



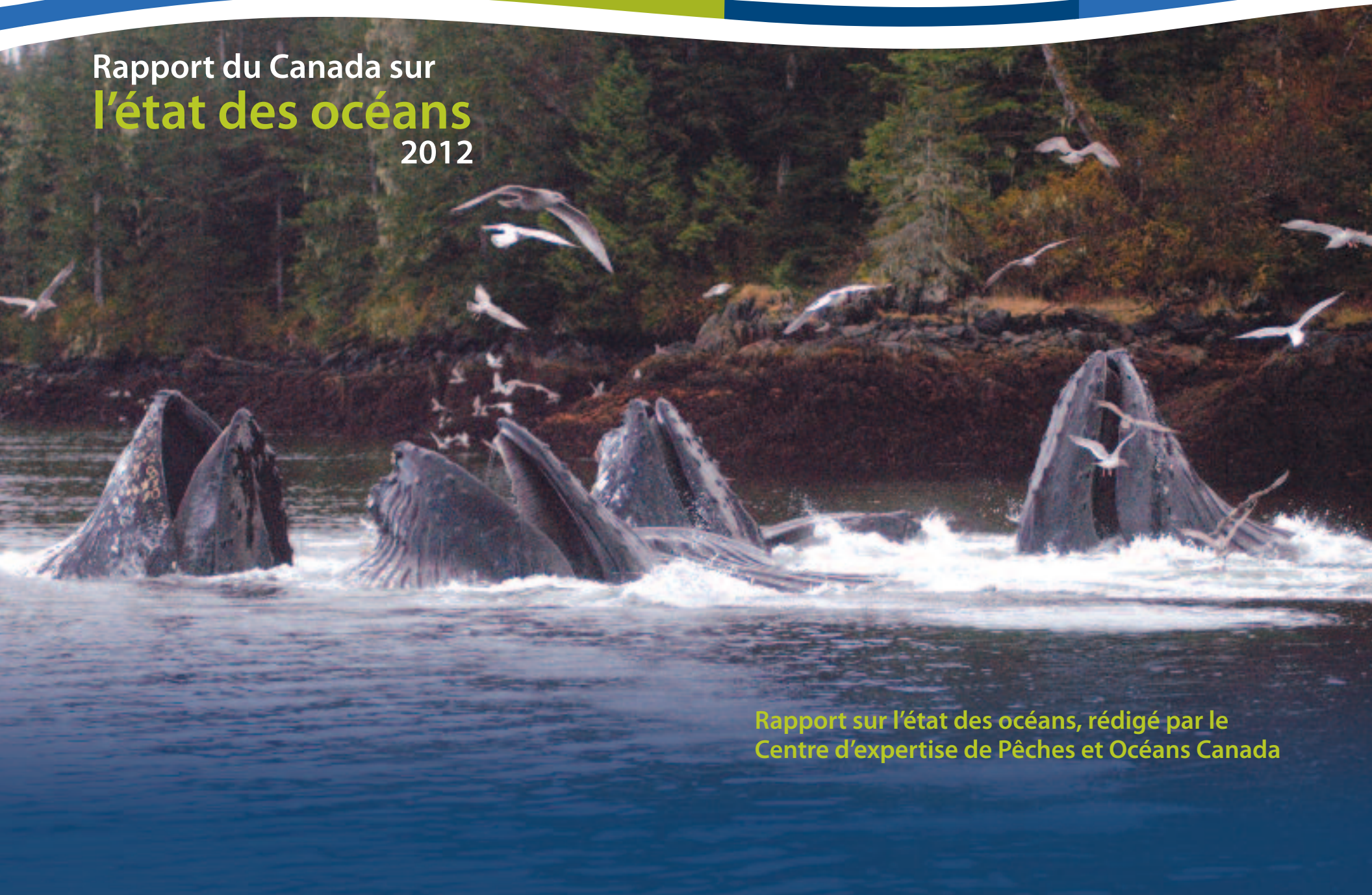
Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Rapport du Canada sur **l'état des océans** 2012



Rapport sur l'état des océans, rédigé par le
Centre d'expertise de Pêches et Océans Canada

Publié par :
Direction générale des communications
Pêches et Océans Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0E6

MPO/2012-1818

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2011

Rapport du Canada sur l'état des océans, 2012

Fs23-578/2012E-PDF
978110020456-7

Rapport du Canada sur l'état des océans, 2012

Fs23-578/2012E-PDF
978-1-100-99011-8

La version électronique du présent rapport se trouve sur notre site Web à l'adresse : www.dfo-mpo.gc.ca/science

Pour obtenir de plus amples renseignements ou des exemplaires supplémentaires du présent rapport, veuillez communiquer avec la Direction générale des communications de Pêches et Océans Canada à l'adresse ci-dessus ou par courriel à l'adresse suivante : info@dfo-mpo.gc.ca

Téléphone : 613-993-0999
Télécopieur : 613-990-1866
Téléimprimeur : 1-800-465-7735

En page couverture :

On aperçoit en page couverture des rorquals à bosse du Pacifique Nord qui se nourrissent de bancs de harengs qu'ils chassent au moyen d'une méthode appelée la « pêche au filet de bulles » dans le chenal Work, tout près de Prince Rupert, en Colombie-Britannique. Pour se nourrir au moyen de cette méthode de pêche, qui est principalement utilisée par les rorquals au large du nord de la Colombie-Britannique et dans les eaux de l'Alaska, des groupes de rorquals unissent leurs efforts pour capturer de grands bancs de harengs. Un rorqual fait des bulles autour du banc de harengs afin d'empêcher les poissons de se sauver; un autre rorqual émet des vocalisations afin d'effrayer ou de troubler les poissons pour les faire remonter à la surface, puis les autres rorquals rassemblent les poissons et les dirigent vers la surface. Une fois les poissons rendus à la surface, tous les rorquals remontent à la surface gueule ouverte pour capturer le plus de poissons possible. Cette photographie a été prise pendant un relevé par l'identification photographique. Les biologistes de Pêches et Océans Canada photographient les taches uniques qui se trouvent sous la queue des rorquals afin d'identifier chaque animal. Les photographies servent à associer les rorquals avec des échantillons prélevés dans les principales aires de reproduction du rorqual à bosse, permettant ainsi de déterminer la population à laquelle ils appartiennent ainsi que les routes migratoires qu'ils suivent. Photo : Miriam O, Pêches et Océans Canada.

Note de M. Bill Crawford, président du centre d'expertise dans l'établissement de rapports sur l'état des océans : Le centre d'expertise dans l'établissement de rapports sur l'état des océans est composé d'océanographes de Pêches et Océans Canada qui ont une spécialisation en chimie, en physique et en biologie marine. Le centre produit des rapports sur les changements et les tendances relatifs à l'état des océans canadiens en fonction des données marines analysées. En 2011, soit lors de la dernière étape de l'initiative Santé des océans, dans le cadre de laquelle le centre d'expertise a d'abord été financé, le centre a créé le présent rapport national de synthèse sur l'état des océans, qui comprend les faits saillants de sa série de rapports régionaux. Voici les noms des scientifiques qui ont dirigé l'élaboration de ces rapports : Jim Irvine (qui a travaillé avec moi à l'élaboration du rapport sur la côte nord du Pacifique), Andrea Niemi (rapport sur la mer de Beaufort), Hugues Benoit et Jacques Gagné (rapport sur le golfe du Saint-Laurent), Nancy Shackell et Melanie Maclean (rapport sur le plateau néo-écossais), et Nadine Templeman, Vanessa Sutton-Pande et Atef Mansour (rapport sur la baie Placentia et les Grands Bancs). Je tiens également à souligner le travail de nos spécialistes du transfert des connaissances scientifiques : Karen Twitchell et Patricia Hunter.

Table des matières

Changements dans l'écosystème	4
Qu'est-ce que l'acidification de l'océan?	10
Hypoxie	14
Variation des glaces de mer	18
Climat des océans	22
Espèces aquatiques envahissantes	28
Récifs de coraux et d'éponges d'eau froide	33



Introduction

Le centre d'expertise dans l'établissement de rapports sur l'état des océans a créé le présent rapport national lors de la dernière étape de l'initiative **Santé des océans**, dans le cadre de laquelle le centre a d'abord été financé. Ce rapport comprend les points saillants des rapports régionaux sur les **zones étendues de gestion des océans (ZEGO)** qui ont été produits dans le cadre de l'initiative quinquennale (2007-2012). Cette dernière était axée sur l'établissement de **nouvelles aires marines protégées**, sur l'amélioration de nos mesures de prévention de la pollution et d'intervention grâce au renforcement des activités de surveillance, d'application de la loi et de confinement, et sur la collaboration avec nos partenaires dans les dossiers des océans et des eaux transfrontalières, dont l'océan Arctique et le golfe du Maine.

Portée du rapport national

Le Rapport du Canada sur l'état des océans de 2012 présente les faits saillants des rapports régionaux portant sur les cinq **ZEGO** qui ont été établies dans le cadre de l'initiative Santé des océans, qui est organisée par thème. La disponibilité des ensembles de données à long terme et l'analyse étaient variables. De plus, dans quelques cas, une quantité minime sinon nulle de renseignements ont été consignés au sujet de certains thèmes concernant des ZEGO abordées dans le présent rapport (p. ex. la mer de Beaufort). Par ailleurs, des rapports thématiques beaucoup plus complets ont été publiés au sujet de l'état de la zone du plateau néo-écossais, qui a été particulièrement bien étudiée.

Portée des rapports régionaux sur les zones étendues de gestion des océans

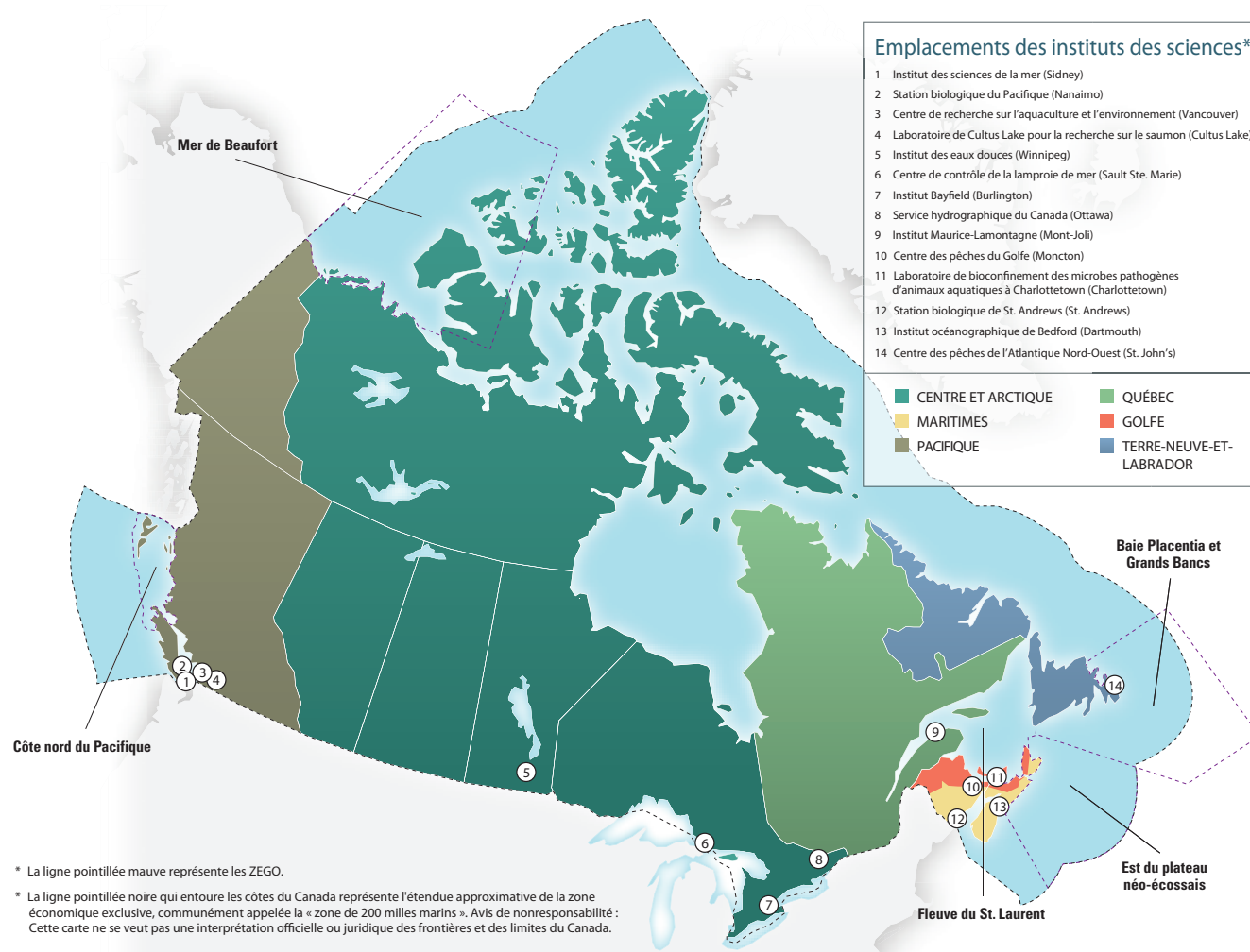
Les rapports régionaux sont fondés sur l'analyse des données recueillies au sujet des **cinq ZEGO** qui ont été désignées dans le cadre de l'initiative : la côte nord du Pacifique, la mer de Beaufort dans l'océan Arctique, le golfe du Saint-Laurent, l'est du plateau néo-écossais, et les régions de la baie

Placentia et des Grands Bancs de l'Atlantique. L'approche adoptée pour produire les rapports régionaux et la complexité de ces derniers varient en raison de la quantité de données sur les océans disponibles, ainsi que de la diversité des pêches et des conditions socio-économiques. Les membres du Centre d'expertise qui ont élaboré et préparé les rapports sont : Bill Crawford et Jim Irvine pour la côte nord du Pacifique, Andrea Niemi pour la mer de Beaufort, Hugues Benoît et Jacques Gagné pour le golfe du Saint-Laurent, Nancy Shackell et Melanie MacLean pour le plateau néo-écossais, et Nadine Templeman, Vanessa Sutton-Pande et Atef Mansour pour la baie Placentia et les Grands Bancs.

Établissement de rapports quant à l'état des océans et données sur les sciences des océans au sein de Pêches et Océans Canada

Au cours de la période d'exécution de cinq ans de l'initiative, le Ministère a recueilli des données marines dans l'Arctique. Cette collecte de données s'est faite dans le cadre de projets financés par le volet Changement climatique du Programme de l'Année polaire internationale du Canada, qui a duré deux ans, notamment l'**Étude des eaux traversant l'archipel canadien** et le projet **Les trois océans du Canada**, ainsi que par l'Initiative de recherche scientifique sur le changement climatique du Ministère, qui a elle aussi duré deux ans. De plus, le **Programme de Monitoring de la Zone Atlantique**, le **Programme Argo** et d'autres programmes des **Sciences des océans** de Pêches et Océans Canada ont également facilité la collecte et l'analyse continues des données marines.

