° 44, p. 451-469.
- Bijma, J., Pörtner, H.-O., Yesson, C. et D. Rogers, A. (2013). Climate change and the oceans – What does the future hold? *Marine Pollution Bulletin*, vol. 74, p. 495-505.
- Borrini-Feyerabend, G., Chatelain, C., Hosh, G., Sousa Cordeiro, J., Abdellahi Ould Inejih, C., Karim Sall, A., Ould Senhoury, C., Vaz, S., Abdoullah Ould Maaloum, M. et Bailleux, R. (2010). *En Gouvernance Partagée ! Un guide pratique pour les aires marines protégées en Afrique de l'Ouest*. Dakar, Programme régional de conservation de la zone marine et côtière en Afrique de l'Ouest et Commission de l'UICN pour les Politiques Environnementales, Economiques et Sociales, 154 p.

- Brock, R.J., Kenchington, E., et Martínez-Arroyo, A. (éditeurs) (2012). *Scientific guidelines for designing resilient marine protected area networks in a changing climate*. Montréal, Commission for Environmental Cooperation, 95 p.
- Bureau du commissaire à l'environnement et au développement durable (2010). Chapitre 3 – l'adaptation aux impacts climatiques. In Bureau du vérificateur général du Canada. *Automne 2010 – Rapport du Commissaire à l'environnement et au développement durable*. http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/Francais/parl_cesd_201012_03_f_34426.html (Page consultée le 3 mars 2015)
- C. Ban, N. et S. Levy, J. (2013). A method for incorporating climate change modelling into marine conservation planning: An Indo-west Pacific example. *Marine Policy*, vol.38, p. 16-24.
- C. Ban, N., M. Alidina, H. Et A. Ardron, J. (2010). Cumulative impact mapping: Advances, relevance and limitations to marine management and conservation, using Canada's Pacific waters as a case study. *Marine Policy*, vol. 34, p. 873-886.
- C. Ban, N., R. Picard, C., et C.J. Vincent, A. (2009). Comparing and integrating community-based and science-based approaches to prioritizing marine areas for protection. *Conservation Biology*, vol. 23, n°4, p. 899-910.
- Canada (2005). *Stratégie fédérale sur les aires marines protégées*. Ottawa. Canada, 18 p.
- Canada (2010). *Pleins feux sur les aires marines protégées au Canada*. Ottawa. Pêches et Océans Canada, 24p.
- Canada (2011). *Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada*. Ottawa. Pêches et Océans Canada, 34 p.
- Canada. Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (AADNC) (2013a). Premières Nations In Affaires autochtones et Développement du Nord Canada. *Peuples et collectivités autochtones*. <https://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1100100013791/1100100013795> (Page consultée le 19 janvier 2015).
- Canada. Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (AADNC) (2013b). Traités de paix et de neutralité (1701-1760). In Affaires autochtones et Développement du Nord Canada. *Lois, ententes, traités et revendications territoriales*. <http://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1360866174787/1360866233050> (Page consultée le 19 janvier 2015).
- Canada. Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (AADNC) (2013c). Traités de paix et d'amitié (1725-1779). In Affaires autochtones et Développement du Nord Canada. *Lois, ententes, traités et revendications territoriales*. <http://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1360937048903/1360937104633> (Page consultée le 19 janvier 2015).
- Canada. Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (AADNC) (2013d). Les Traités Robinson et les traités Douglas (1850-1854). In Affaires autochtones et Développement du Nord Canada. *Lois, ententes, traités et revendications territoriales*. <http://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1360945974712/1360946016409#rt> (Page consultée le 19 janvier 2015).
- Canada. Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (AADNC) (2013e). Les Traités numérotés (1871-1921) In Affaires autochtones et Développement du Nord Canada. *Lois, ententes, traités et revendications territoriales*. <http://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1360948213124/1360948312708> (Page consultée le 19 janvier 2015).
- Canada. Données et scénarios climatiques canadiens (DSCC) (2014). Scénarios d'ensemble (AR4-A1B, 1971-2000 référence). In DSCC. *Scénarios d'ensemble*. <http://www.cccsn.ec.gc.ca/?page=ensemblescenarios-a1b&lang=fr> (Page consultée le 3 février 2015).
- Canada. Environnement Canada (2011). Environment Canada Protected Areas Strategy. In Environment Canada. *Publications*. <https://www.ec.gc.ca/Publications/6DBF66E1-3339-4C6A-8758-76F713EADA32%5CECProtectedAreasStrategy.pdf> (Page consultée le 8 janvier 2015).

- Canada. Environment Canada (2014a). Canada's Protected Areas. *In* Environment Canada. *Environmental Indicators, Nature Indicators*. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=478A1D3D-1> (Page consultée le 8 janvier 2015).
- Canada. Environment Canada (2014b). Protected Areas Data. *In* Environment Canada. *Environmental Indicators, Nature Indicators, Data and Methods*. <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=en&n=8390800A-1#pa1> (Page consultée le 8 janvier 2015).
- Canada. Environnement Canada (2013). Bulletin des tendances et variations climatiques - Année 2013. *In* Environnement Canada. *Surveillance du climat et analyse des données connexes*. <https://www.ec.gc.ca/adsc-cmda/default.asp?lang=Fr&n=8C7AB86B-1> (Page consultée le 3 février 2015).
- Canada. Environnement Canada (2014). Modèles. *In* Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique. *Modélisation et analyse climatique*. ec.gc.ca/ccmac-cccma/default.asp?lang=Fr&n=4A642EDE-1 (Page consultée le 3 février 2015).
- Canada. Parcs Canada (2010). Réseau des aires marines nationales de conservation. *In* Parcs Canada. *Aires marines nationales de conservation du Canada*. <http://www.pc.gc.ca/fra/progs/amnc-nmca/pr-sp/index.aspx> (Page consultée le 7 novembre 2014).
- Canada. Parcs Canada. (2011). Mandat de Parcs Canada. *In* Parcs Canada. *L'Agence Parcs Canada*. <http://www.pc.gc.ca/fra/agen/index.aspx>
- Canada. Parks Canada (2013). Historic Chronology of National Marine Conservation Areas. *In* Parks Canada. *Media Room, News Releases and Backgrounders*. http://www.pc.gc.ca/APPS/CP-NR/release_e.asp?bgid=661&andor1=bg (Page consultée le 6 janvier 2015).
- Canada. Parks Canada (2014). Creating New National Marine Conservation Areas of Canada; Map of completing the National Marine Conservation Areas System. *In* Parks Canada. *National Marine Conservation Areas*. <http://www.pc.gc.ca/progs/amnc-nmca/cnamnc-cnmca/index/carte-map.aspx> (Page consultée le 15 janvier 2015).
- Canada. Pêches et Océans Canada (2002). *La Stratégie sur les océans du Canada*. Ottawa. Pêches et Océans Canada, 34 p.
- Canada. Pêches et Océans Canada (2013). Intérêts océaniques du Canada *In* Pêches et Océans Canada. *Écosystèmes, Océans*. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/Stakeholders/index-fra.htm> (Page consultée le 10 janvier 2015).
- Canada. Pêches et Océans Canada (2014a). Le patrimoine océanique du Canada; Une description des zones maritimes du Canada. *In* Pêches et Océans Canada. *Océans, Zones maritimes du Canada*. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/canadasoceans-oceansducanada/marinezones-zonesmarines-fra.htm> (Page consultée le 10 janvier 2015).
- Canada. Pêches et Océans Canada (2014b). Gouvernance pour des écosystèmes marins durables. *In* Pêches et Océans Canada. *Écosystèmes, Océans, Gestion intégrée des ressources océaniques*. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/management-gestion/integratedmanagement-gestionintegree/Gouvernance-fra.htm> (Page consultée le 10 janvier 2015).
- Canada. Pêches et Océans Canada (2014c). Réseau de protection du milieu marin. *In* Pêches et Océans Canada. *Planification des océans*. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/planning/marineprotection-protectionmarine/index-fra.htm> (Page consultée le 10 janvier 2015).
- Canada. Pêches et Océans Canada (2014d). Zones de protection marines. *In* Pêches et Océans Canada. *Mesures de conservation pour les océans*. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/marineareas-zonesmarines/mpa-zpm/index-fra.htm> (Page consultée le 10 janvier 2015).

- Canada. Pêches et Océans Canada (2014e). Les industries marines: Secteur croissant de l'économie canadienne. In Pêches et Océans Canada. *Écosystèmes, Océans*. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/industries/index-fra.htm> (Page consultée le 10 janvier 2015).
- Canada. Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) (2009a). Lignes directrices scientifiques pour l'élaboration des réseaux d'aires marines protégées (AMP). In Pêches et Océans Canada. *Science et recherche*. http://www.dfo-mpo.gc.ca/CSAS/Csas/Publications/SAR-AS/2009/2009_061_f.pdf (Page consultée le 6 janvier 2015).
- Canada. Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) (2009b). Élaboration d'un cadre et de principes pour la classification biogéographique des zones marines canadiennes. In Pêches et Océans Canada. *Science et recherche*. http://www.dfo-mpo.gc.ca/CSAS/Csas/Publications/SAR-AS/2009/2009_056_f.pdf (Page consultée le 6 janvier 2015).
- Canada. Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) (2012a). Orientation sur la formulation des objectifs de conservation et la définition d'indicateurs et de protocoles et de stratégies de suivi pour les réseaux biorégionaux d'aires marines protégées. In Pêches et Océans Canada. *Science et recherche*. http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/SAR-AS/2012/2012_081-fra.pdf (Page consultée le 6 janvier 2015).
- Canada. Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) (2012b). Lignes directrices scientifiques sur la manière d'assurer la représentativité dans la conception des réseaux d'aires marines protégées. In Pêches et Océans Canada. *Science et recherche*. http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/publications/sar-as/2012/2012_083-fra.pdf (Page consultée le 6 janvier 2015).
- Canadian Parks and Wilderness Society (CPAWS). (2013). *How deep did Canada dare? Assessing national progress towards marine protection to December 2012*. Ottawa, CPAWS, 27p.
- Cazenave, A., Dominh, K., Guinehut, S., Berthier, E., Llovel, W., Ramillien, G., Ablain, M. et Larnicol, G. (2009). Sea level budget over 2003–2008: a reevaluation from GRACE space gravimetry, satellite altimetry and Argo. *Global Planet Change*, vol. 65, p. 83-88.
- Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R., Zeller, D. et Pauly, D. (2010). Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology*, vol. 16, p. 24–35.
- Chuenpagdee, R., J. Pascual-Fernandez, J., Szelienszky, E., Alegret, J. L., Fraga, J. et Jentoft, S. (2013). *Marine Policy*, vol. 39, p.234-240.
- Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer et Unnikrishnan, A. S. (2013). Sea Level Change. In Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (chap. 13, p. 1137-1216). Cambridge, Cambridge University Press.
- Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W.J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A.J. et Wehner, M. (2013). Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (chap. 12, p. 1029-1136). Cambridge, Cambridge University Press.
- Committee on Ecological Impacts of Climate Change (CEICC) (2008). *Ecological Impacts of Climate Change*. Washington. National Research Council, 71p.
- Congressional Digest (2014). Oceans and the Environment : Impact of Climate Change on Ocean Health and Marine Resources. In Congressional Digest. *United States Ocean Policy*. <http://congressionaldigest.com/issue/united-states-ocean-policy/oceans-and-the-environment/> (Page consultée le 4 février 2015).

- Côté, I., Dodson, J., Fleming, A., Hutchings, J., Jennings, S., Mantua, N., Peterman, R., Riddell, B., Weaver, A. et Vander Zwaag, D. (2012). *Sustaining Canada's Marine Biodiversity: Responding to the Challenges Posed by Climate Change, Fisheries, and Aquaculture*. Ottawa, The Royal Society of Canada, 316 p.
- Craig, R. (2012a). Ocean Governance for the 21st Century: Making Marine Zoning Climate Change Adaptable. *Harvard Environmental Law Review*, vol. 36, p.305-350.
- Craig, R. (2012b). Marine Biodiversity, Climate Change, and Governance of the Oceans. *Diversity*, vol. 4, p. 224-238.
- Crawford, W.R. et Pena, M.A. (2013) Declining oxygen on the British Columbia Continental Shelf. *Atmosphere-Ocean*, vol. 51, n°1, p. 88–103.
- Crowder, L. et Norse, E. (2008). Essential ecological insights for marine ecosystem-based management and marine spatial planning. *Marine Policy*, vol. 32, p. 772-778.