En novembre 2011, le programme quinquennal des services d'adaptation aux changements climatiques en milieu aquatique a été lancé à Pêches et Océans Canada. Ce programme vise à renforcer les connaissances et la compréhension des risques, des répercussions et des possibilités qui découlent des changements climatiques et à élaborer des outils d'adaptation dans les domaines de responsabilité du Ministère. Le programme des services d'adaptation aux changements climatiques en milieu aquatique est de grande envergure. En effet, il touche le patrimoine marin du Canada dans les régions marines du Pacifique, de l'Arctique et de l'Atlantique, ainsi que le bassin d'eau douce des Grands Lacs.



Changements dans l'écosystème

Le changement dans l'écosystème désigne la réorganisation rapide d'un écosystème dont l'état qui était auparavant stable devient très différent, et ce, de façon permanente. La modification rapide des conditions océaniques peut entraîner des changements dans l'abondance des espèces, la composition des communautés et la réorganisation trophique (réseau trophique). Les organismes d'un écosystème ne seront pas nécessairement tous visés ou touchés par un changement, qui peut s'étendre sur quelques kilomètres ou sur une distance encore plus grande, comme dans le plateau néo-écossais ou même dans l'ensemble d'un bassin.



La mer de Beaufort en juillet 2010 vue du navire de la Garde côtière canadienne *Louis S. St-Laurent*. Photo : Pêches et Océans Canada

Il existe deux causes principales des changements dans l'écosystème, soit :

- les facteurs climatiques, dont les changements climatiques;
- les facteurs anthropiques comme la pêche, les espèces introduites et les modifications de l'habitat.

Changements dans l'écosystème et répercussions sur les océans du Canada

Plusieurs facteurs naturels et anthropiques ont entraîné des changements dans l'écosystème des océans du Canada, qui se sont caractérisés par d'importantes modifications des réseaux trophiques marins et de l'abondance de certaines espèces.

Il importe de souligner que, jusqu'à maintenant, des changements ont été signalés pour une partie seulement des zones faisant l'objet de discussions.

Mer de Beaufort

Depuis 2002, l'équipe chargée des études internationales conjointes de la glace de mer, qui est composée de scientifiques de Pêches et Océans Canada, mène chaque année une expédition au bassin Canada. Cette expédition vise à étudier les conditions océanographiques de la région, plus particulièrement celles du tourbillon de Beaufort, qui est une partie du bassin océanographique où les eaux circulent dans le sens horaire.

Parmi les changements observés, on compte une réduction considérable de la superficie et de l'âge des glaces de mer pluriannuelles dans le bassin Canada depuis le milieu des années 1990. La diminution des glaces épaisses a augmenté la quantité d'eau douce dans la couche de surface du tourbillon de Beaufort depuis 2003, ce qui a eu des répercussions sur le réseau trophique marin. Quelles ont été ces répercussions?

L'augmentation de la quantité d'eau douce, le changement des directions du vent et la circulation océanique ont occasionné l'intensification de la stratification (couches) de la colonne d'eau, car l'eau douce est moins dense et ne se mélange pas bien avec l'eau salée des profondeurs de l'océan, de sorte qu'un « bouchon » se forme à la surface de l'océan.

Cette stratification empêche le brassage des couches océaniques, qui est le principal mécanisme propulsant les nutriments vers la couche superficielle ou la zone euphotique éclairées par le soleil, où le phytoplancton croît. Par conséquent, l'intensification de la stratification entraîne également la diminution des nutriments dont se nourrit le phytoplancton, qui est le fondement même du réseau trophique marin.

Selon les **recherches menées par Pêches et Océans Canada**, ces changements ont causé une augmentation des petites algues (picoplancton) dans le bassin Canada, tant au niveau de la population totale que dans la représentation globale du phytoplancton en pourcentage, ainsi qu'une diminution des nanoplanctons de plus grande taille au cours des cinq années pendant lesquelles les données ont été recueillies, soit entre 2004 et 2009. Les échantillons prélevés à la fin de l'été et au début de l'automne 2009 ont révélé une augmentation continue des bactéries composant le picoplancton.

Golfe du Saint-Laurent

Des changements spectaculaires ont été observés dans les écosystèmes du nord et du sud du golfe du Saint-Laurent, en particulier en réponse à la pêche, tandis que des changements de plus petite envergure ont été constatés dans les conditions environnementales. Ces changements comprennent la modification de l'abondance des espèces, de la biomasse ainsi que de la structure et du fonctionnement du réseau trophique.

Dans les années 1980, ces écosystèmes étaient principalement constitués de gros poissons de fond prédateurs, comme la morue de l'Atlantique (*Gadus morhua*), le sébaste (*Sebastes spp.*) et la merluche blanche (*Urophycis tenuis*), ainsi que de petites espèces fourragères, telles que le capelan (*Mallotus villosus*), le maquereau (*Scomber scombrus*), le hareng (*Clupea harengus*) et la crevette nordique (*Pandalus borealis*). Aujourd'hui, les petites espèces fourragères se retrouvent en abondance dans les écosystèmes du nord et du sud du golfe.

La pêche des gros poissons de fond a augmenté pendant les années 1980 et a continué de croître au début des années 1990, ce qui a entraîné l'épuisement de certains stocks, dont les stocks de morues du nord et du sud du golfe.

À l'exception de la morue du nord du golfe, la pêche ne vise que très peu, voire pas du tout, les gros poissons de fond de cette zone depuis le milieu des années 1990. Malgré cela, les stocks n'ont pas été rétablis, ce qui a mené les scientifiques à conclure que des facteurs autres que la pêche doivent être à l'origine du nonrétablissement ou du déclin continu de nombreuses populations de poissons de fond.

Les changements à l'échelle décennale qui sont survenus dans la couche intermédiaire froide et dans les eaux profondes du golfe constitueraient une influence climatique dominante sur les poissons de fond et les autres organismes marins de fond. Au niveau de la population, l'espèce la plus touchée est la morue, principalement dans le nord du golfe.

Lorsque l'eau est froide dans le nord du golfe, la condition physique de la morue, qui est caractérisée par un très petit rapport moyen entre le poids corporel et la longueur, se détériore. Les scientifiques ont conclu que de nombreuses morues sont mortes en mer en raison de leur condition physique au début et au milieu des années 1990, ce qui a précipité le déclin causé par les pêches, puis ralenti le rétablissement des stocks, et ce, même après l'introduction du moratoire sur la pêche en 1994. À mesure que la température augmentait dans le nord du golfe, la condition physique des poissons s'améliorait et la mortalité liée à la température diminuait.

Le cas de la morue du sud du golfe est en revanche différent. On croit que le lien entre la piètre condition physique des morues du sud du golfe et leur déclin est beaucoup moins important. Malgré l'absence de pêche et les améliorations de la condition de septembre observées depuis le milieu des années 1980, le taux de mortalité naturelle des morues du sud du golfe est demeuré élevé, de sorte que leur abondance a diminué. Il semble de plus en plus évident que la prédation est la cause de cette mortalité.

Les populations de poissons de fond épuisées partout dans l'Atlantique Nord-Ouest n'ont pas été rétablies, et l'on croit que la prédation par le phoque pourrait être un facteur important à cet égard. Le taux de mortalité naturelle anormalement élevé est particulièrement observé non seulement chez les morues, mais aussi chez d'autres gros poissons de fond du sud du golfe. Les données indiquent clairement que la prédation par

les phoques gris pourrait être un facteur déterminant de ce taux anormalement élevé. Ces données sont les suivantes :

- les tendances relatives aux taux de mortalité des poissons de fond concordent généralement avec la hausse des populations de phoques;
- les tendances à la baisse semblables relativement à l'abondance de la plupart des espèces qui constituent des proies des phoques gris;
- l'éloignement des poissons dans les secteurs fréquentés par les phoques;



Plateau néo-écossais – Pêches et Océans Canada – Région des Maritimes

- les calculs confirmant que la demande en alimentation des phoques cadre suffisamment sur les plans du temps et de l'espace avec les stocks de proies pour expliquer les taux de mortalité naturelle accrues au moins chez la morue de l'Atlantique, la merluche blanche et la raie tachetée du sud du golfe du Saint-Laurent.

Plateau néo-écossais

En raison des effets combinés des activités humaines et du changement des conditions environnementales, la structure de l'écosystème du plateau néo-écossais a subi une importante transformation au cours des dernières décennies. Cette transformation a touché tous les niveaux du réseau trophique et a entraîné la modification de la structure des communautés marines. Elle s'est traduite par une augmentation simultanée des populations de phoques, de petits poissons pélagiques, des macroinvertébrés et des phytoplanctons de fond, et par une diminution des populations de poissons de fond et de zooplanctons.

Ces conclusions ont été tirées à la suite des recherches menées par Pêches et Océans Canada dans le plateau néo-écossais qui ont révélé que l'élimination des principaux prédateurs au moyen d'une pêche intensive peut entraîner de grands changements qui s'avéreront peut-être permanents dans les écosystèmes océaniques, restructurant ainsi le réseau trophique dans son ensemble. Les recherches publiées entre le début des années 2000 et 2005 indiquent que le réseau trophique du plateau néo-écossais a été restructuré lorsque la surpêche des principaux prédateurs, comme les gros poissons de fond, a entraîné la diminution des populations de ces gros prédateurs benthiques. Les poissons-fourrages pélagiques et les macroinvertébrés qui se nourrissent de plancton étaient alors présents en abondance, et leur biomasse avait atteint un niveau 900 % plus élevé que les niveaux enregistrés avant la diminution des populations de gros poissons de fond. Toutefois, malgré les mesures de gestion mises en place au début des années 1990, comme les moratoires sur la pêche, la structure de l'écosystème du plateau néo-écossais n'est pas redevenue ce qu'elle était.

La durée prolongée de l'altération du réseau trophique, ainsi que son rétablissement actuel, était et continue d'être dominée par des poissons-fourrages qui dévorent tout. Les espèces fourragères qui sont

rapidement devenues très abondantes peu de temps après la diminution des populations de gros poissons de fond sont maintenant en déclin, car elles ont mangé plus de zooplanctons que la quantité disponible. Cependant, les chercheurs du Ministère ont récemment trouvé des preuves liées à la dynamique des systèmes qui indiquent que l'altération de ce grand écosystème est passagère et qu'il se peut que le réseau trophique soit de nouveau constitué en grande partie de gros poissons de fond. Toutefois, la nouvelle recherche sur la morue effectuée par le Ministère (évaluation du potentiel de rétablissement de la morue) ne cadre pas entièrement avec l'hypothèse selon laquelle l'écosystème retrouve actuellement son ancienne structure, du moins en ce qui concerne les gros poissons de fond. La biomasse du stock reproducteur de morues de l'est du plateau néo-écossais a atteint en 2003 le plus faible niveau jamais enregistré en 53 ans (environ 7 500 tonnes). Bien que le stock n'ait pas été rétabli, il a augmenté rapidement, atteignant 64 000 tonnes en 2011. Malgré cette hausse, les prévisions à long terme laissent croire que le stock demeurera en dessous du niveau qui permettrait la reprise de la pêche. De plus, en ce qui concerne la biomasse des poissons-fourrages, la cohorte de morues qui a contribué, en 2004, à l'augmentation rapide de l'abondance des morues dans l'est du plateau néo-écossais a été produite au cours d'une année pendant laquelle la biomasse des poissons pélagiques semblait élevée. Par ailleurs, les opinions divergentes illustrent la complexité des recherches sur l'écosystème océanique et soulignent la nécessité d'effectuer des recherches continues sur ces processus.

La perspective relative à la dynamique générale des systèmes appuie l'opinion selon laquelle un ensemble de facteurs, de même que la quantité limitée d'éléments nutritifs mis à la disposition des poissons-fourrages, ont des répercussions sur le réseau trophique existant du plateau néo-écossais. Selon cette opinion, on observera une réduction de la prédation accompagnée de lentes augmentations de l'abondance des espèces, tant dans les niveaux trophiques inférieurs que supérieurs. Ces augmentations ont d'abord été observées chez le zooplancton et ensuite chez les gros prédateurs, ce qui est conforme au rétablissement de l'ancienne structure de l'écosystème. À plus long terme, la mise en place d'un système général suppose que la tendance actuelle pourrait entraîner

l'inversion du réseau trophique inversé, ce qui permettrait de reprendre les pêches qui s'étaient effondrées.

Baie Placentia et Grands Bancs

Au début des années 1990, la structure des communautés situées le long du plateau a subi une importante modification. Cette dernière comprenait :

- une réduction de l'abondance des espèces commerciales et des autres espèces de poissons, comme la morue de l'Atlantique, la plie canadienne, la raie épineuse et le loup de mer;
- une augmentation spectaculaire de la biomasse des invertébrés, comme le crabe des neiges et la crevette nordique;
- la réduction de la disponibilité des capelans et la modification de leur biologie;
- une augmentation continue de la population de phoques du Groenland.

Les raisons de ces changements font encore l'objet d'un débat. Toutefois, les facteurs possibles comprennent la surpêche, le changement climatique et la modification des interactions entre les espèces. Contrairement aux observations formulées au sujet du plateau néo-écossais, ces changements ne se sont pas produits en même temps qu'une diminution de la quantité de zooplanctons ou une augmentation des petites espèces fourragères.

Les stocks de nombreux poissons de fond qui se trouvaient auparavant en abondance ont chuté et ont atteint un petit pourcentage de leurs niveaux antérieurs. Bien que l'on croie que la pêche est un important facteur de ce phénomène, les conditions environnementales dans l'Atlantique Nord-Ouest peuvent également y avoir contribué. Même si des fermetures de pêche et d'autres mesures de gestion ont été appliquées, les populations demeurent petites et les poissons sont souvent plus petits lorsqu'ils atteignent leur maturité.

Depuis la chute des stocks de poissons de fond au début des années 1990, les prises de pêche contiennent un très grand nombre d'invertébrés. L'augmentation de l'abondance des crabes des neiges et des crevettes

nordiques pourrait s'expliquer par la combinaison des températures de l'eau, qui a des répercussions sur les premières étapes de vie, et la réduction de la prédation par les poissons de fond.

La population de capelans, une des principales espèces fourragères qui a joué un rôle prédominant dans le réseau trophique du plateau de Terre-Neuve, était élevée dans les années 1980. Elle a ensuite diminué de façon spectaculaire au début des années 1990 et est demeurée faible depuis ce temps. Cette diminution a été accompagnée d'importants changements dans la biologie de l'espèce. Par exemple, la taille des capelans continue d'être plus petite, et les changements de comportement comprennent une période de frai qui s'effectue plus tard ainsi que la réduction de la durée des migrations diurnes.

En 2010, on estimait que le nombre de capelans était inférieur aux niveaux historiques dans une proportion de moins de 1 %.

Parmi les mammifères marins, le phoque du Groenland est l'espèce la plus abondante dans le plateau de Terre-Neuve. La population de phoques du Groenland a diminué pendant les années 1960 et a atteint un niveau minimal de moins de deux millions d'individus au début des années 1970. Au milieu des années 1990, la population avait triplé et se chiffrait à environ 5,5 millions d'individus. Depuis, la population de phoques du Groenland a augmenté lentement. On estime qu'elle a atteint entre 8,61 millions et 9,55 millions d'individus en 2010.

Côte nord du Pacifique

Les modifications dans la prévalence des vents remontants et plongeurs correspondent aux changements dans l'écosystème de la zone de gestion intégrée de la côte nord du Pacifique (ZGICNP). Les vents soufflent principalement du sud en hiver et du nord au milieu de l'été. Les vents sont d'ailleurs beaucoup plus forts en hiver. Les vents remontants du nord éloignent les eaux de surface des côtes, et des eaux profondes riches en éléments nutritifs qui alimentent l'ensemble de la chaîne alimentaire viennent les remplacer. En revanche, il se peut que les forts vents plongeurs du sud qui ont soufflé pendant plusieurs années aient retardé la prolifération de végétaux planctoniques qui se produisait au printemps,

entraînant ainsi la réduction du taux de survie de diverses espèces marines. En général, les vents plongeurs soufflent plus fort que les vents moyens depuis qu'un changement s'est opéré dans l'écosystème à la fin des années 1970. Ce phénomène n'a toutefois pas été observé entre 1988 et 1996. Ces vents en provenance du sud étaient généralement associés à la hausse de la température de l'eau et à la réduction de la salinité.

Les augmentations ou les diminutions de l'abondance de certaines populations aquatiques qui ont été constatées au fil du temps sont attribuables aux changements dans l'écosystème océanique. Les autres populations montrent une plus grande variabilité interannuelle, laquelle est peut-être due aux changements qui se produisent pendant un stade biologique critique. Par exemple, le nombre de saumons kétas et surtout de saumons roses a généralement augmenté après la fin des années 1970, alors que le nombre de saumons cohos a diminué. De plus, une pêche rentable du saumon rouge a pu être pratiquée dans le bras Smith jusqu'à ce que les stocks diminuent de façon importante entre le début et le milieu des années 1990. Par ailleurs, le nombre de harengs, sauf les harengs du district de Prince Rupert, a généralement diminué depuis la fin des années 1970. Après une absence de 45 ans dans le sud de l'île de Vancouver, les sardines y sont retournées en 1992, et leur aire de répartition s'est étendue vers le nord dans la ZGICNP en 1998. La portée de la migration des sardines vers le nord, qui varie selon les années, est grandement influencée par la température. En 2009, le calmar de Humboldt était beaucoup plus répandu et abondant dans les eaux de la Colombie-Britannique, ainsi que la ZGICNP, comparativement aux années précédentes. Cependant, en 2010, les calmars avaient pratiquement disparu des eaux de la Colombie-Britannique.

Les scientifiques de Pêches et Océans Canada trouvent de nouvelles façons de nous faire mieux comprendre les écosystèmes marins. Par exemple, dans le cadre des recherches effectuées sur la côte ouest, les scientifiques utilisent des observations océanographiques par satellite pour étudier les interconnexions entre les écosystèmes océaniques et certaines espèces marines, lesquelles recherches sont décrites dans l'article intitulé **Satellites et oiseaux de mer : Ce qu'ils nous apprennent sur l'écosystème marin.**

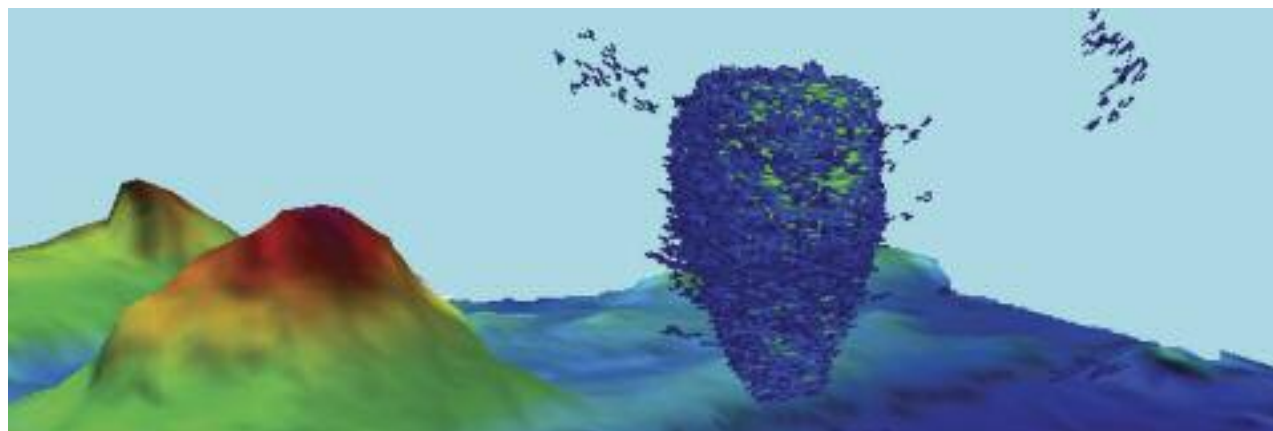
Gestion des changements dans l'écosystème

Il est essentiel que les activités liées aux océans soient gérées de façon à préserver la santé des écosystèmes marins tout en permettant leur exploitation durable. Compte tenu de la complexité des interactions entre les écosystèmes, les experts des sciences naturelles et du domaine socio-économique doivent unir leurs forces à celles des gestionnaires pour suivre les importants changements des écosystèmes et en évaluer les causes. Cette collaboration permettra d'orienter l'élaboration d'une approche écosystémique pour la gestion des ressources marines en réponse aux changements climatiques et de faciliter la création de mesures de gestion visant à atténuer les répercussions nuisibles prévues.

De nombreuses mesures de gestion ont été mises en place pour protéger les habitats et les communautés hauturières dans les divers écosystèmes, dont plusieurs lois et politiques, ainsi que des programmes de recherche et de surveillance scientifiques.



Un équipage effectuant une étude en hélicoptère des glaces du golfe du Saint-Laurent au début du mois de mars 2012 a pris cette photo d'une partie de la population des phoques du Golfe. Photo : Pêches et Océans Canada



Les scientifiques observent les oiseaux de mer afin de comprendre les changements dans les écosystèmes aquatiques. À Terre-Neuve-et-Labrador, des scientifiques ont surpris ce guillemot marmette en train de manger un petit capelan. Ils ont également généré l'image informatique ci-dessus d'un banc de capelans en utilisant le logiciel CARIS et des données recueillies au moyen d'un sonar. Le capelan était autrefois une espèce fourragère très abondante dans le réseau trophique du plateau de Terre-Neuve, mais la population a diminué dans les années 1990 et demeure petite. Photo : © Joel Heath, Image de la Garde côtière : Pêches et Océans Canada et le Service hydrographique du Canada

Qu'est-ce que l'acidification de l'océan?

L'acidification de l'océan est une menace mondiale qui peut avoir des répercussions sur les réseaux trophiques marins, la productivité des écosystèmes, les pêches commerciales et la sécurité alimentaire mondiale. Cette menace a incité la communauté scientifique internationale, dont Pêches et Océans Canada, à étudier les répercussions de cet important problème de gouvernance internationale.

Chaque année, environ le tiers du dioxyde de carbone (CO_2) contenu dans les émissions de combustible fossile se dissout dans les eaux de surface de l'océan, formant ainsi de l'acide carbonique et augmentant l'acidité des océans. Au cours du prochain siècle, l'acidification s'intensifiera à proximité de la surface où se concentre une grande partie de la vie marine qui est exploitée par les humains.

La surface de l'océan devient de plus en plus acide à cause du CO_2 atmosphérique, et l'acidité a augmenté d'environ 30 % depuis le début de la révolution industrielle. Les estimations des niveaux futurs de dioxyde de carbone, qui ont été établies en fonction de scénarios de « statu quo » en matière d'émissions de CO_2 , indiquent que les eaux de surface de l'océan pourraient être environ 150 % plus acides d'ici la fin du siècle, de sorte que le pH (une mesure d'acidité) de l'océan atteindrait un niveau encore jamais enregistré depuis plus de 20 millions d'années. Cette hausse soulèverait d'ailleurs de sérieuses préoccupations concernant la capacité des organismes marins à s'adapter. Ce scénario est fondé sur des renseignements fournis par la **National Oceanic and Atmospheric Administration des États-Unis**.

La surveillance de l'acidification de l'océan et l'évaluation de ses répercussions potentielles sont essentielles pour élaborer une approche écosystémique relative à la gestion des ressources marines qui risquent d'être touchées par cette menace mondiale.

Les eaux côtières froides du Canada peuvent être particulièrement touchées par l'acidification en raison de la présence naturelle d'eaux sous-saturées dans les eaux peu profondes (côte du Pacifique) ou du grand apport en eau douce (côte de l'Arctique). L'apport en eau douce provenant du ruissellement et de la fonte des glaces réduit la capacité de l'océan à composer avec les changements dans les niveaux de pH. De plus, les eaux de ruissellement peuvent contenir des matières organiques provenant du sol qui peuvent également accroître l'acidification.

Acidification et taux de saturation du carbonate de calcium

L'acidification due au carbonate gêne la capacité des organismes marins à produire des coquilles et des squelettes à partir du carbonate de calcium (CaCO_3). Le degré de saturation de l'eau de mer par le CaCO_3 est appelé « taux de saturation », qui est exprimé par la lettre grecque oméga, dont le symbole est « Ω ». L'eau saturée a un taux de saturation (Ω) égal ou supérieur à ($\geq$) 1,0. L'eau dont le taux de saturation (Ω) est supérieur à ($>$) 1 est sursaturée et le minéral a tendance à se précipiter (se solidifier). L'eau dont le taux de saturation (Ω) est inférieur à ($<$) 1 est sous-saturée et le minéral tend à se dissoudre.

L'augmentation de l'acidification réduit le taux de saturation de la calcite et de l'aragonite, qui sont les deux formes les plus courantes du CaCO_3 . Lorsque la sous-saturation se produit, les organismes ne peuvent pas conserver ou produire des coquilles et des squelettes faits de CaCO_3 . Le taux de saturation du CaCO_3 est principalement établi en fonction de la concentration d'ions carbonates (CO_3^{2-}) et de la pression (c.-à-d. la profondeur), alors que la température et la salinité ont très peu d'influence sur son calcul. Il est également établi en fonction des processus océaniques, dont les apports de CO_2 provenant de la décomposition de matière organique ou de l'accumulation de CO_2 anthropique de l'atmosphère, le changement de température de la surface, le débit d'eau douce, la stratification et le brassage de la colonne d'eau.

Acidification des océans canadiens

Côte nord du Pacifique

Pendant l'été, l'eau acide se trouvant à des profondeurs de 100 à 200 mètres le long de la côte ouest du Canada remonte vers le plateau continental jusqu'à la couche superficielle de l'océan. Cette eau remontante est acide en raison d'une forte concentration de carbone inorganique dissous. Toutefois, cette eau ne devrait toucher le plateau continental que de façon intermittente, puisque l'apport de CO₂ par le phytoplancton et le rejet de CO₂ dans l'atmosphère éliminent le carbone inorganique dissous qui est excédentaire. Néanmoins, l'eau sous-saturée présente dans des eaux relativement peu profondes ainsi que les vents favorisant la remontée d'eau rendent le plateau de la Colombie-Britannique particulièrement vulnérable.

Au cours du dernier siècle, le point sous lequel les coquilles et les squelettes d'aragonite des crustacés, des coraux et de certains planctons se dissolvent – qui est appelé profondeur ou horizon de saturation par l'aragonite (Ω_a) – a généralement diminué de 30 à 50 mètres. Dans le nord-est de l'océan Pacifique, l'horizon de saturation est naturellement peu profond, se retrouvant à seulement 100 mètres sous la surface. Les scientifiques prévoient que la profondeur de saturation sera moins élevée à mesure que les concentrations atmosphériques mondiales de CO₂ augmenteront au cours du prochain siècle, de sorte que les organismes à proximité de la surface seront menacés par l'acidification de l'océan.

Mer de Beaufort

L'acidification de l'océan dans cette ZEGO a été observée dans le bassin Canada de la mer de Beaufort. Cependant, l'accroissement de la fonte des glaces et du ruissellement pendant l'été, en plus de la hausse des niveaux de CO₂ atmosphérique, peuvent augmenter la fréquence et élargir la zone touchée par les eaux acides dans le plateau de la mer de Beaufort du Canada, une grande région estuarienne du sud-est de la mer de Beaufort.



Dans l'espace, le satellite transportant le spectroradiomètre imageur à résolution moyenne MODIS de la NASA a saisi cette image des eaux entourant l'île de Vancouver et a mis à jour une prolifération de la minuscule plante connue sous le nom de coccolithophorid *Emiliania huxleyi* (diamètre d'environ 10 micromètres). De telles plantes, qui ont une structure en carbonate de calcium, sont menacées par l'acidification de l'océan en raison de l'augmentation du dioxyde de carbone dans les océans résultant de l'utilisation de combustibles fossiles. Image reproduite avec l'autorisation de M. Ken Denman et de la NASA.



Des oursins rouges géants (*Strongylocentrotus franciscanus*) à côté d'une étoile de mer arc-en-ciel (*Orthasterias kochleri*), qui font partie de l'habitat foisonnant de vie du détroit de la Reine-Charlotte, en Colombie-Britannique. Les chercheurs surveillent l'acidification de l'océan dans les écosystèmes côtiers du Pacifique. Photo : Mike Wetklo

Entre 1997 et 2008, le taux de saturation de l'aragonite dans l'eau de surface du bassin Canada a diminué de 0,4 unité en raison de la fonte des glaces de mer et de l'augmentation des niveaux de CO_2 atmosphérique. Les études menées en 2008 ont révélé que l'aragonite était sous saturée dans la couche superficielle, et que les plus petites valeurs avaient été enregistrées près du centre du tourbillon de Beaufort (Ω_a d'environ 0,8). Comme la température de l'eau influence les taux de saturation, le réchauffement des eaux de surface du bassin Canada a neutralisé certains

des effets de la fonte des glaces et de l'augmentation des niveaux de CO_2 atmosphérique. La calcite était encore légèrement sursaturée (Ω_c se situant entre 1,1 et 2,0) dans les eaux de surface du bassin Canada en 2008.

Bien que les récentes mesures des taux de saturation du CaCO_3 aient été prises au large de cette ZEGO, les scientifiques prévoient que l'acidification de l'océan aura des répercussions sur les eaux du plateau continental en raison de différents facteurs, comme la remontée de l'eau riche en éléments nutritifs qui provient du Pacifique (laquelle a un faible taux de saturation de l'aragonite) sur le rebord de la plateforme continentale.

Plateau néo-écossais

Les données sur le plateau néo-écossais indiquent que le pH a diminué de 0,1 à 0,2 unité depuis les années 1930, ce qui montre que l'acidification de l'océan est en cours. On craint que l'écoulement de l'eau plus acide en provenance de l'Arctique ait des répercussions sur les eaux canadiennes en aval de l'Atlantique.

Golfe du Saint-Laurent

Le pH des eaux de surface de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent n'a pas changé de façon significative depuis 1934. À l'exception de la présence passagère des eaux acides dans les eaux peu profondes du sud du golfe du Saint-Laurent, les eaux acides se retrouvent généralement à plus de 100 mètres de profondeur dans cette ZEGO.

Par contre, le pH des eaux de fond (de 170 à 335 mètres) a diminué de 0,2 à 0,3 unité sur 73 ans, soit de 1934 à 2007, ce qui est semblable au changement de pH prévu en haute mer au cours du prochain siècle. Il importe de souligner que cette diminution du pH n'est pas attribuable à l'accumulation de CO_2 anthropique provenant de l'atmosphère. Elle est plutôt due à l'augmentation des niveaux de CO_2 en raison de la décomposition de matière organique dans les eaux profondes de l'estuaire, qui étaient isolées de l'atmosphère pendant ce temps. La calcite n'est maintenant que légèrement sursaturée dans l'estuaire, tandis que l'aragonite est grandement sous-saturée dans les eaux en dessous de 150 mètres.