- D. Allen, C., Birkeland, C., F. Chapin, S., M. Groffman, P., R. Guntenspergen, G., K. Knapp, A., D. McGuire, A., J. Mulholland, P., P.C. Peters, D., D. Daniel, R et Sugihara, G. (2009). *Thresholds of Climate Change in Ecosystems: Final Report, Synthesis and Assessment Product 4.2*. Lincoln, U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, 157p.
- D. Ford, J., Pearce, T., Duerden, F., Furgal, C. et Smit, B. (2010). Climate change policy responses for Canada's Inuit population : the importance of opportunities for adaptation. *Global Environmental Change*, n° 20, p. 177-191.
- D. H. Barrett, R., Paccard, A., M. Healy, T., Bergek, S., M. Schulte, P., Schluter, D. et M. Rogers, S. (2010) Rapid evolution of cold tolerance in stickleback. *Proceedings of the Royal Society B*, n°278, p. 233–238.
- D. Prowse, T., Furgal, C., Melling, H. et L. Smith, S. (2009). Implications of Climate Change for Northern Canada: The Physical Environment. *Environmental Sciences and Pollution Management*, vol. 38, n° 5, p. 266-271.
- Dakubo, C. (2006). *Improving strategy for the Canadian Wildlife Service : A comparative study with the Parks Canada Agency and the Department of Fisheries and Oceans*. Thèse de doctorat, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, 370 p.
- Denman, K., Christian, J.R., Steiner, N., Pörtner, H.-O. et Nojiri, Y. (2011). Potential impacts of future ocean acidification on marine ecosystems and fisheries: present knowledge and recommendations for future research. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 68, n°6, p.1019-1029.
- Dietz, T. et C. Stern, P. (éditeurs) (2008). *Public participation in environmental assessment and decision making*. Washington, The National Academies Press, 322 p.
- Doney, S., J. Fabry, V., A. Feely, R. et A. Kleypas, J. (2009). Ocean Acidification: The Other CO2 Problem. *Annual Review of Marine Science*, n°1, p. 169–185.
- E. Heller, N. et S. Zavaleta, E. (2009). Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biological conservation*, vol. 142, p. 14-32.
- E. Johnson, J. et J. Holbrook, N. (2014). Adaptation of Australia's Marine Ecosystems to Climate Change: Using Science to Inform Conservation Management. *International Journal of Ecology*, vol. 2014, 12p.
- E. Rees, S., Fletcher, S., C. Gall, S., A. Friedrich, L., L. Jackson, E. et D. Rodwell, L. (2014). Securing the benefits : Linking ecology with marine planning policy to examine the potential of a network of Marine Protected Areas to support human wellbeing. *Marine Policy*, n° 44, p. 335-341.
- Eicken, H., Lovecraft, A., Druckenmiller, M.L., 2009. Sea ice system services: a framework to help identify and meet information needs relevant for arctic observing networks. *Arctic* 62, 119–136.

- Ekau, W., Auel, H., Pörtner, H.-O. et Gilbert, D. (2010). Impacts of hypoxia on the structure and processes in pelagic communities (zooplankton, macro-invertebrates and fish). *Biogeoscience*, vol. 7, n° 5, p.1669–1699.
- Fabry, V.J., Seibel, B.A., Feely, R.A. et Orr, J.C. (2008). Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science*, n°65, p. 414-432.
- Falkowski, P. (2012). Ocean science: the power of plankton. *Nature*, vol.483, p.S17-S20.
- Feely, R., J.Fabry, V. et M. Guinotte, J. (2008). *Ocean acidification of the North Pacific Ocean*. Gijón, International Symposium on the Effects of Climate Change on the World's Oceans, 5 p.
- Fernandes, L., Green, A., Tanzer, J., White, A., Alino, P.M., Jompa, J., Lokani, P., Soemodinoto, A., Knight, M., Pomeroy, B., Possingham, H., Pressey, B. (2012). *Biophysical principles for designing resilient networks of marine protected areas to integrate fisheries, biodiversity and climate change objectives in the Coral Triangle*. The Nature Conservancy for the Coral Triangle Support Partnership, 152 p.
- Frazão Santos, C., Domingos, T., Ferreira, M. A., Orbach, M. et Andrade, F. (2014). How sustainable is sustainable marine spatial planning? Part I – Linking the concepts. *Marine Policy*, vol. 49, p. 59-65.
- G. Barber, D., G. Asplin, M., N. Papakyriakou, T., Miller, L., G. T. Else, B., Iacozza, J., Mundy, C. J., Gosselin, M., C. Asselin, N., Ferguson, S., V. Lukovich, J., A. Stern, G., Gaden, A., Pučko, M., Geilfus, N.-X. et Wang, F. (2012). Consequences of change and variability in sea ice on marine ecosystem and biogeochemical processes during the 2007–2008 Canadian International PolarYear program. *Climatic Change*, n° 115, n°1, p. 135–159.
- G. Hole, D., Huntley, B., Arinaitwe, J., H.M. Butchart, S., C. Collingham, Y., D. C. Fishpool, L., J. Pain, D. et G. Willis, S. (2011). Toward a management framework for network of protected areas in the face of climate change. *Conservation Biology*, vol. 25, n°2, p. 305-315.
- G. Pajaro, M., E. Mulrennan, M., et C.J. Vincent, A. (2010). Toward an integrated marine protected areas policy: connecting the global to the local. *Environment, Development and Sustainability*, vol. 12, p. 945-965.
- Game, E. T., Groves, C., Andersen, M., Cross, M., Enquist, C., Ferdaña, Z., Girvetz, E., Gondor, A., Hall, K., Higgins, J., Marshall, R., Popper, K., Schill, S., et Shafer, S. L. (2010). *Incorporating climate change adaptation into regional conservation assessments*. Arlington, The Nature Conservancy, 56p.
- Gazeau, F., Quiblier, C., Jansen, J.M., Gattuso, J.-P., Middelburg, J.J. et Heip, C. (2007). Impact of elevated CO₂ on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters*, vol. 34, 5 p.
- Gillis, J. (15 décembre 2014). 3.6 Degrees of Uncertainty. In The New York Times. *Environment*. www.nytimes.com/2014/12/16/science/earth/is-a-two-degree-limit-on-global-warming-off-target.html?_r=0
- Gillson, L., P. Dawson, T., Jack, S. Et A. McGeoch, M. (2013). Accommodating climate change contingencies in conservation strategy. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 28, n°3, p.135-142.
- Gleason, M., McCreary, S., Miller-Henson, M., Ugoretz, J., Fox, E., Merrifield, M., McClintock, W., Serpa, P. et Hoffman, K. (2010). Science-based and stakeholder-driven marine protected area network planning: A successful case study from north central California. *Ocean & Coastal Management*, vol. 53, p. 52-68.
- Glenn, H., Wattage, P., Mardle, S., Van Rensburg, T., Grehan, A. et Foley, N. (2010). Marine protected areas – substantiating their worth. *Marine Policy*, n° 34, p. 421-430.
- Gough, J. (2008). *La gestion des pêches au Canada : des premiers jours jusqu'à l'an 2000*. Ottawa, Pêches et Océans Canada, 521 p.

- Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA) (2007). *Great Barrier Reef Climate Change Action Plan*. Townsville, GBRMPA, 10p.
- Great Barrier Reef Marine Park Authority (GBRMPA) (2012). *Great Barrier Reef Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan 2012-2017*. Townsville, GBRMPA, 24p.
- Green, A., White, A., et Tanzer, J. (2012). *Integrating fisheries, biodiversity, and climate change objectives into marine protected area network design in the Coral Triangle*. Jakarta, The Nature Conservancy for the Coral Triangle Support Partnership, 105 p.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (2007). Annexe I: Glossaire. In Quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. *Rapport du Groupe de travail II - Conséquences, adaptation et vulnérabilité*. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/fr/annexsannexe-1.html (Page consultée le 18 mars 2015).
- Groves, C., Anderson, M., Enquist, C., Girvetz, E., Sandwith, T., Schwarz, L. et Shaw, R. (2010). *Climate Change and Conservation: A Primer for Assessing Impacts and Advancing Ecosystem-based Adaptation in the Nature Conservancy*. The Nature Conservancy, 59p.
- Guénette, S., N. Araújo, J. et Bundy, A. (2014). Exploring the potential effects of climate change on the Western Scotian Shelf ecosystem, Canada. *Journal of Marine Systems*, vol. 134, p. 80-100.
- Guerreiro, J., Chircop, A., Dzidzornu, D., Grilo, C., Ribeiro, R., Van der Elst, R., et Viras, A. (2011). The role of international environmental instruments in enhancing transboundary marine protected areas: An approach in East Africa. *Marine Policy*, vol. 35, p. 95-104.
- Guillemot, N., Kulbicki, M., Chabanet, P. et Vigliola, L. (2011). Functional redundancy patterns reveal non-random assembly rules in a species-rich marine assemblage. *Plos One*, vol. 6, n°10, 15p.
- Guinotte, J.M. et Fabry, J.V. (2009). The Threat of Acidification to Ocean Ecosystems. *The Journal of Marine Education*, vol. 25, n°1, p.2-7.
- Guinotte, J.M. et Fabry, V.J. (2008). Ocean acidification and its potential effects on marine ecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, n° 1134, p. 320–342.
- Hall-Spencer, J.M., Rodolfo-Metalpa, R., Martin, S., Ransome, E., Fine, M., M. Turner, S., J. Rowley, S. Tedesco, D. et Buia, M.-C. (2008). Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature*, n° 454, p. 96–99.
- Hartmann, D.L., Klein Tank, A.M.G., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Charabi, Y., Dentener, F.J., Dlugokencky, E.J., Easterling, D.R., Kaplan, A., Soden, B.J., Thorne, P.W., Wild, M. et Zhai, P.M. (2013). Observations: Atmosphere and Surface. In Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (chap. 12, p. 1029-1136). Cambridge, Cambridge University Press.
- Heck, N., Dearden, P. et McDonald, A. (2012). Insights into marine conservation efforts in temperate regions: Marine protected areas on Canada's West Coast. *Ocean & Coastal Management*, vol. 57, p. 10-20.
- Hoegh-Guldberg, O. et Bruno, J. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, vol. 328, p. 1523–1528.
- Hoffmann, A.A. et Sgro, C.M. (2011). Climate change and evolutionary adaptation. *Nature*, vol. 470, p. 479–485.
- Hogg, K., Noguera-Méndez, P., Semitiel-García, M. et Gilménez-Casalduero, M. (2013). Marine protected area governance: Prospects for co-management in the European Mediterranean. *Advances in Oceanography and Limnology*, vol. 4, n°2, p. 241-259.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014a). SRES emissions scenarios. *In* Intergovernmental Panel on Climate Change. *Data Distribution Centre*. sedac.ipcc-data.org/ddc/sres/ (Page consultée le 2 février 2015)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014b). Scenario Process for AR5; Representative Concentration Pathways (RCPs). *In* Intergovernmental Panel on Climate Change. *Data Distribution Centre*. sedac.ipcc-data.org/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html (Page consultée le 5 février 2015)
- International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) (2013). Ocean Acidification Summary for Policymakers 2013. *In* IGBP. *Summaries for Policymakers*. <http://www.igbp.net/publications/summariesforpolicymakers/summariesforpolicymakers/oceanacidificationsummaryforpolicymakers2013.5.30566fc6142425d6c9111f4.html> (Page consultée le 11 février 2015)
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2014). IUCN Protected Areas Categories System. *In* International Union for Conservation of Nature. *Global protected areas program*. http://www.iucn.org/about/work/programmes/gpap_home/gpap_quality/gpap_pacategories/ (Page consultée le 4 janvier 2015).
- Ivany, I. (2011). *Marine protected areas sustainability: issues of complexity and stewardship*. Thèse de doctorat, University of Newfoundland, St-John's, Newfoundland, 106p.
- J. Jacob, D. (1999). Geochemical Cycles. *In* J. Jacob, D. *Introduction to Atmospheric chemistry* (chap. 6, p. 83-104). Princeton, Princeton University Press.
- J. Lawler, J. (2009). Climate Change Adaptation Strategies for Resource Management and Conservation Planning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1162, p. 79-98.
- J. Lemieux, C., Beechey, T., Scoot, D. et Gray, P. (2011). The State of Climate change Adaptation in Canada's Protected Areas Sector. *The George Wright Forum*, vol. 28 n°2, p. 216-236.