Répercussions de l'acidification de l'océan

L'effet biologique le plus direct de l'acidification se fera sentir sur les « calcificateurs » marins, des organismes qui produisent des coquilles et des squelettes faits de CaCO_3 . Ces organismes comprennent le phytoplancton, le zooplancton et d'autres invertébrés comme les mollusques, les crustacés, les gastéropodes, les oursins et d'autres échinodermes, ainsi que les coraux. Plusieurs de ces groupes comprennent des espèces d'importance commerciale (p. ex. les mollusques bivalves, les huîtres, les palourdes).

Lorsqu'il y a trop de CO_2 dans l'eau de mer, le taux de saturation du CaCO_3 est faible (voir l'encadré sur le taux de saturation à la page 15) et les organismes doivent dépenser plus d'énergie pour produire des squelettes et des coquilles.

Les études ont révélé qu'un milieu océanique plus acide peut non seulement entraîner une diminution de la calcification, ou le ramollissement des coquilles, mais aussi une réduction des taux de croissance et une hausse de la mortalité chez certaines espèces marines. La réduction du taux de croissance des calcificateurs marins comme le homard, le quahog nordique et le pétoncle entraîne une diminution de l'abondance de la chair de mollusques destinée à la consommation et à la vente. On prévoit également que l'acidification aura diverses répercussions sur la reproduction et la croissance des organismes marins.

Les différences de réponses des organismes à l'égard du pH réduit peuvent avoir des répercussions considérables sur la biodiversité, la structure des communautés marines, et les biens et services des écosystèmes. Ces biens et ces services constituent la valeur et les avantages que tous les organismes vivants tirent des écosystèmes sains. La hausse de l'acidité peut aussi changer la composition chimique des eaux marines d'autres façons, touchant potentiellement la disponibilité des nutriments et la toxicité de certains polluants.

Il a déjà été démontré que l'acidification a des effets négatifs sur les principales espèces marines de l'Arctique, comme le mollusque pélagique

Limacina helicina. La sous-saturation de l'aragonite dans le golfe du Saint-Laurent suggère que l'acidification a peut-être déjà des répercussions sur le biote présent dans cet écosystème, particulièrement dans les eaux profondes. De plus, des expériences en laboratoire et sur le microcosme menées à travers le monde démontrent que des espèces comme le crabe et la crevette peuvent afficher des taux réduits de calcification nette et même de dissolution dans certaines conditions telles que celles observées dans les eaux hypoxiques du Saint-Laurent.

Si les niveaux de CO_2 atmosphérique doublient par rapport aux niveaux préindustriels enregistrés au milieu du 21^e siècle, le taux de saturation du CaCO_3 diminuerait de 30 %, ce qui aurait une incidence sur le plancton et avantagerait les espèces non calcifiantes. De plus, la réorganisation de la partie inférieure de la chaîne alimentaire aurait des répercussions sur le reste du réseau trophique.

Traiter l'acidification de l'océan

Il est nécessaire d'effectuer d'autres recherches concernant l'acidification de l'océan afin de déterminer ses répercussions et ses facteurs, qui diffèrent selon l'endroit, dans le but d'élaborer un plan d'intervention cohérent à l'égard de ce problème. D'autres études traitent de la chronologie des cas d'acidification saisonniers et des répercussions que pourrait avoir un milieu océanique plus acide sur différents organismes. Plusieurs programmes de recherche internationaux sont en cours afin d'examiner les répercussions que pourrait avoir l'acidification de l'océan sur le ptéropode, l'organisme le plus vulnérable du golfe d'Alaska en raison de sa coquille qui est faite d'aragonite, qui est une forme de carbonate de calcium qui se dissout plus rapidement. Le plancton, qui est à la base de la chaîne alimentaire et qui est contrôlé par le climat, doit faire l'objet d'un suivi rigoureux puisqu'il agit à titre d'indicateur des répercussions du changement climatique.

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez consulter l'article suivant : **Acidification de l'océan**

Hypoxie

Qu'est-ce que l'hypoxie? Partout dans le monde, l'hypoxie en eaux marines – une insuffisance en oxygène dissous – représente un problème croissant qui peut avoir de graves répercussions sur le milieu et les écosystèmes marins. Le manque d'oxygène présent dans l'eau de mer est actuellement considéré comme une des conséquences probables du réchauffement climatique, puisque l'eau plus chaude contient moins d'oxygène. L'hypoxie peut être d'origine naturelle; elle peut également



En juillet 2010, les scientifiques qui travaillaient à bord du *NGCC Louis S. St-Laurent*, dans la mer de Beaufort, ont mis à l'eau, à partir du pont, un dispositif appelé « rosette CTP » pour prélever des échantillons d'eau. La rosette CTP (qui signifie conductibilité, température et profondeur) est utilisée pour prélever des échantillons et consigner des données concernant les caractéristiques physiques de l'eau océanique, notamment la température, la salinité, le niveau d'oxygène, la présence de nutriments et l'alcalinité. Un tel dispositif est essentiel à la compréhension des processus comme celui de l'hypoxie.

être exacerbée par les activités humaines ou causée directement par celles-ci. Dans les deux cas, les processus inhérents à ce problème, de même que les stress environnementaux qui en découlent, sont essentiellement semblables.

Les eaux de surface renferment toujours une grande quantité d'oxygène dissous. Cependant, les eaux qui se trouvent entre 100 et 150 mètres de profondeur n'ont pas accès directement à l'oxygène de la surface océanique. Dans ces eaux plus profondes, l'hypoxie a lieu lorsque l'oxygène est retiré de l'eau plus rapidement que celle-ci ne le renvoie à partir de l'atmosphère ou au moyen de la photosynthèse. L'hypoxie peut également découler de la respiration microbienne causée par la décomposition de matières organiques dans les eaux profondes et les sédiments. Ce manque d'oxygène peut être transitoire, saisonnier ou permanent selon une gamme de facteurs, notamment les conditions océanographiques locales.

Saturation en oxygène dans l'eau de mer

Une quantité maximale d'oxygène peut être dissoute dans l'eau de mer selon la température et la salinité de l'eau, mais aussi selon la pression atmosphérique. La saturation en oxygène représente la quantité d'oxygène dissous (en pourcentage) par rapport à la concentration maximale en oxygène dans l'eau de mer. Par exemple, l'eau de mer ayant une température de 10 °C et une salinité de 35 à une pression atmosphérique normale est considérée comme entièrement saturée (100 %) lorsque la quantité d'oxygène dissous atteint 6,4 millilitres par litre (ml/l) d'eau de mer; elle est donc saturée à 50 % lorsque la quantité d'oxygène dissous atteint 3,2 ml/l.

Les effets de l'hypoxie sur les organismes vivants dépendent de la concentration en oxygène dissous, de la température, de la salinité ainsi que du niveau de tolérance de chaque espèce précise à une faible quantité d'oxygène. Les eaux gravement hypoxiques sont considérées comme des « zones mortes », où peu d'organismes macroscopiques peuvent exister et où les espèces commerciales sont essentiellement absentes.

Question : Quel est le pourcentage de saturation requis pour que l'eau de mer soit considérée comme hypoxique?

Réponse : L'eau de mer est généralement considérée comme hypoxique lorsque le taux de saturation en oxygène est situé entre 20 et 30 %. Puisque chaque espèce marine réagit différemment à une faible concentration en oxygène, la définition du terme « hypoxie » varie selon l'espèce concernée. Les espèces sont exposées à une hypoxie légère lorsque le taux de saturation en oxygène est situé entre 30 et 50 %, et à une hypoxie grave lorsque ce taux est inférieur à 10 %.

Cas d'hypoxie dans les océans canadiens

En plus des exemples énoncés précédemment, le changement climatique et l'aménagement futur du littoral pourraient être responsables de cas localisés d'hypoxie au sein d'autres endroits.

Côte nord du Pacifique

Le long de la côte du Pacifique du Canada, le secteur le plus préoccupant en matière de cas d'hypoxie grave est le plateau continental à la fin de l'été. Les concentrations en oxygène des eaux subsuperficielles à l'ouest de l'île de Vancouver ont diminué au cours des dernières décennies. Même si les niveaux d'oxygène au sein des ZGICNP sont légèrement supérieurs, trop peu d'observations ont été effectuées à la fin de l'été pour déceler une tendance.

Voici les constats effectués à ce jour :

- Les cas d'hypoxie sont plus graves dans les bras de mer de type fjord, qui renouvellent très lentement les eaux profondes avec les eaux extérieures. Dans certains fjords, la concentration d'oxygène dissous est inexistante, mais on ne considère pas cela comme un problème puisque cette situation persiste depuis des siècles.
- Les niveaux d'oxygène dans les eaux du détroit de la Reine-Charlotte, le détroit d'Hécate et l'entrée Dixon, qui abritent une gamme d'organismes en leur fond et qui sont riches en ressources halieutiques, sont si bas que les prochaines baisses pourraient avoir des incidences sur la répartition de certaines – sinon de nombreuses – espèces, et donner lieu à une perte d'habitats en eau profonde. Il est possible que certains de ces changements aient déjà eu lieu. Le taux de saturation en oxygène dissous des eaux de fond du détroit de la Reine-Charlotte peut atteindre un pourcentage aussi faible que 25 %.
- À la fin de l'été en 2006 et en 2009, on a relevé un taux de saturation en oxygène qui ne dépassait pas 10 % à environ 150 mètres de profondeur (à mi-distance sur le plateau continental) au large du sud-ouest de l'île de Vancouver. Même s'il s'agissait de la plus faible valeur à avoir été relevée à cet endroit depuis le commencement de l'échantillonnage régulier en 1979, les niveaux précédents ne dépassaient pas 15 % et aucun changement n'a été signalé quant au milieu biologique marin. Depuis 2002, au large des États de Washington et de l'Oregon, on a relevé, durant l'été, des niveaux d'oxygène encore plus faibles qui sont liés à la mortalité massive des mollusques et des crustacés.

Il existe des inquiétudes quant à la possibilité que les concentrations d'oxygène des eaux subsuperficielles qui longent la côte ouest continuent à décroître au cours des prochaines décennies en raison des répercussions potentielles du réchauffement climatique, notamment la diminution du niveau d'oxygène dans les eaux subarctiques causée par une ventilation réduite (échange gazeux entre l'océan et l'atmosphère) le long de la côte est asiatique.

Golfe du Saint-Laurent

Des données historiques et récentes indiquent que les cas d'hypoxie s'aggravent progressivement dans les eaux profondes du golfe du Saint-Laurent, particulièrement à la tête des chenaux Laurentien, Anticosti et Esquiman. Les plus faibles niveaux d'oxygène dissous ont été relevés dans le chenal Laurentien, où les mesures indiquent habituellement un taux de saturation d'environ 20 % depuis le milieu des années 1980. Ce niveau d'hypoxie est le résultat d'un long déclin qui persiste depuis 1932 (les dernières données disponibles), lorsque les eaux profondes de l'estuaire du Saint-Laurent avaient un taux moyen de saturation de 38 %.

Depuis 1932, les deux tiers des cas de diminution de saturation en oxygène sont causés par un apport plus élevé en eaux chaudes et pauvres en oxygène du centre de l'Atlantique Nord et par un plus faible apport en eaux riches en oxygène provenant du courant du Labrador. Le reste des cas semblent être causés par une demande accrue en oxygène provenant des eaux profondes et des sédiments. Cette forte demande est sans doute due à l'augmentation de la respiration bactérienne associée à une hausse de la température de près de 2 °C dans les eaux profondes depuis les années 1930, ou à un surplus de matières organiques provenant des eaux de surface.

Plateau néo-écossais

Il semble également qu'il y ait une diminution des niveaux d'oxygène dans les eaux profondes provenant de talus au sein du bassin d'Émeraude du plateau néo-écossais. Toutefois, il est nécessaire de recueillir plus de données afin de déterminer la structure spatiale et saisonnière de cette tendance à long terme.

Répercussions liées à l'hypoxie

Puisque l'oxygène est essentiel au métabolisme aérobique, les organismes marins en eaux hypoxiques peuvent subir une gamme d'effets néfastes, notamment la réduction des taux de croissance et du succès de la reproduction, ainsi que l'augmentation du taux de mortalité. Certains de

ces effets sont observables même chez les organismes exposés à une hypoxie légère (taux de saturation en oxygène de 30 à 50 %).

L'hypoxie peut également avoir des effets sur la répartition des espèces puisque la plupart d'entre elles quittent une zone bien avant que la concentration en oxygène de cette dernière chute à des niveaux qui pourraient leur être fatals. Il existe une préoccupation concernant la ZEGO de la côte nord du Pacifique voulant que même si les niveaux d'oxygène des eaux profondes ne sont pas fatals pour les poissons de fond, ceux-ci peuvent tout de même se déplacer vers des eaux moins profondes, où on retrouve une plus grande quantité d'oxygène dissous. Cependant, cela risque de les priver d'une grande partie de leur habitat de prédilection.

Le seuil auquel surviennent les effets est différent selon l'espèce. Un grand nombre d'espèces peuvent prospérer dans un milieu où les niveaux d'oxygène pourraient sérieusement compromettre la survie d'autres espèces. En général, les organismes marins sédimentaires, immobiles et à longue espérance de vie sont les plus vulnérables. Les organismes de fond (benthiques), comme les homards et les holothuries, ont besoin de plus d'oxygène; ils sont donc vulnérables dans les milieux pauvres en oxygène. Pour leur part, les vers annelés, les mollusques et les cnidaires sont moins sensibles aux effets du manque d'oxygène. Les recherches préliminaires sur le crabe des neiges indiquent que celui-ci est assez tolérant à l'hypoxie. Toutefois, on en sait très peu à propos des effets hypoxiques sur les crustacés présents dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

Les études les plus complètes concernant les effets de l'hypoxie sur les espèces commerciales touchées par la situation actuelle dans l'estuaire du Saint-Laurent traitent de la morue de l'Atlantique. La moitié des poissons de l'échantillon étudié sont morts dans les 96 heures qui ont suivi leur arrivée dans un milieu saturé à 21 %, alors que 5 % des poissons de l'échantillon sont morts dans les 96 heures qui ont suivi leur arrivée dans un milieu saturé à 28 %. Les morues évitent presque complètement les zones de l'estuaire et du golfe où les niveaux d'oxygène dissous près du fond sont inférieurs à un taux de saturation de 30 %. Des éléments ont permis d'attester que les morues se nourrissaient moins et que leur taux de croissance diminuait (du point de vue de la longueur et de la masse).

On a également relevé une diminution de la performance natatoire, ce qui peut réduire la capacité du poisson à capturer sa proie, à éviter les prédateurs et à échapper aux engins de pêche mobiles. De plus, les recherches indiquent que les morues peuvent délibérément éviter une exposition prolongée aux niveaux de saturation en oxygène inférieurs à 70 %.