- J.S. Baron, J.S, Griffith, B. Joyce, L. A., Kareiva, P., Keller, B.D. Palmer, M.A, Peterson, C.H. et Scott, J.M. (2008). *Preliminary review of adaptation options for climate-sensitive ecosystems and resources*. Washington, U.S. Climate Change Science Program (CCSP), 873 p.
- Jessen, S. et Patton, S. (2008). Protecting marine biodiversity in Canada: Adaptation options in the face of climate change. *Biodiversity*, vol. 9, p. 47-58.
- Jessen, S., Chan, K., Côté, I., Dearden, P., De Santo, E., Fortin, M. J., Guichard, F., Haider, W., Jamieson, G., Kramer, D.L., McCrea-Strub, A., Mulrennan, M., Montevicchi, W. A., Roff, J., Salomon, A., Gardner, J., Honka, L., Menafra, R. et Woodley, A. (2011). Science-based guidelines for MPAs and MPA networks in Canada. Vancouver, Canadian Parks and Wilderness Society, 58p.
- Johannessen O. M. et Miles, M. W. (2010). Critical vulnerabilities of marine and sea ice-based ecosystems in the high Arctic. *Regional Environmental Change*, vol. 11, n°1, p. 239-248.
- Johnson, A. et D. White, N. (2014). Ocean Acidification: The Other Climate Change Issue. *American Scientist*, vol. 102, p.60-63.
- Joint Nature Conservation Committee (2015). Guidance on developing an ecologically coherent network of OSPAR marine protected areas. *In* Joint Nature Conservation Committee. *Contributing to a Marine Protected Area Network*. <http://jncc.defra.gov.uk/page-4549> (Page consultée le 16 février 2015).
- Jones, P. J. S., Qiu, W. et De Santo, E. M. (2013). Governing marine protected areas: Social-ecological resilience through institutional diversity. *Marine Policy*, vol. 41, p. 5-13.
- Jones, P.J.S., Qiu W., et De Santo E.M. (2011). *Governing Marine Protected Areas - Getting the Balance Right*. Nairobi, United Nations Environment Programme, 106 p.

- Keeling, R., Körtzinger, A. et Gruber, N. (2010). Ocean Deoxygenation in a Warming World. *Annual Review of Marine Science*, vol 2, p.199-229.
- Kirtman, B., Power, S.B., Adedoyin, J.A., Boer, G.J., Bojariu, R., Camilloni, I., Doblas-Reyes, F.J., Fiore, A.M., Kimoto, M., Meehl, G.A., Prather, M. Sarr, A. Schär, C., Sutton, R., van Olednborgh, G.J., Vecchi, G. et Wang, H.J. (2013). Near-term Climate Change: projections and Predictability. *In Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (chap. 11, p. 953-1028). Cambridge, Cambridge University Press.
- Kuffner, I. B., J. Anderson, A., L. Jokiel, P. S. Rodgers, K., et T. Mackenzie, F. (2007). Decreased abundance of crustose coralline algae due to ocean acidification. *Nature Geoscience*, n° 1, p. 114-117.
- Kwok, R. et Rothrock, D.A. (2009). Decline in Arctic sea ice thickness from submarine and ICESat records: 1958–2008. *Geophysical Research Letters*, vol. 36, L15501, 5p.
- L. Mallory, M., J. Fontaine, A., A. Akearok, J. et H. Johnston, V. (2006). Synergy of local ecological knowledge, community involvement and scientific study to develop marine wildlife areas in eastern Arctic Canada. *Polar Record*, n° 42, p. 205-216.
- Laffoley, D. et Baxterm J.M.(éditeurs) (2009). A Special Introductory Guide for Policy Advisers and Decision Makers. *In European Project on Ocean Acidification (EPOCA). Ocean Acidification. www.epoca-project.eu/dmdocuments/OA.TF.English_low.pdf* (Page consultée le 6 février 2015)
- Lavelle, M. (27 février 2014). Scientist: Global Warming Likely to Surpass 2°C Target. *In National Geographic. Energy. news.nationalgeographic.com/news/energy/2014/02/1402277-global-warming-2-degree-target/* (Page consultée le 5 février 2014)
- Lester, S.E., Halpern, B.S., Grorud-Colvert, K., Lubchenco, J., Ruttenberg, B.I., Gaines, S.D., Warner, R.R., 2009. Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 384, p. 33-46.
- Lindsay, R.W., Zhang, J., Schweiger, A., Steele, M. et Stern, H. (2009). Arctic sea ice retreat in 2007 follows thinning trend. *Journal of Climate*, vol.22, n°1, p. 165–176.
- Lockwood, M., Davidson, J. Hockings, M., Haward, M. et Kriwoken, L., (2012). Marine biodiversity conservation governance and management: Regime requirements for global environmental change. *Ocean & Coastal Management*, vol. 69, p. 160-172.
- Loi sur les océans*, L.C. 1996, c. 31.
- Long, Z. et Perrie, W. (2013). Impacts of climate change on fresh water content and sea surface height in the Beaufort Sea. *Ocean Modelling*, vol. 71, p. 127-139
- Lopoukhine, N. (2013). *The current state of marine protected areas in Canada*. Wordclass Communications Consultants, 31p.
- M. De Santo, E. (2013). Missing marine protected area (MPA) targets: How the push for quantity over quality undermines sustainability and social justice. *Journal of Environmental Management*, vol. 124, p.137-146.
- Mackey, B., E. M. Watson, J., Hope, G. et Gilmore, S. (2008). Climate change, biodiversity conservation, and the role of protected areas: An Australian perspective. *Biodiversity*, vol. 9, p. 11-18.
- Marine Protected Areas Federal Advisory Committee (2010). *Climate change in the ocean: implications and recommendations for the national system of marine protected areas*. Marine Protected Areas Federal Advisory Committee, 11p.
- Matey, V., Iftikar, F.I., De Boeck, G., Scott, G.R., Sloman, K.A., Almeida-Val, V.M.F.,Val, A.L. et Wood, C.M. (2011). Gill morphology and acute hypoxia: responses of mitochondria-rich, pavement, and

mucous cells in the Amazonian oscar (*Astronotus ocellatus*) and the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), two species with very different approaches to the osmo-respiratory compromise. *Canadian Journal of Zoology*, n° 2, p.307–324.