L'hypoxie a également des répercussions à l'échelle de l'écosystème, comme la perte directe de l'habitat ou la compression de celle-ci, des relations trophiques altérées (réseau trophique), des changements des habitudes de migration, et des modifications de la biodiversité. Depuis les années 1970, on constate un important déclin de l'abondance de plusieurs groupes d'espèces benthiques (échinodermes, crustacés) dans les eaux de l'estuaire du Bas-Saint-Laurent, et il en est de même pour la diversité et l'activité des organismes benthiques. Il reste toutefois à déterminer si ces changements écosystémiques importants sont causés par l'hypoxie, l'acidification ou ces deux facteurs.

Il existe une autre préoccupation qui concerne l'interaction entre l'acidification et l'hypoxie, qui peut rendre encore plus difficile la respiration chez un bon nombre d'organismes, y compris certains poissons comme la morue.

Traiter l'hypoxie

Des recherches concernant les effets biologiques de l'hypoxie sont en cours. Par exemple, les scientifiques étudient les effets des niveaux d'oxygène dissous près du fond sur deux autres espèces importantes qui sont présentes dans l'estuaire et le golfe du Saint Laurent : le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) et la crevette nordique (*Pandalus borealis*). Puisque ces deux espèces vivent en eaux profondes, elles sont exposées à l'hypoxie.

Des recherches intégrées et pluridisciplinaires sont nécessaires afin d'évaluer les effets combinés du réchauffement, de l'hypoxie et de l'acidification sur le milieu marin ainsi que sur la structure et la fonction de l'écosystème de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Une surveillance continue des variables écosystémiques (conditions chimiques

et physiques, productivité primaire, interactions dans le réseau trophique) et des espèces commerciales potentiellement vulnérables permettra d'acquérir une meilleure compréhension des répercussions de l'hypoxie avant que d'importantes modifications ne se produisent.

Dans la Région du Pacifique, les concentrations en oxygène sont surveillées au moyen des relevés de recherche océanique et halieutique de Pêches et Océans Canada. Les prochaines répartitions des poissons de fond seront surveillées en vue de déterminer les répercussions des modifications des concentrations en oxygène. **NEPTUNE Canada** a récemment ajouté des capteurs d'oxygène à son réseau d'instruments océaniques, situé au large de la côte sud-ouest de la Colombie-Britannique, afin de surveiller les modifications futures.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur les causes et les facteurs de l'hypoxie (c.-à-d. les entrées d'eau et les facteurs locaux), veuillez consulter le rapport régional sur la ZEGO du golfe du Saint-Laurent.



Crevette nordique
Photo : Pêches et Océans Canada

Variation des glaces de mer

Réprésentant un élément dynamique en constante évolution des écosystèmes océaniques, la glace de mer est l'une des principales variables en matière de changement climatique, en plus d'être un de ses indicateurs clés. La glace de mer, de même que d'autres éléments des écosystèmes polaires, fait partie intégrante du système climatique mondial et joue un rôle essentiel dans le maintien de son équilibre.

La superficie couverte par la glace de mer s'accroît en hiver et diminue durant les mois plus chauds. Le milieu biologique marin est étroitement lié à ce cycle saisonnier. De plus, l'état des glaces est caractérisé par la variabilité, d'une année à l'autre, de l'étendue, de la durée, de l'épaisseur, de l'état (c.-à-d. la fragilité) et de la mobilité, et ces éléments sont influencés par divers facteurs ou éléments moteurs. La diminution de l'étendue de la superficie couverte de glace permet d'augmenter la quantité d'énergie qui entre dans un écosystème, car la glace de mer réfléchit 80 % de la lumière du soleil dans l'espace alors qu'une surface océanique sombre absorbe 90 % de la lumière du soleil.

À mesure que le changement climatique modifiera cet élément essentiel des écosystèmes marins, le réseau trophique marin fera l'objet de changements inévitables, ce qui mettra en péril certaines espèces tandis que d'autres seront avantagées. La variation des glaces de mer peut également avoir des répercussions sur les cultures de subsistance traditionnelles, les collectivités côtières et les autres infrastructures, ainsi que sur les activités humaines comme la chasse et la pêche de subsistance, la navigation maritime, de même que l'exploration et l'exploitation pétrolière et gazière. Il est essentiel de comprendre ces changements ainsi que leurs répercussions potentielles pour élaborer des approches écosystémiques visant la gestion et l'atténuation des ressources marines, de même que des stratégies d'adaptation destinées aux collectivités du Nord et à diverses activités sociales et économiques.

Il est important de noter que les tendances en matière de glaces de mer au sein d'une ZEGO donnée ou d'une autre région océanique peuvent différer des observations globales effectuées en Arctique.

Variation des glaces de mer dans les océans du Canada

Golfe du Saint-Laurent

Bien que le golfe du Saint-Laurent possède l'une des eaux de surface les plus chaudes du Canada atlantique en été, il constitue également le point de couverture saisonnière de glace le plus au sud durant l'hiver.

Durant l'hiver, la température de l'air dans la région du golfe est un facteur important de la formation de la couverture de glace de mer, puisque l'air froid, combiné à de forts vents, permet d'extraire la chaleur de la surface de l'océan. La glace commence à se former au cours du mois de décembre, et la couverture atteint sa superficie et son volume maximaux au début du mois de mars. Puisque la couverture de glace de mer est plus fragile au début de sa période de croissance, des tempêtes, des dégels ou d'autres événements peuvent l'empêcher d'atteindre sa pleine épaisseur et sa superficie normale pour la saison. Les tempêtes et les dégels peuvent également avoir des répercussions sur la période de débâcle au printemps.

À l'hiver 2010, le golfe du Saint-Laurent était la région où la superficie de la couverture de glace était la plus faible (il n'y avait pratiquement pas de glace) depuis que le Service canadien des glaces a commencé à recueillir des données en 1969. Ce phénomène rare a été attribué aux températures plus chaudes de l'air qui sont enregistrées dans le golfe depuis 1945. Il est probable que des hivers sans glace soient un phénomène de plus en plus fréquent en raison du changement climatique; cependant, la variabilité interannuelle garantira sans doute la présence de glaces de mer lors de nombreux hivers au cours des prochaines décennies.

Baie Placentia et Grands Bancs

L'étendue et la durée de la couverture de glace de mer sur le plateau continental de Terre-Neuve et du Labrador étaient sous la normale en 2010, et ce, pour la 15^e année consécutive. La moyenne annuelle n'a jamais été aussi faible en 48 ans. Le Service international de recherche des glaces de la Garde côtière des États-Unis a signalé qu'un seul iceberg a dérivé au sud du 48^e parallèle nord jusqu'au nord des Grands Bancs au cours de l'année 2010, comparativement à 1 204 icebergs en 2009.

La glace de mer est influencée par l'oscillation de l'Atlantique Nord, une variation considérable de la pression atmosphérique dans l'ensemble de l'Atlantique Nord et un indicateur clé des conditions climatiques de la région. Les variations de l'oscillation de l'Atlantique Nord peuvent avoir une incidence directe ou indirecte sur l'écoulement glaciaire, la température océanique, la force du courant du Labrador ainsi que la répartition et la biologie des espèces marines. Un indice élevé d'oscillation de l'Atlantique Nord indique généralement des températures de l'eau plus froides, des vents du nord ouest plus forts, des températures de l'air plus fraîches et des glaces plus épaisses; ces facteurs représentaient la tendance au cours des années 1980 et 1990.

En 2010, l'indice d'oscillation de l'Atlantique Nord a atteint un creux, affaiblissant ainsi l'évacuation d'air vers l'Atlantique Nord-Ouest. Cela a donné lieu à un réchauffement à grande échelle (par rapport à 2009) partout dans l'Atlantique Nord-Ouest, de l'ouest du Groenland, en passant par l'île de Baffin, jusqu'à Terre-Neuve.

Mer de Beaufort

Depuis la fin des années 1990, on a observé une réduction considérable de la superficie et de l'âge des glaces de mer pluriannuelles dans l'océan Arctique, y compris la partie nord ouest de la ZEGO de la mer de Beaufort. Une réduction de l'étendue des glaces pluriannuelles signifie une plus grande étendue d'eaux libres de glace aux mois d'août et de septembre. La couverture de glace présente durant l'été constitue le système de contrôle de l'environnement le plus important dans l'écosystème marin de la mer de Beaufort. En outre, les banquises plus



Comprendre le rôle de la glace au sein de l'écosystème marin constitue un défi considérable. Dans la baie Franklin, un grand bras de mer du golfe Amundsen situé au sud-est de la mer de Beaufort (Territoires du Nord-Ouest), un plongeur professionnel installe un posemètre ultrasensible sous deux mètres de glace arctique afin d'en apprendre davantage sur la vie marine présente sous la face inférieure des glaces de mer. Photo : Jeremy Stewart, Pêches et Océans Canada



Rorquals à bosse dans le golfe du Saint-Laurent.
Photo : Pêches et Océans Canada

récentes sont plus minces et plus faibles, et peuvent être plus sensibles à la tension du vent.

Une banquise plus mince peut donc influencer la circulation océanique et la répartition de la salinité à la surface, ce qui peut avoir des incidences sur le réseau trophique marin. Bien que les glaces pluriannuelles soient visiblement plus rares dans l'océan Arctique qu'il y a 20 ans, les observations n'ont indiqué aucune tendance relative à l'épaisseur des glaces de première année.

Les autres caractéristiques relatives à l'état des glaces dans la ZEGO de la mer de Beaufort au cours des cinq dernières années comprennent :

- des variations considérables, d'une année à l'autre, de l'épaisseur moyenne des glaces de première année;

- des variations considérables, d'une année à l'autre, de la concentration de glace en été (la partie de la surface de la mer qui est couverte de glace de mer de toutes les épaisseurs);
- la durée du dégagement estival des glaces sur le plateau varie de plus de deux mois;

On prévoit une tendance de 30 ans vers une diminution des glaces de mer dans l'ensemble du plateau de Mackenzie, dans le golfe Amundsen et dans le secteur canadien du bassin Canada. Toutefois, ces tendances sont minimales par rapport à l'ampleur des variations d'une année à l'autre.

Les variations d'une année à l'autre rendent encore plus difficile la détermination des facteurs de changement relatifs aux glaces de mer (c.-à-d. les variations naturelles par rapport au changement climatique).

Répercussions de la variation des glaces de mer

Golfe du Saint-Laurent

Les variations des glaces de mer peuvent avoir des répercussions d'une grande portée sur les écosystèmes marins, notamment les caractéristiques océaniques (c.-à-d. les couches d'eau et le mélange), les réseaux trophiques, ainsi que la répartition, l'habitat et la survie des organismes marins. Par exemple, la glace peut avoir des incidences directes et indirectes sur la survie des 16 espèces de baleines (cétacés) et de 7 espèces de phoques qui habitent l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent sur une base saisonnière ou annuelle. Les changements relatifs aux tendances liées à la couverture de glace, à l'englacement et à la fonte peuvent avoir des incidences sur la quantité de zooplancton et d'autres ressources alimentaires destinées aux poissons. La glace peut limiter l'accès à la surface ou réduire l'habitat d'alimentation disponible pour certains mammifères marins tout en offrant à d'autres espèces une plate-forme pour la reproduction et le repos. Le mouvement des glaces peut également prendre au piège des rorquals.

Il est difficile de prédire la réaction des mammifères marins aux changements de l'état des glaces. Dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, il est possible que les répercussions liées à la réduction de la globalité de la couverture de glace et de sa stabilité soient les suivantes :

- Donner accès à des aires d'alimentation qui n'étaient pas accessibles auparavant;
- Causer une plus grande dispersion des mammifères marins ou avoir des incidences sur leur déplacement du nord vers le sud;
- Avoir pour effet que les cétacés présents de façon saisonnière restent plus longtemps dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, ce qui augmente les risques de concurrence entre les phoques du Groenland, les bélugas et autres cétacés pour le zooplancton et d'autres espèces de poissons comme le capelan, le hareng et la morue;
- Accroître l'exposition à la prédation éventuelle des épaulards, qui essaient généralement d'éviter les glaces de mer puisqu'ils peuvent rester coincés à cause d'elles ou blesser leur grande nageoire dorsale;
- Avoir pour effet que les populations de phoques du Groenland en âge de reproduction se déplacent davantage vers le nord du golfe ou même à l'extérieur de celui-ci;
- Favoriser une répartition et une abondance accrues de phoque gris dans l'ensemble du golfe, et accroître les interactions avec les pêches et la transmission de parasites à des espèces de poissons d'importance commerciale;
- Augmenter les possibilités de transport des marchandises ou changer les habitudes de navigation. Un trafic maritime accru augmenterait les risques d'entrer en collision avec des mammifères marins et augmenterait l'intensité des niveaux sonores ambiants, ce qui pourrait avoir une incidence sur la communication entre les mammifères marins, surtout parmi les cétacés.

Mer de Beaufort

Depuis 2002, l'équipe chargée des études conjointes de la glace en mer mène chaque année une expédition au tourbillon de Beaufort, qui est une partie de la mer de Beaufort située au nord de l'Alaska et où les eaux circulent dans le sens horaire (en fonction des données s'étendant au-delà du pôle Nord). Cette circulation d'eau découle d'un solide système de haute pression qui crée des vents dans l'ensemble de la région.

Depuis 2003, la convergence d'origine éolienne de l'eau dont la surface présente un faible taux de salinité et la fonte des glaces pluriannuelles épaisses ont entraîné une tendance de dessalure (les eaux deviennent moins salines) des eaux de surface du tourbillon de Beaufort. La diminution de la couverture de glace sur le tourbillon signifie la présence d'une plus grande étendue d'eau libre. La surface plus sombre de l'eau libre absorbe plus d'énergie du soleil, ce qui entraîne le réchauffement de l'eau de surface, donc la diminution des glaces de mer.

Puisque l'eau chaude est moins dense (plus légère) que l'eau froide, et que l'eau plus fraîche est plus légère que l'eau salée, l'océan concerné devient de plus en plus stratifié. Cette stratification accrue de l'océan diminue le brassage de la colonne d'eau et la montée des nutriments vers la surface. Le phytoplancton, qui est le fondement du réseau trophique marin, croît dans cette zone ensoleillée près de la surface. Ce phénomène a causé une augmentation des petites algues (picoplancton) dans le bassin Canada, tant au niveau de la population totale que dans la représentation globale du phytoplancton en pourcentage, ainsi qu'une diminution de la taille des organismes de nanoplancton, qui risque d'avoir une incidence sur d'autres parties du réseau trophique. Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez consulter l'article suivant : **La dessalure de l'océan Arctique favorise les algues plus petites et pourrait se répercuter sur les réseaux trophiques.**

Climat des océans

Le climat des océans constitue la moyenne des caractéristiques des milieux marins, comme la température, la salinité, les nutriments, les vagues, la stratification et les vents, sur une longue période. Les données concernant les conditions climatiques des océans, comme la température moyenne de l'océan en juillet et en janvier au cours de la dernière période de 30 ans, sont généralement présentées dans les renseignements relatifs au climat.

Les interactions entre les océans, les glaces de mer, l'accumulation annuelle de neige et l'atmosphère représentent un élément essentiel du système climatique mondial. La compréhension du rôle des océans au sein du système climatique mondial et des répercussions du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques est d'une importance capitale pour la communauté internationale et les pays comme le Canada, qui est bordé par trois océans interreliés.

Qu'est-ce que l'oscillation de l'Atlantique Nord?

L'oscillation de l'Atlantique Nord est une variation considérable de la pression atmosphérique dans l'ensemble de l'Atlantique Nord et un indicateur clé des conditions climatiques de la région. Les variations spatiales considérables de la température et de la salinité de l'océan de l'Atlantique Nord sont liées à l'indice d'oscillation de l'Atlantique Nord, qui représente les forces relatives des pressions atmosphériques au-dessus de l'Islande et des Açores.

Climats des océans canadiens

Golfe du Saint-Laurent

En plus d'avoir des incidences sur la pêche, les variations du climat océanique contribuent également à modifier les populations et les communautés marines, tant directement qu'indirectement. Au cours des quatre dernières décennies, les variations de l'oscillation de l'Atlantique

Nord, de même que d'autres changements qui touchent les régimes climatiques importants et qui persistent depuis plusieurs années, ont entraîné d'importants changements de température dans le golfe du Saint-Laurent.

En été, le golfe se divise en trois couches se caractérisant par la température de leur eau : une couche chaude et relativement douce (moins salée) à la surface, une couche intermédiaire froide à une profondeur allant environ de 50 à 150 mètres, et une couche d'eau chaude salée plus profonde qui couvre les chenaux et les autres zones se trouvant à plus de 200 mètres de profondeur. Les variations de température relevées dans le golfe comprennent :

- Pendant les mois sans glace, un réchauffement de 1,5 °C des températures de l'eau à la surface a été observé entre 1982 et 2010.
- Les températures de la couche intermédiaire froide sont passées d'exceptionnellement chaudes à la fin des années 1960 et au début des années 1980 à très froides de 1986 à 1998. Les conditions observées récemment se rapprochent de la moyenne.
- De 1991 à 1996, des températures exceptionnellement froides ont été relevées à une profondeur d'environ 200 à 300 mètres. Bien que les eaux aient depuis réchauffé et se soient rapprochées de leur moyenne à long terme (1981 à 2010), qui est de 4,5 °C à une profondeur de 200 mètres et de 5,5 °C à une profondeur de 300 mètres, les températures étaient encore une fois plus froides que la moyenne en 2009-2010. En 2011, elles correspondaient de nouveau à la moyenne.

Plateau néo-écossais

La température et la salinité sur le plateau néo-écossais correspondent à une structure verticale, semblable à celle du golfe du Saint-Laurent, qui varie selon la saison et dont l'eau de « plateau » plus douce est sous-jacente à l'eau de talus plus salée qui s'introduit en profondeur à partir du large. Cela entraîne un gradient vertical de la densité de l'eau que l'on appelle « stratification ». Dans les eaux proches de la surface, cette stratification est accrue durant l'été en raison du réchauffement de l'eau en surface et de l'apport d'eaux douces provenant du golfe du Saint-Laurent, et plus faible en hiver, lorsque les vents frais favorisent les

mélanges verticaux qui décomposent la stratification et font remonter des nutriments essentiels à la surface.

Les données relatives à la température et à la salinité, qui sont recueillies depuis environ 1920, indiquent que les changements pluriannuels les plus importants qui ont touché le plateau néo-écossais ont eu lieu dans les années 1960, lorsque les eaux de talus pénétrantes étaient plus fraîches et plus douces. Ces changements découlaient d'un meilleur apport d'eaux de talus subpolaires autour du Grand Banc au cours d'une période où l'indice d'oscillation de l'Atlantique Nord était négatif (action éolienne réduite au nord de l'Atlantique Nord). Ces tendances à long terme relatives à la température et à la salinité sur le plateau néo-écossais varient selon l'endroit et la profondeur, et sont généralement faibles, en raison notamment de l'importante variabilité naturelle du climat (p. ex. oscillation de l'Atlantique Nord) dans la région. Toutefois, certains éléments indiquent un réchauffement des eaux de surface dans la plupart des endroits, ainsi qu'une augmentation de la stratification de la couche supérieure de l'océan dans l'ensemble du plateau néo-écossais et du golfe du Maine. Cette stratification découle de l'alternance du réchauffement et de la dessalure de l'eau de surface. Ces variations correspondent aux attentes relatives aux changements climatiques anthropiques et indiquent donc l'émergence éventuelle d'une tendance à long terme importante sur le plan biologique.

Mer de Beaufort

Dans la ZEGO de la mer de Beaufort, certains changements importants relatifs à la structure de l'écosystème sont sporadiques, alors que d'autres sont plus persistants. La dessalure des eaux de surface observée dans le bassin Canada depuis 2003 est un exemple de changement persistant. L'apport important d'eau douce dans la ZEGO a eu une incidence sur la structure océanique (c.-à-d. la stratification des couches d'eau) et le mouvement des nutriments nécessaires à la croissance du phytoplancton.

Une remontée d'eau épisodique d'une intensité et d'une durée sans précédent est survenue entre novembre 2007 et février 2008 sur le plateau de Mackenzie. En général, la salinité des eaux près du fond marin correspond environ à 33 unités. Lors de la remontée d'eau, la salinité de l'eau de fond au centre du plateau et à l'extérieur de celui-ci dépassait

34,5 unités et était encore plus élevée dans sa partie intérieure (35 à 36,5 unités). Cette salinité accrue a duré environ deux mois. Les variations relatives à la salinité de l'eau, causées par la remontée d'eau profonde salée provenant du bassin Canada et du rejet de saumure lors de la formation de glaces de mer, ont entraîné des changements au sein de la structure de l'écosystème; elles ont notamment favorisé la croissance d'algues sur les glaces de mer et de phytoplancton dans la colonne d'eau. Ces changements relatifs à la structure de l'écosystème soulignent l'importance des interactions et des effets cumulatifs de différents facteurs.

Baie Placentia et Grands Bancs

Les variations de l'indice d'oscillation de l'Atlantique Nord peuvent avoir une incidence sur l'écoulement glaciaire, la température de l'océan et la force du courant du Labrador. Un indice élevé d'oscillation de l'Atlantique Nord indique généralement des températures de l'eau plus froides, des vents du nord-ouest plus forts, des températures de l'air plus fraîches et des glaces plus épaisses dans l'Atlantique Nord-Ouest; ces facteurs représentaient la tendance au cours des années 1980 et 1990. À l'hiver 2010, l'indice d'oscillation de l'Atlantique Nord a atteint un creux, affaiblissant ainsi l'évacuation d'air vers l'Atlantique Nord-Ouest. Cela a donné lieu à un réchauffement à grande échelle (par rapport à 2009) partout dans l'Atlantique Nord-Ouest, de l'ouest du Groenland, en passant par l'île de Baffin, jusqu'à Terre-Neuve.

La température de l'eau influence grandement la répartition et la biologie des animaux marins. Les variations de température qui ont eu lieu au cours des quatre dernières décennies au sein de cette ZEGO seraient responsables de certains changements considérables relatifs à la répartition et à l'abondance d'espèces commerciales importantes.

Les observations concernant la température de l'océan dans la ZEGO de la baie Placentia et des Grands Bancs sont les suivantes :

- À la station 27, un site de surveillance situé au large du cap Spear (Terre-Neuve), la température moyenne annuelle établie en 2010 en fonction de la profondeur a augmenté de 0,7 °C, ce qui signifie qu'elle occupe le deuxième rang des températures les plus élevées jamais enregistrées.

- À cette même station, les températures annuelles à la surface et au fond étaient également d'environ 0,6 °C au-dessus de la normale.
- Sur le plateau de Terre-Neuve, la température de la zone occupée par la couche intermédiaire froide qui se situait au-dessous de 0 °C a baissé, ce qui signifie que la température de l'eau est plus chaude que la normale.
- Au printemps 2010, les températures de fond au sein des divisions 3Ps et 3LNO de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) étaient au dessus de la normale, ce qui a entraîné la diminution de la superficie de la zone occupée par l'habitat benthique qui est constituée d'eau dont la température se situe au-dessous de 0 °C.

Côte nord du Pacifique

Au cours des dernières décennies, on a remarqué de plus en plus fréquemment des changements entre les conditions tempérées du courant El Niño (2010) et les hivers froids attribuables à La Niña (2011). L'El Niño ou La Niña – oscillation australe, ou ENSO, est un régime climatique qui se produit dans l'ensemble de l'océan Pacifique tropical environ tous les trois à cinq ans, bien qu'il puisse se produire plus fréquemment. Ce régime implique des variations de la température de l'eau de surface de l'océan Pacifique équatorial qui sont causées par des variations de la pression atmosphérique dans la région du Pacifique tropical, appelées oscillation australe.

À l'hiver 2010, El Niño, un courant d'eau chaude qui réchauffe l'eau de surface de l'océan et qui circule le long de la côte de l'équateur Pacifique, a soufflé des vents chauds du sud ouest le long de la côte ouest des États-Unis et du Canada, poussant ainsi les eaux chaudes vers la côte de la Colombie-Britannique. En 2008, 2009 et 2011, La Niña (la phase froide des eaux équatoriales du milieu du Pacifique) a soufflé des vents d'ouest froids sur la Colombie-Britannique, ce qui a eu pour effet de refroidir les eaux de surface dans cette région.

Que sont les copépodes?

Les copépodes constituent un groupe composé de divers crustacés aquatiques qui représentent une partie importante de la population de zooplancton. Ces minuscules organismes constituent une partie importante du réseau trophique marin, puisqu'ils établissent le lien entre le phytoplancton microscopique et les poissons juvéniles comme la morue. Habituellement, la longueur des copépodes adultes se situe entre un et deux millimètres (mm); toutefois, chez certaines espèces, il est possible que les adultes ne dépassent pas 0,2 mm alors que d'autres peuvent atteindre 10 mm.



Lors des expéditions scientifiques menées dans le cadre de l'Année polaire internationale, les biologistes à bord du NGCC *Louis S. St. Laurent* ont prélevé des échantillons d'eau dans l'ensemble de l'archipel de l'Arctique canadien. Le nombre de copépodes que contenait cet échantillon était si important que l'eau agitée par la vie que contenait la chaudière blanche a adopté leur teinte orangée. Photo : © 2007, Paul Galipeau

Les eaux océaniques de la région sont généralement plus chaudes et moins salines :

- Les échantillons de température de l'océan prélevés quotidiennement aux phares de l'île Kains et de l'île Langara dans la **ZGICNP** ont indiqué un réchauffement de 0,5 à 0,6 °C au cours des 80 dernières années.
- En 2010, une année touchée par le phénomène El Niño, toutes les stations ont indiqué une hausse de la température (comparativement à 2009, une année touchée par le phénomène La Niña) variant entre 0,5 et 1 °C.
- La plus importante diminution de la salinité a été observée à l'île Langara, le long de la côte de la Colombie-Britannique. En effet, la salinité a commencé à diminuer à la fin des années 1970 pour ensuite décroître abruptement au cours des années 1990 et 2000. Il est possible que ce changement soit dû à l'accroissement de la dépression des Aléoutiennes au cours des hivers à la fin des années 1970. Depuis, cette dépression atmosphérique, qui est demeurée généralement importante, pourrait avoir une incidence sur la salinité des eaux près de l'île Langara en modifiant les vents hivernaux et les courants océaniques attribuables au vent dans le golfe d'Alaska.

Répercussions des conditions climatiques changeantes des océans

Les températures océaniques peuvent avoir des effets sur la croissance et la survie des organismes marins ainsi que sur la disponibilité des habitats thermiques privilégiés et tolérés par diverses espèces. Les changements relatifs au climat peuvent également avoir des effets sur le rendement des stocks et les taux de prélèvement durables. La pêche peut également aggraver les répercussions des variations de température en diminuant la résilience des stocks ou en augmentant la variabilité de l'abondance et, donc, les risques d'épuisement des stocks.

Golfe du Saint-Laurent

On prévoit que les variations de température océanique dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent auront des répercussions sur l'habitat, la

répartition et le recrutement des espèces marines, ainsi que sur la composition de la collectivité.

Les tendances au réchauffement observées et projetées relativement aux eaux de surface du golfe entraîneront probablement la réduction de l'habitat disponible pour certaines espèces sensibles à la température qui peuplent actuellement la zone côtière. Par exemple, les températures excédant 23,5 °C sont fatales pour les pétoncles géants (*Placopecten magellanicus*), comme le sont les hausses soudaines de 20 °C de la température. À l'opposé, l'habitat des espèces qui peuplent les eaux plus chaudes et qui sont actuellement restreintes aux eaux côtières du golfe, comme le homard, risque de s'agrandir dans les secteurs où un réchauffement est prévu.

Les variations à long terme de la température des eaux de surface influent également sur la période, la durée et l'intensité de la production de plancton, ce qui a une incidence sur le recrutement (le taux annuel selon lequel de nouveaux individus contribuent à l'accroissement de la population) des ressources halieutiques clés. Par exemple, les conditions océanographiques printanières comme le taux de réchauffement de l'eau de surface ainsi que la durée et la productivité de l'efflorescence phytoplanctonique printanière sont des facteurs étroitement liés au succès du recrutement de crevettes nordiques dans le nord du golfe. De la même façon, le recrutement du maquereau est étroitement lié à l'élevage d'espèces particulières de copépodes dans le sud du golfe et, ultimement, aux conditions océanographiques régionales.

De 1986 à 1998, lorsque la couche intermédiaire froide était exceptionnellement froide, on a observé une dominance accrue d'espèces d'origine arctique et boréale dans le sud du golfe, notamment des cottes polaires (*Cottunculus microps*), des chaboisseaux arctiques (*Myoxocephalus scorpioides*) et des morues arctiques (*Boreogadus saida*). Leur apparition soudaine lors du refroidissement des eaux dans les années 1990, ainsi que leur disparition lors du réchauffement des eaux, correspondent à un changement de la répartition.

Les températures de fond ont également des répercussions sur la répartition, et peut-être sur l'abondance, de plusieurs autres espèces. Les

changements à long terme relatifs à l'épaisseur et à la température interne de la couche intermédiaire froide ont une incidence sur la température de fond sur le plateau madelinien du sud du golfe. Au cours de certaines années, la température des eaux profondes ne descendait pas au-dessous de 0 °C avant le mois de septembre, alors que, d'autres années, jusqu'à 25 000 km² d'eaux profondes atteignaient des températures au-dessous de 0 °C. En hiver, le crabe des neiges préfère les eaux froides (de -1 à 3 °C). Le refroidissement et l'expansion de la couche intermédiaire froide qui ont eu lieu de la fin des années 1980 au début des années 1990 pourraient avoir entraîné une répartition étendue des stocks de crabes des neiges et contribué aux grandes abondances pendant et après cette période. Cependant, aucun lien probant n'a encore été établi en raison de la relation complexe entre la répartition et la productivité du crabe des neiges et la température.

En raison de la complexité du grand nombre de variables concernées, il est difficile de prévoir avec certitude la façon dont le réchauffement climatique va toucher les espèces et les collectivités marines dans le golfe. Nous pouvons prévoir que le réchauffement entraînera probablement la réduction de l'habitat de certaines espèces qui peuplent actuellement le sud du golfe (p. ex. le crabe des neiges, le capelan) et la création d'un nouvel habitat pour les espèces vivant plus au sud. Il est possible que certaines espèces se déplacent vers des eaux plus profondes ou vers le nord. On s'attend aussi à ce que le réchauffement climatique entraîne l'augmentation de la variabilité climatique, ce qui provoquera des variations des taux de recrutement, de croissance et de mortalité des espèces et donc, une variation de leur abondance. Certaines des variations les plus importantes liées aux collectivités marines peuvent découler d'effets indirects du réchauffement, comme les changements difficiles à prédire relatifs à la structure du réseau trophique.