- Mcguire, A. D., G. Anderson, L., R. Christensen, T., Dallimore, S., Guo, L., J. Hayes, D., Heimann, M., D. Lorenson, T., W. Macdonald, R. And Roulet, N. (2009). Sensitivity of the carbon cycle in the Arctic to climate change. *Ecological Monographs*, vol. 79, n°4, p. 523-555.
- Mcleod, E., (2013). Marine Protected Areas: Static Boundaries in a Changing World. *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 5, p. 94-104.
- Mcleod, E., Salm, R., Green, A. et Almany, J. (2009). Designing marine protected area network to address the impacts of climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 7, n° 7, p. 362-370.
- Merryfield, W.J., Pal, B. et Foreman, M.G.G. (2009). Projected future changes in surface marine winds off the west coast of Canada. *Journal of Geophysical Research*. vol.114, p. C6
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being : Biodiversity Synthesis*. Washington. World Resources Institute, 86p.
- Millennium Ecosystem Assessment Board (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Policy Responses*. Washington, Island Press, 654p.
- Moline, M.A., Karnovsky, N.J., Brown, Z., Divoky, G.J., Frazer, T.K., Jacoby, C.A., Torres, J. J. et Fraser, W.R. (2008). High latitude changes in ice dynamics and their impact on polar marine ecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1134, n°1, p. 267-319.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2014). Commercial and Recreational Fishing Seasons and Closures. In NOAA. *Fisheries*. http://sero.nmfs.noaa.gov/sustainable_fisheries/seasons_closures/index.html (Page consultée le 4 janvier 2015).
- Nijhuis, M. (1 octobre 2014). Is 2 Degrees the Right Limit for Global Warming? Some Scientists Say No. In National Geographic. *Environment*. news.nationalgeographic.com/news/2014/03/141001-two-degrees-global-warming-climate-science/ (Page consultée le 5 février 2014)
- Nikinmaa, M. (2013). Climate change and ocean acidification – Interactions with aquatic toxicology. *Aquatic Toxicology*, vol. 126, p. 365-372.
- Office of the Auditor General of Canada (2012). Marine Protected Areas. In Office of the Auditor General of Canada. *2012 Fall Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development*. http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/English/parl_cesd_201212_03_e_37712.html (Page consultée le 14 janvier 2015)
- Office of the Auditor General of Canada (2014). Chapter 3 – Marine Navigation in the Canadian Arctic. In Office of the Auditor General of Canada. *2014 Fall Report of the Commissioner of the Environment and Sustainable Development*. http://www.oag-bvg.gc.ca/internet/English/parl_cesd_201410_03_e_39850.html#hd3a (Page consultée le 10 mars 2015)
- Okey, T., M. Alidina, H., Lo, V. et Jessen, S. (2014). Effects of climate change on Canada's Pacific marine ecosystems: a summary of scientific knowledge. *Review of Fish Biology and Fisheries*, vol. 24, p. 519-559.
- Organisation internationale des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) (2013). *Acidification des océans : Résumé à l'intention des décideurs – Troisième Symposium sur « L'océan dans un monde avec un taux élevé de CO2 »*. Stockholm, Programme international sur la géosphère et la biosphère, 26 p.
- Osmond, M, Airame, S., Caldwell, M. et Day, J. (2010). Lessons for marine conservation planning: A comparison of three marine protected area planning processes. *Ocean & Coastal Management*, vol. 53, p. 41-51.

- Parc Marin du Saguenay-Saint-Laurent (2013). Gestion participative. *In* Parc Marin du Saguenay-Saint-Laurent. *À propos*. http://parcmarin.qc.ca/gestion_participative.html (Page consultée le 25 mars 2015).
- Pinsky, M., J. Koerker, K., J. Barshis, D. et A. Logan, C. (2013). Marine Conservation in a Changing Climate. *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 5, p. 32-44.
- Pörtner, H.-O., Karl, D.M., Boyd, P.W., Cheung, W.W.L., Lluh-Cota, S.E., Nojiri, Y., Schmidt, D.N. et Zavalov, P.O. (2014). Ocean systems. *In* Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Chap. 6, p. 411-484). Cambridge, CambridgeUniversity Press.
- Prato, T. (2012). Increasing resilience of natural protected areas to future climate change: A fuzzy adaptive management approach. *Ecological Modelling*, vol. 242, p. 46-53.
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015). Classification internationale des aires protégées. *In* MDDELCC. *Aires protégées au Québec; Contexte, constat et enjeux pour l'avenir*. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/contexte/annexe1.htm (Page consultée le 6 janvier 2015).
- R. Palumbi, S., A. Sandifer, P., David Allan, J., W. Beck, M., G. Fautin, D., J. Fogarty, M., S. Halpern, B., S. Incze, L., Leong, J.-A., Norse, E., J. Stachowicz, J. et H. Wall, D. (2009). Managing for ocean biodiversity to sustain marine ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 7, n°4, p. 204-211.
- Rabalais, N.N., Diaz, R.J., Levin, L.A., Turner, R.E., Gilbert, D. et Zhang, J. (2010). Dynamics and distribution of natural and human-caused hypoxia. *Biogeosciences*, vol.7, n°2, p.585–619.
- Reinfelder, J.R. (2011). Carbon concentrating mechanisms in eukaryotic marine phytoplankton. *Annual Review of Marine Science*, n°3, p. 291–315.
- S. Baron, J., Gunderson, L., D. Allen, C., Fleishman, E., McKenzie, D., A. Meyerson, L., Oropeza, J. et Stephenson, N. (2009). Options for National Parks and Reserves for Adapting to Climate Change. *Environmental Management*, vol. 44, p. 1033-1042.
- Scott, D. et Lemieux, C. (2005). Climate change and protected area policy and planning in Canada. *The Forestry chronicle*, vol. 81, n°5, p. 796-703.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD) (2009). *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change – Technical Series No. 41*. Montreal, SCBD, 126 pages.
- Sejr, M.K., Krause-Jensen, D., Rysgaard, S., Sørensen, L.L., Christensen, P.B. et Glud, R.N. (2011). Air-sea flux of CO₂ in arctic coastal waters influenced by glacial melt water and sea ice. *Tellus B*, vol, 63, n° 5, p. 815-822.