Plateau néo-écossais

Le changement climatique n'a pas d'impacts environnementaux majeurs sur le plateau néo-écossais, mais les impacts pourraient s'accroître lentement au fil du temps (p. ex. sur des décennies) ou en raison d'un changement dans l'écosystème (p. ex. une hausse des influences subtropicales) à un moment dans l'avenir. À court terme, des

changements dans la synchronisation du fort cycle saisonnier pourraient avoir des répercussions plus néfastes qu'une faible augmentation de la température. Même s'il n'est pas encore possible de mener une évaluation exhaustive et précise, les connaissances dont on dispose actuellement permettent d'évaluer d'une manière générale les répercussions potentielles du changement climatique. Celui-ci a une incidence sur la physiologie des espèces, la synchronisation des événements saisonniers et les aires de répartition. En retour, ces changements nuiront aux interactions entre les espèces, ce qui compromettra la composition des espèces dans l'écosystème.

La baisse des réseaux trophiques marins, comme le phytoplancton, est largement attribuable à la variabilité du climat. Les conditions océanographiques changeantes nuisent à la fois à l'abondance et à la composition des communautés phytoplanctoniques. De façon générale, si la température de la couche de surface continuait d'augmenter, il faudrait s'attendre à du phytoplancton de plus petite taille. Si des températures beaucoup plus élevées donnaient lieu à des organismes de plus petite taille, le flux d'énergie passant dans l'écosystème pourrait changer de direction ou être moins efficace, et il ne pourrait peut-être même plus soutenir la productivité des lieux de pêche historiques. Si elle persistait, la hausse de la stratification pourrait amener des changements importants dans le cycle de croissance saisonnier du phytoplancton, notamment en raison d'une réduction de la quantité de nutriments dans la couche de surface, là où le phytoplancton se développe.

Il ne fait aucun doute que le climat joue un rôle de premier plan dans la dynamique des populations de poissons du plateau néo-écossais, mais c'est aussi le cas avec les activités de pêche. À l'échelle internationale, des chercheurs ont tenté, au cours des dernières décennies, de séparer les effets du climat de ceux des pêches sur les écosystèmes. De plus en plus, on reconnaît que les effets du climat et ceux des activités de pêche ne peuvent être séparés. La pêche intensive cause une réduction de la diversité des espèces et des écosystèmes, et la diversité constitue la principale barrière contre la variabilité du climat. La pêche intensive peut causer une diminution du nombre d'organismes plus âgés et plus gros, une baisse des sous-populations et un changement dans les

caractéristiques biologiques, trois conséquences qui rendent les espèces et les écosystèmes encore plus vulnérables à la variabilité du climat et à l'imprédictibilité des événements.

Mer de Beaufort

L'augmentation de la proportion d'eau douce remarquée dans le bassin Canada depuis 2003 a entraîné une augmentation de la stratification, une réduction du brassage des colonnes d'eau, ainsi qu'une ascension des nutriments des couches plus profondes vers la couche de surface ensoleillée.

Ce phénomène a causé une augmentation des petites algues (picoplancton) dans le bassin Canada, tant au niveau de la population totale que dans la représentation du phytoplancton en moyenne, ainsi qu'une diminution de la taille des organismes de nanoplancton. Ces premières réactions fournissent une indication des possibilités de changement pour d'autres parties du réseau trophique marin. Certains spécimens plus petits de plancton ont réagi différemment en 2009, ce qui justifie la nécessité de recueillir une série de données à long terme pour évaluer les réactions de l'écosystème.

En raison de la remontée d'eau survenue en 2007-2008 sur le plateau de Mackenzie, dans la ZEGO à l'étude, la croissance des algues des glaces, du phytoplancton, du zooplancton et des organismes benthiques a augmenté de deux à six fois. On a constaté une augmentation générale de la productivité biologique, ce qui permet de nouvelles possibilités de croissance à des consommateurs comme le zooplancton, qui peut s'adapter aux changements pouvant survenir rapidement dans la structure de l'écosystème.

Côte nord du Pacifique

On remarque de plus en plus fréquemment des changements entre les conditions tempérées du courant El Niño et la vie marine plus froide attribuable au brassage La Niña. Par exemple, l'abondance de certains groupes de copépodes est étroitement liée aux changements annuels dans la température et la circulation de l'eau. Les copépodes boréaux et subarctiques, qui sont généralement plus nutritifs que les copépodes du sud, étaient plus abondants pendant les périodes plus froides comme le début des années 1980, la période de 1999 à 2002 et la période de 2007 à

2009, ce qui a contribué à la survie et à la croissance des jeunes saumons, des morues charbonnières et des oiseaux marins planctivores.

Gestion du climat des océans

Il est essentiel d'assurer une surveillance continue afin de déterminer les réactions et les interactions écologiques en lien avec les changements continus survenant année après année dans le climat des océans, y compris les répercussions sur les espèces commerciales. Ces connaissances faciliteront l'élaboration de plans durables et flexibles pour la gestion des pêches, adaptés aux conditions climatiques changeantes des océans. Le phytoplancton, qui constitue le fondement du réseau trophique océanique, devrait être surveillé de façon constante étant donné son rôle de « sentinelle du changement climatique ». On étudie actuellement des changements qui se sont opérés dans la composition des espèces.

D'un point de vue général, la vulnérabilité des pêches canadiennes au changement climatique est modérée, et la capacité d'adaptation de notre nation est élevée comparativement aux pays moins développés qui, eux, sont plus dépendants des pêches pour des fins de subsistance. Le changement climatique pourrait occasionner la perte de quelques possibilités de pêche et la création d'autres occasions grâce au déplacement des espèces vers le nord des ZEGO. Des questions pourraient être soulevées au sujet de l'attribution des possibilités de pêche entre les collectivités.

Les taux de changement dans la productivité pourraient rendre difficiles l'établissement et la mise en place de taux d'exploitation durables. Par conséquent, des stratégies ayant des objectifs plus prudents pourraient s'avérer nécessaires afin de suivre les changements de productivité et de renforcer la résilience au sein de la population exploitée. L'un des éléments clés de cette résilience est le rétablissement d'une structure diversifiée dans l'âge des espèces dont l'espérance de vie était beaucoup plus longue auparavant et le rétablissement de l'abondance. Ces deux éléments ont des effets stabilisants reconnus sur l'abondance des populations, laquelle, d'une part, contribue à l'amélioration de la prévisibilité interannuelle du rendement et, d'autre part, réduit les risques d'épuisement ou d'extinction découlant de mortalités sporadiques ou d'échecs de recrutement.

Espèces aquatiques envahissantes

Parfois appelées « pollution biologique », les espèces aquatiques envahissantes sont des organismes végétaux, animaux ou aquatiques ou des micro-organismes qui, une fois sortis de leur environnement naturel, supplantent les espèces indigènes. En règle générale, ces « envahisseurs » ont en commun des caractéristiques qui en compliquent le contrôle et le confinement, par exemple des taux de reproduction élevés, un faible



Une cage de pêche à l'huître récupérée en 2011 dans une opération ostréicole du golfe du Saint-Laurent, pleine d'ascidies jaunes (*Ciona intestinalis*). Ces ascidies gélatineuses menacent les espèces indigènes et compromettent les activités des éleveurs d'espèces commerciales.

nombre de prédateurs naturels et une capacité à se développer dans différents milieux.

Les répercussions des espèces envahissantes empirent habituellement au fil du temps à mesure que celles-ci se reproduisent et se répandent, ce qui constitue une menace sérieuse à long terme pour la santé des écosystèmes aquatiques, y compris la biodiversité indigène, les espèces à risque et la durabilité des industries de l'aquaculture et de la pêche. Même si on juge que certaines d'entre elles ne sont pas dommageables et présentent même une certaine valeur commerciale, la grande majorité des espèces aquatiques envahissantes posent un problème d'ordre économique et social.

On recense des centaines d'espèces envahissantes au Canada, certaines d'entre elles provenant d'autres parties du pays, et certaines autres, d'autres régions du monde. La moule zébrée, la lamproie marine et le tunicier font partie des espèces envahissantes les plus connues.

Espèces aquatiques envahissantes dans les océans du Canada

Côte nord du Pacifique

De nombreuses espèces envahissantes ont été signalées le long de la côte canadienne du Pacifique. Les espèces introduites il y a le plus longtemps comprennent la mye (*Mya arenaria*), qui est arrivée en Californie à partir de la côte est de l'Amérique du Nord dans les années 1880 et qui s'est depuis répandue le long de la côte de la Colombie-Britannique, y compris dans l'archipel Haida Gwaii. La palourde japonaise (*Venerupis philippinarum*) a elle aussi proliféré du sud au nord, et les stocks sont suffisamment abondants depuis le début des années 1990 pour soutenir la pêche commerciale à proximité de Bella Bella. La sargasse japonaise (*Sargassum muticum*), une autre espèce non indigène, se trouve maintenant dans les eaux de la Colombie-Britannique, y compris celles de l'archipel Haida Gwaii.

Les autres espèces aquatiques envahissantes présentes sur la côte ouest et dans la ZGICNP comprennent :

- L'huître creuse du Pacifique, qui a été importée du Japon aux fins d'aquaculture au début des années 1910. On la trouve désormais fréquemment dans les eaux du sud de la Colombie-Britannique, mais sa distribution dans cette ZEGO se limite à la baie Desolation, à la baie Quatsino ainsi qu'aux bras Klaskish et Klaskino. De plus, de récentes recherches ont démontré que cette espèce se reproduit dans le bras Skidegate, dans l'archipel Haida Gwaii.
- Le crabe vert (*Carcinus maenas*), une espèce indigène de l'Europe et du nord de l'Afrique, qui est arrivé en Colombie-Britannique à l'état de larve en 1998/1999 et qui s'est depuis répandu sur la côte ouest de l'île de Vancouver, y compris dans le bras Klaskino et la baie Quatsino dans le sud de la ZGICNP.
- Au moins deux espèces d'éponges non indigènes (dans la ZEGO), soit deux espèces d'éponges perforantes (*Cliona sp.* et *Scypha spp.*). Les autres espèces envahissantes subtidales comprennent trois espèces de bryozoaires, plusieurs espèces d'ascidies et la caprelle japonaise (*Caprella mutica*).
- L'aloise savoureuse (*Alosa sapidissima*), un poisson marin non indigène.

D'autres espèces envahissantes vivant dans les eaux juste au sud de la ZGICNP pourraient agrandir leur territoire vers le nord et s'établir dans la ZEGO si les conditions environnementales leur devenaient favorables.

Golfe du Saint-Laurent

Au moins 25 espèces aquatiques envahissantes se sont établies dans le golfe du Saint-Laurent, dont neuf sont arrivées depuis 1994. L'industrie de la mytiliculture dans ce bassin a été sérieusement compromise par plusieurs espèces envahissantes de tuniciers, en plus d'avoir joué un rôle central dans leur prolifération. On a élaboré des stratégies de gestion pour réduire le transport des espèces aquatiques envahissantes lorsque

des stocks de naissains sont transportés d'un plan d'eau à un autre, ou encore lorsque les stocks pêchés sont transportés aux usines de transformation.

Depuis 1998, quatre nouvelles espèces de tuniciers se sont établies dans les eaux de l'Île-du-Prince-Édouard, soit l'ascidie plissée (*Styela clava*), l'ascidie jaune (*Ciona intestinalis*), le botrylloïde violet (*Botrylloides violaceus*) et le botrylle étoilé (*Botryllus schlosseri*). Une espèce envahissante arrivée plus récemment, le crabe vert, peut nuire grandement à toutes les espèces de mollusques présentes sur son territoire et détériorer considérablement des habitats importants.

Plateau néo-écossais

On recense au moins 22 espèces introduites ou envahissantes sur le plateau néo-écossais. Les programmes de surveillance mis en place sont axés sur les tuniciers (botrylloïde violet, botrylle étoilé et ascidie jaune) et le crabe vert.

C'est en 1852 qu'on signale pour la première fois la présence de l'ascidie jaune dans le Canada atlantique, mais la présence de l'espèce sur le plateau néo-écossais n'est consignée dans les ouvrages scientifiques que lorsque des explosions démographiques se produisent le long de la côte sud-est de la Nouvelle-Écosse à la fin des années 1990. On peut trouver l'ascidie jaune dans des endroits à l'abri des intempéries situés le long de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse, mais l'espèce ne s'est pas répandue jusqu'au lac Bras d'or. Le botrylloïde violet et le botrylle étoilé sont des espèces de salissures marines qui s'attachent à des surfaces naturelles ou artificielles comme les coques et les moteurs de bateaux. On trouve le botrylle étoilé dans les eaux du plateau néo-écossais et de la baie de Fundy depuis le début des années 1980, tandis que le botrylloïde violet est arrivé plus récemment; il a été signalé pour la première fois dans le Canada atlantique en 2001, à Lunenburg et dans la baie Mahone.

Les preuves génétiques laissent entendre que deux introductions indépendantes de crabe vert ont été réalisées sur le plateau néo-écossais. C'est en 1817 qu'on a observé l'espèce pour la première fois sur la côte est de l'Amérique du Nord, dans les eaux du Massachusetts. L'hypothèse

la plus plausible serait qu'elle aurait été transportée par des navires en provenance des côtes de l'Europe ou du nord de l'Afrique, dans l'eau de leurs ballasts. L'espèce s'est ensuite répandue le long de la côte de la Nouvelle-Angleterre, avant d'atteindre en 1951 la baie Passamaquoddy, au Nouveau-Brunswick. La première observation consignée du crabe vert sur le plateau néo-écossais a été faite à Wedgeport (Nouvelle-Écosse) en 1954. La dispersion de l'espèce le long de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse semble s'être arrêtée au sud d'Halifax du milieu des années 1960 au milieu des années 1970, ce qui a laissé croire que le crabe vert avait atteint la température la plus basse qu'il pouvait supporter dans les eaux de l'Amérique du Nord. Cependant, à la fin des années 1970, on a signalé la présence de crabes verts à Whitehead, au sud de la baie de Chedabucto, à 600 km au nord de la population connue la plus proche. Ces crabes proviennent probablement d'une seconde introduction, génétiquement distincte, de crabes verts en Amérique du Nord. En 1997, on pouvait trouver des crabes verts tout le long du plateau néo-écossais, aussi loin au nord qu'Ingonish, ainsi que dans les eaux du golfe du Saint-Laurent.

En 2001, des scientifiques ont déterminé que les populations de crabes verts du nord de la Nouvelle-Écosse et du golfe du Saint-Laurent présentaient des génotypes qu'on ne trouvait nulle part ailleurs en Amérique du Nord. Cependant, les populations du sud d'Halifax et de la baie de Fundy présentaient à la fois les génotypes de l'espèce provenant du nord de la Nouvelle-Écosse et de l'espèce introduite initialement aux États-Unis. Les génotypes du nord de la Nouvelle-Écosse correspondent à ceux trouvés dans la partie nord de l'aire d'origine du crabe vert, située en Scandinavie et dans la mer du Nord, et ils semblent supporter les températures froides plus facilement. La prédominance des génotypes nordiques dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse s'est accentuée au fil du temps. Les crabes du génotype nordique, qui sont des fourrageurs beaucoup plus agressifs et efficaces, pourraient supplanter ceux du génotype des États-Unis, du moins dans la partie nord de l'aire de répartition nord-américaine.