- Semenza, G.L. (2010). Oxygen homeostasis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*, n°2, p. 336–361.
- Sorte, C.J.B., Williams, S.L. et Carlton, J.T. (2010). Marine range shifts and species introductions: Comparative spread rates and community impacts. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 19, p. 303-316.
- Steinacher, M., Joos, F., Frölicher, T.L., Bopp, L., Cadule, P. Cocco, V., Doney, S.C., Gehlen, M., Lindsay, K., Moore, J. K., Schneider, B. et Segschneider, J. (2010). Projected 21st century decrease in marine productivity: a multi-model analysis. *Biogeosciences*, n° 7, p. 979–1005.
- Stramma, L., Prince, E.D., Schmidtko, S., Luo, J., P. Hoolihan, J., Visbeck, M., W.R. Wallace, D., Brandt, P. et Körtzinger, A. (2011). Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes. *Nature Climate Change*, n° 2, p. 33–37.

- T. Pecl, G., J. Hobday, A., Frusher, S., H.H. Sauer, W. et E. Bates, A. (2014). Ocean warming hotspots provide early warning laboratories for climate change impacts. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 24, p. 409-416.
- Tittensor, D.P., Baco, A.R., Hall-Spencer, J.M., C. Orr, J. et D. Rogers, A. (2010). Seamounts as refugia from ocean acidification for cold-water stony corals. *Marine Ecology* vol. 31, n°1 p. 212-225.
- Transatlantic Platform for Action on the Global Environment (TPAGE) (2008). Marine protected areas in Europe and the United States. In Institute for European Environmental Policy. *Water, Marine & Fisheries*. <http://www.ieep.eu/work-areas/water-marine-and-fisheries/2008/11/new-report-marine-protected-areas-in-europe-and-the-united-states> (Page consultée le 16 février 2015).
- Tremblay, J-E., Robert, D., Varela, D., Lovejoy, C. Darnis, J. Nelson, J. et Sastri, A. (2012). Current state and trends in Canadian Arctic marine ecosystems: I. Primary production. *Climatic Change*, vol. 115, n° 1, p.161–178.
- UNESCO (2009). *Global Open Oceans and Deep Seabed (GOODS) - Biogeographic Classification*. Paris, UNESCO-Intergovernmental Oceanographic Commission, 96p.
- United Nations Development Programme (UNDP) (2012). Buying Time: A Users Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems (WWF). In United Nations Development Programme. *UNDP – Adaptation learning mechanism*. <http://www.undp-alm.org/resources/assessments-and-background-documents/buying-time-users-manual-building-resistance-and> (Page consultée le 21 février 2015).
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2010). *Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009*. Copenhagen, UNFCCC, 43p.
- Van Meerbeeck, C., M. Roche, D. et Renssen, H. (2010). Assessing the sensitivity of the North Atlantic Ocean circulation to freshwater perturbation in various glacial climate states. *Climate Dynamics*, vol. 37, p. 1909-1927.
- Veron, J.E., Hoegh-Guldberg, O., Lenton, T., Lough, J.M., Obura, D.O., Pearce-Kelly, P. Sheppard, C.R., Spalding, M., Stafford-Smith, M.G. et Rogers, A.D. (2009). The coral reef crisis: The critical importance of <350 ppm CO₂. *Marine Pollution Bulletin*, n° 58, p.1428–1436.
- Wassmann, P., Duarte, C.M., Agustí, S. et Sejr, M.K. (2011). Footprints of climate change in the Arctic marine ecosystem. *Global Change Biology*, vol. 17, n° 2, p.1235–1249.
- Welch, D. (2005). What should protected areas managers do in the face of climate change? *The George Wright Forum*, vol.22, n°1, p. 75-93.
- Whitney, F.A., Bograd, S.J. et Ono, T. (2013). Nutrient enrichment of the subarctic Pacific Ocean pycnocline. *Geophysical Research Letters*, vol. 40, n°10, p.2200-2205.
- Wootton, J.T., Pfister, C.A. et Forester, J.D. (2008). Dynamic patterns and ecological impacts of declining ocean pH in a high-resolution multi-year dataset. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 105, n° 48, p.18848–18853.
- World Wide Fund (WWF) (2013). An overview of federal instruments for the protection of the marine environment in Canada; Through the creation of marine protected areas and other spatial conservation mechanisms. In World Wide Fund. *Arctic*. http://awsassets.wwf.ca/downloads/mechanisms_for_conservation_of_marine_areas_in_canada.pdf

BIBLIOGRAPHIE

- A. Hutchings, J., M. Côté, I., J. Dodson, J., A. Fleming, I., Jennings, S., J. Mantua, N., M. Peterman, R., E. Riddell, B., J. Weaver, A. et L. VanderZwaag, D. (2012). Is Canada fulfilling its obligations to sustain marine biodiversity? A summary review, conclusions, and recommendations. *Environmental Reviews*, vol. 20, p. 353-361.
- A. Magris, R., L. Pressey, R., Weeks, R., et C. Ban, N. (2014). Integrating connectivity and climate change into marine conservation planning. *Biological Conservation*, vol. 170, p. 207-221.
- Berglund, M., Nilsson Jacobi, M. et R. Jonsson, P. (2012). Optimal selection of marine protected areas based on connectivity and habitat quality. *Ecological Modelling*, vol. 240, p. 105-112.
- Cárcamo, P. F., Garay-Flühmann, R., A. Squeo, F. et F. Gaymer, C. (2014). Using stakeholders' perspective of ecosystem services and biodiversity features to plan a marine protected area. *Environmental Science & Policy*, vol. 40, p. 116-131.
- Chatenoux, B. et Wolf, A. (2013). *Ecosystem based approaches for climate change adaptation in Caribbean SIDS*. UNEP/GRID-Geneva et ZMT Leibniz Center for Tropical Marine Biology, 64p.
- Cicin-Sain, B. et Belfiore, S. (2005). Linking marine protected areas to integrated coastal and ocean management: A review of theory and practice. *Ocean & Coastal Management*, vol. 48, p. 847-868.
- Coleman, M.A., Palmer-Brodie, A. et Kelaher, B.P. (2013). Conservation benefits of a network of marine reserves and partially protected areas. *Biological Conservation*, vol. 167, p.257-264.
- Committee on International Capacity-Building for the Protection and Sustainable Use of Oceans and Coasts. (2008). *Increasing capacity for stewardship of oceans and coasts: a priority for the 21st century*. Washington, The National Academies Press, 154p.
- D. Ford, J., Smit, B., et Wandel, J. (2006). Vulnerability to climate change in the Arctic: A case study from Arctic Bay, Canada. *Global Environmental Change*, vol. 16, p. 145-160.
- D. Keller, B., F. Gleason, D., McLeod, E., M. Woodley, C., Airamé, S., D. Causey, B., M. Friedlander, A., Grober-Dunsmore, R., E. Johnson, J., L. Miller, S. et S. Steneck, R. (2009). Climate change, coral reef ecosystems, and management options for marine protected areas. *Environmental Management*, vol. 44, p. 1069-1088.
- D. Prowse, T., Furgal, C., J. Wrona, F. et D. Reist, J. (2009). Implications of climate change for Northern Canada: freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *AMBIO*, vol. 38, n°5, p. 282-289.
- Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, J.C. et Mace, G.M. (2011) Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, vol. 332, p. 53-58.
- Dearden, P. et Dempsey, J. (2004). Protected areas in Canada : decade of change. *The Canadian Geographer*, vol. 48, n°2, p. 225-239.
- E. Andrew, M., A. Wulder, M. et C. Coops, N. (2011). Patterns of protection and threats along productivity gradients in Canada. *Biological Conservation*, vol. 144, p. 2891-2901.
- The Climate Change Indicators Task Group of the Canadian Council of Ministers of the Environment (2003). *Climate, nature, people: indicators of Canada's changing climate*. Winnipeg, The Canadian Council of Ministers of the Environment, 47p.
- Fox, E., Poncet, E., Connor, D., Vasques, J., Ugoretz, J., McCreary, S., Monié, D., Harty, M. et Gleason, M. (2013). Adapting stakeholder processes to region-specific challenges in marine protected area network planning. *Ocean & Coastal Management*, vol. 74, p. 24-33.
- Fraschetti, S., Guarnieri, G., Bevilacqua, S., Terlizzi, A. et Boero, F. (2013). Protection Enhances Community and Habitat Stability: Evidence from a Mediterranean Marine Protected Area. *PLoS ONE*, vol. 8, n°12, p.1-13.

- Grorud-Colvert, K., Claudet, J., N. Tissot, B., E. Caselle, J., H. Carr, M., C. Day, J., M. Friedlander, A., E. Lester, S., Lison de Loma, T., Malone, D. et J. Walsh, W. (2014). Marine protected area networks: assessing whether the whole is greater than the sum of its parts. *Plos ONE*, vol. 9, n°8, p.1-7.
- Hannah, I., Midgley, G.F. et Millar, D. (2002). Climate change-integrated conservation strategies. *Global Ecology & Biogeography*, vol. 11, p.485-495.
- J.A. Hansen, G., C. Ban, N., L. Jones, M., Kaufman, L., M. Panes, H., Yasué, M. et C.J. Vincent, A. (2011). Hindsight in marine protected area selection: a comparison of ecological representation arising from opportunistic and systematic approaches. *Biological Conservation*, vol. 144, p. 1866-1875.
- Jentoft, S., Chuenpagdee, R. et J. Pascual-Fernandez, J. (2011). What are MPAs for : On goal formation and displacement. *Ocean & Coastal Management*, vol.54, p.75-83.
- L.K. Robinson, C., Morrison, J. et G.G. Foreman, M. (2005). Oceanographic connectivity among marine protected areas on the north coast of British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 62, n°6, p. 1350-1362.
- L. Singleton, R. et M. Roberts, C. (2014). The contribution of very large marine protected areas to marine conservation : Giant leaps or smoke and mirrors? *Marine Pollution Bulletin*, n° 87, p. 7-10.
- M. Boucher, T., Spalding, M. et Revenga, C. (2013). Role and trends of protected areas in conservation. *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 6, p. 485-503.
- Mellado, T., Brochier, T., Timor, J. et Vitancurt, J. (2014). Use of local knowledge in marine protected area management. *Marine Policy*, vol. 44, p. 390-396.
- Morin Dalton, T. (2004). An approach for integrating economic impact analysis into the evaluation of potential marine protected area sites. *Journal of Environmental Management*, vol. 70, p. 333-349.
- Pulina, M. et Meleddu, M. (2012). Defining a marine protected area strategy: a stakeholder perspective. *Ocean & Coastal Management*, vol. 66, p. 46-55.
- R. Mawdsley, J., O. Malley, R. et S. Ojima, D. (2009). A review of climate-change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, vol.23, n°5, p.1080-1089.
- S.G. Gormley, K., D. Hull, A., S. Porter, J., C. Bell, M. et G. Sanderson, W. (2015). Adaptive management, international co-operation and planning for marine conservation hotspots in a changing climate. *Marine Policy*, vol. 53, p.54-66.
- Scott, D., R. Malcolm, J. et Lemieux, C. (2002). Climate change and modelled biome representation in Canada's national park system: implications for system planning and park mandates. *Global Ecology and Biogeography*, vol. 11, p. 475-484.
- Šeparović, L., Alexandru, A., Laprise, R., Martynov, A., Sushama, L., Winger, K., Tete, K. et Valin, M. (2013). Present climate and climate change over North America as simulated by the fifth-generation Canadian regional climate model. *Climate Dynamics*, vol. 41, p. 3167-3201.
- Vandermeulen, H. et Cobb, D. (2004). Marine environmental quality: a Canadian history and options for the future. *Ocean & Coastal Management*, vol.47, p.243-256.
- Weeks, R. et D. Jupiter, S. (2013). Adaptative comanagement of a marine protected area network in Fiji. *Conservation Biology*, vol. 27, n°6, p. 1234-1244.
- Wiggins, L. (2007). Existing legal mechanism to address oceanic impacts from climate change. *Sustainable Development Law & Policy*, vol. 7, n°2, p. 22-24.
- Wilson, J., Darmawan, A., Subijanto, J., Green, A., et Sheppard, S. (2011). *Scientific design of a resilient network of marine protected areas. Lesser Sunda Ecoregion, Coral Triangle*. Sanur, Asia Pacific Marine Program, 96p.