En plus des espèces susmentionnées, l'algue marine communément appelée « voleuse d'huître » (*Codium fragile*) a grandement altéré les écosystèmes côtiers du Canada atlantique. On l'a observée pour la première fois en 1989 dans les eaux côtières du plateau néo-écossais, dans la baie Mahone. En 2007, elle s'était établie le long de 445 kilomètres de littoral. Le *Codium* peut supplanter les algues maritimes indigènes, comme le varech, et par conséquent nuire à la dynamique des peuplements d'oursins et de varech de l'écosystème de la côte de l'Atlantique. La prédominance du *Codium* au détriment des peuplements de varech a été facilitée par une autre espèce envahissante, le membranipore (*Membranipora membranacea*).

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez consulter l'exposé thématique (en anglais seulement) intitulé « State of the Scotian Shelf Report, Invasive Species » (rapport sur la situation des espèces envahissantes sur le plateau néo-écossais), à l'adresse suivante : <http://coinalantic.ca/index.php/state-of-coastand-ocean/state-of-the-scotian-shelf/218>.

Baie Placentia et Grands Bancs

À ce jour, on a confirmé la présence de quatre espèces aquatiques envahissantes dans les eaux de la baie Placentia et des Grands Bancs, soit le botrylloïde violet, le botrylle étoilé, le membranipore et le crabe vert.

Le contrôle du crabe vert constitue une priorité dans cette zone. Même si on a signalé la présence de cette espèce dans les Maritimes aussi loin que dans les années 1950, ce n'est qu'en 2007 qu'on l'a observée pour la première fois dans les eaux de North Harbour, dans la baie Placentia (Terre-Neuve-et-Labrador). Son arrivée dans la région est fort probablement attribuable au trafic maritime.

On trouve dorénavant des concentrations extrêmement importantes de crabes verts dans le nord de la baie Placentia, et elles se propagent rapidement à la grandeur de la baie. Des populations se sont également établies dans la baie Saint-Georges, située à l'ouest de l'île. Il est essentiel d'estimer les populations avec précision afin d'établir les niveaux d'intervention appropriés, de fixer les seuils où des répercussions peuvent se manifester et d'évaluer le rendement des efforts de contrôle déployés.

Veuillez consulter le document intitulé « *Évaluation écologique du crabe vert (Carcinus maenas) envahissant à Terre-Neuve entre 2007 et 2009* ».

Plus obtenir de plus amples renseignements sur les espèces envahissantes présentes dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador et la zone de la baie Placentia et des Grands Bancs, veuillez consulter le site suivant : <http://www.nfl.dfo-mpo.gc.ca/eae-ais>.

Répercussions des espèces aquatiques envahissantes

En général, on compte trois grandes catégories de répercussions découlant de l'introduction d'espèces marines : les répercussions sur l'écosystème, les répercussions économiques et les répercussions sur la santé humaine.

Les répercussions sur l'environnement comprennent les effets sur les individus, la génétique, les processus écosystémiques et la dynamique des populations et des communautés. Ces répercussions varient des répercussions localisées aux répercussions régionales à grande échelle, et elles peuvent se manifester seules ou en combinaison pour toute espèce ou tout groupe d'espèces. Dans les écosystèmes côtiers, les espèces envahissantes peuvent compromettre les relations du réseau trophique, réduisant ainsi la productivité des huîtres, des zostères et des autres espèces jouant un rôle de premier plan dans le maintien de la structure des communautés écologiques. Comme les espèces envahissantes perturbent l'écosystème, une infestation peut faciliter l'établissement de nouveaux intrus.

En général, les répercussions économiques des espèces non indigènes peuvent comprendre les coûts associés aux mesures de gestion, aux dommages à l'équipement et aux navires causés par les salissures marines, aux répercussions sur l'esthétique et les activités de plein air, ainsi que les pertes liées aux répercussions sur les ressources de la pêche et de l'aquaculture. Par exemple, la répercussion la plus souvent signalée qui est due à la présence des tuniciers dans le golfe du Saint-Laurent est qu'ils augmentent considérablement le poids des boudins, des installations

mytilicoles et de l'équipement utilisés pour la mytiliculture, ce qui peut étouffer et tuer les moules d'élevage. Dans le Canada atlantique, l'ascidie jaune a causé des problèmes d'encrassement dans les moulières et occasionné des pertes pour l'industrie conchylicole de la Nouvelle-Écosse.

Les espèces aquatiques envahissantes peuvent aussi causer des torts à la santé humaine. À certains endroits, on a trouvé des micro-organismes porteurs de maladies, dont du phytoplancton nocif, dans l'eau de ballasts de navires, qui pourrait être rejetée dans des eaux locales. Les toxines dans ces espèces peuvent devenir suffisamment concentrées dans la chair des mollusques et des crustacés pour causer des torts à la santé humaine.

Les crabes verts sont des géniteurs agressifs, rapides et prolifiques qui peuvent facilement supplanter les espèces de crabes indigènes, et ils n'ont aucun prédateur naturel dans leurs eaux d'adoption. Pratiquement tous les organismes benthiques peuplant les récifs côtiers peuvent être touchés par la prédation ou la compétition de cet envahisseur. Le crabe vert peut également endommager les herbiers de zostère et d'autres habitats importants sur le plan écologique ou biologique puisqu'il creuse pour trouver ses proies ou s'abriter, ce qui peut détériorer l'habitat des stocks de mollusques et de crustacés ainsi que les nurseries des poissons juvéniles.

Dans les secteurs de la baie Placentia et des Grands Bancs où l'on trouve le crabe vert en forte abondance, on a constaté des répercussions majeures sur l'environnement naturel et les espèces commerciales et non commerciales de mollusques et de crustacés. À Terre-Neuve-et-Labrador, comme dans les autres régions, les proies de prédilection du crabe vert sont les mollusques et les crustacés. On sait également que le crabe vert peut s'en prendre aux homards (*Homarus americanus*) juvéniles, voire même aux homards adultes emprisonnés dans les cages de pêche.

Les menaces que pose le crabe vert pour les activités de pêche comprennent notamment la prédation des bivalves, la compétition avec d'autres espèces de décapodes et les dommages à l'industrie de la pêche à l'anguille. Selon des comptes rendus anecdotiques, il semble que l'intensité des répercussions sur le plateau néo-écossais a augmenté au cours des dernières années. Il est à prévoir que cette augmentation



Le crabe vert (*Carcinus maenas*), une espèce indigène de plusieurs régions côtières de l'Europe, est arrivé récemment dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador. Il s'adapte et prolifère rapidement dans son nouvel environnement. On s'inquiète du fait que le crabe vert risque d'endommager l'habitat que constituent les herbiers de zostère. En effet, lorsqu'il fouille les sédiments à la recherche de proies ou qu'il creuse des terriers, le crabe vert coupe les racines des zostères, détruisant cet habitat écologique.
Photo : Pêches et Océans Canada

continuera en raison d'une récente dérive génétique dans la structure des populations de crabes verts. Si les populations du génotype nordique, plus agressif, continuent d'augmenter au sud de la Nouvelle-Écosse, il est probable que les répercussions du crabe vert dans cette zone augmenteront en conséquence.

La récente invasion du crabe vert dans la zone de protection marine du bassin Head, à l'Île-du-Prince-Édouard, fait l'objet d'une enquête afin de déterminer si elle représente une cause du déclin d'un type unique de mousse d'Irlande ne se trouvant nulle part ailleurs dans le monde.

Le piégeage intensif peut être un moyen efficace de réduire l'abondance des crabes verts pour diminuer leurs répercussions sur l'environnement. Cependant, il faudra bien définir pour des environnements précis les seuils des densités de population, les calendriers des mesures d'atténuation et les mesures du succès qui s'appliquent.

Adaptation aux espèces aquatiques envahissantes

Le gouvernement du Canada a adopté des stratégies en vue de protéger l'environnement, l'économie et la société, ainsi que les valeurs environnementales comme la biodiversité et la durabilité, contre les risques associés aux espèces envahissantes. Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez consulter le site suivant :

<http://www.invasivespecies.gc.ca/>

Récifs de coraux et d'éponges d'eau froide

Au Canada, les coraux d'eau froide (aussi appelés coraux des grands fonds) et les éponges d'eau froide peuplent les fonds de l'océan Pacifique, de l'océan Atlantique et de la partie est de l'océan Arctique. On reconnaît de plus en plus ces organismes comme étant des composants importants des écosystèmes benthiques. Ils fournissent la structure de l'habitat complexe dont ont besoin les invertébrés, les poissons et autres organismes des fonds marins. Plus les récifs d'éponges sont complexes, plus les espèces qui les habitent risquent d'être abondantes et diversifiées.

En raison de leur faible taux de croissance, de leur longévité et de leur habitat limité, les coraux et les éponges sont particulièrement vulnérables aux effets nuisibles d'activités comme la pêche, l'exploration et l'exploitation pétrolière et gazière, et la pose de câbles et de pipelines sous-marins (veuillez consulter l'avis scientifique 2010/041 du Secrétariat canadien de consultation scientifique, intitulé « **Occurrence, vulnérabilité à la pêche et fonction écologique des coraux, des éponges et des griffons hydrothermaux dans les eaux canadiennes** »).

L'augmentation de l'acidification des océans causée par le changement climatique constitue elle aussi une menace pour ces organismes.

En raison de leur importance écologique et de leur vulnérabilité, les coraux et les éponges font l'objet d'efforts internationaux de conservation et de protection, et ils constituent des exemples d'écosystèmes marins vulnérables. Pour protéger ces écosystèmes, les pays concernés sont tenus de prendre des mesures de conservation comme le définissent les conventions et les ententes internationales pertinentes, comme la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique et la résolution sur les pêches durables de l'Assemblée générale des Nations Unies.

Pour des renseignements généraux sur les coraux et les éponges, consulter le site **Web du centre d'expertise sur les récifs de coraux et d'éponges**

d'eau froide. De plus, le Ministère a produit trois vidéos sur l'exploration des coraux d'eau froide : **Oasis des profondeurs : les coraux des eaux froides de l'Atlantique canadien** et **Exploration d'un royaume caché**, disponible en ligne. La troisième vidéo, **Regard en profondeur : la conservation des coraux et des éponges au Canada**, sera bientôt elle aussi disponible en ligne.

Baie Placentia et Grands Bancs

Depuis le début des années 2000, des scientifiques étudient les coraux et les éponges de la Région de Terre-Neuve-et-Labrador, y compris des spécimens capturés en tant que prises accessoires de la pêche au chalut, dans le cadre de relevés plurispécifiques et du **Programme des observateurs en mer**, pour lequel des observateurs du secteur privé montent à bord de bateaux de pêche pour faire des comptes rendus de leurs activités. D'autres projets de recherche ont permis d'étudier la biochimie, l'habitat et la géographie des coraux, ainsi que l'importance des coraux des grands fonds pour la structure et la fonction des écosystèmes, notamment leur distribution, leurs relations avec les espèces de poissons et les relations trophiques (réseau trophique) sous-jacentes. Les conclusions de ces recherches peuvent être consultées dans le rapport suivant (en anglais seulement) : **The Ecology of Deep-Sea Corals of Newfoundland and Labrador Waters: Biogeography, Life History, Biogeochemistry and Relation to Fishes** (écologie des coraux des grands fonds des eaux de Terre-Neuve-et-Labrador : biogéographie, cycle biologique, biogéochimie et relations avec les poissons).

En 2009, on a ajouté au programme de recherche des études écologiques et taxonomiques sur les éponges des grands fonds, qui sont désormais reconnues comme des écosystèmes marins vulnérables au même titre que les coraux.

En 2007 et en 2010, on a mené deux expéditions de recherche en eaux profondes pour étudier et documenter la biologie et la géologie du fond de l'océan au talus sud-ouest des Grands Bancs et aux secteurs adjacents à la ZEGO de la baie Placentia et des Grands Bancs (Bonnet Flamand et dôme Orphan). À l'aide de ROPOS (Remotely Operated Platform for Ocean Science), un véhicule sous-marin contrôlé à distance, les scientifiques ont pu mener des études sur les écosystèmes en eaux

profondes qui appuient les coraux, y compris la première étude sur un mont sous-marin dans la région.

Les chercheurs ont analysé les concentrations de taxons (groupes) de coraux et d'éponges dans la biorégion des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador, qui englobe la zone de la baie Placentia et des Grands Bancs, en appliquant une méthode mise au point par l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest. La base de données sur les coraux créée pour cette biorégion comporte 38 taxons de corail, parmi lesquels :

- 61 % sont des coraux mous de la famille *Nephtheidae*;
- 18 % sont des pennatules;
- 9 % sont des grandes gorgones (*Paragorgia*, *Primnoa*, *Keratoisis* et autres);
- 7,4 % sont des petites gorgones (*Acanella* et *Anthothela*);
- 0,01 % sont des coraux noirs (antipathaires);
- 0,04 % sont des petits madréporaires (coraux durs solitaires).

Les plus grosses prises de petites gorgones se sont faites dans les plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador, à deux emplacements « importants » sur le talus des Grands Bancs. On a également observé d'importantes concentrations de grandes gorgones dans la ZEGO, le long des marges continentales.

Même si les relations entre les coraux des grands fonds et les poissons de fond n'ont pas été étudiées de façon approfondie dans l'Atlantique Nord-Ouest, les recherches indiquent :

- qu'il existe des corrélations, d'abord entre la biomasse de coraux et la biodiversité des poissons, et ensuite entre la diversité des coraux et celle des poissons;
- que les coraux mous, les pennatules et les petites gorgones sont importants pour les poissons et les invertébrés de la région.

Plateau néo-écossais

En 1998, Pêches et Océans Canada a commencé à collaborer avec différents partenaires (universités, organisations non gouvernementales et intervenants de l'industrie) en vue de recueillir des données sur les coraux de la région du plateau néo-écossais. En 2000, le Ministère a lancé un programme complet de recherche sur les coraux qui prévoyait quatre relevés de recherche sur le plateau néo-écossais, afin de documenter la distribution, l'abondance, la condition et les habitats préférés des coraux et des espèces associées. Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez consulter la page Web du Ministère intitulée « **Recherche sur les coraux d'eau froide dans la Région des Maritimes** ».

À ce jour, on recense cinq grands ordres de coraux sur le plateau néo-écossais, à savoir les coraux mous (*Alcyonacea*), les coraux noirs (*Antipatharia*), les coraux branchus (*Gorgonacea*), les pennatules (*Pennatulacea*), et les madrépores (*Scleractinia*). On trouve également des éponges sur le plateau, mais leur biomasse totale est relativement faible. Dans la région, les fonds marins dominés par les éponges sont pour la plupart composés d'une ou de deux grandes espèces formant la structure du plancher océanique et de nombreuses espèces plus petites et plus abondantes. De plus, on a recensé des populations uniques d'éponges siliceuses *Vazella pourtalesi* (grandes éponges en forme de tonneau) à proximité du bassin d'Émeraude et du banc Sambro, ainsi que dans certaines zones du chenal Nord-Est.

Sur le plateau néo-écossais, les coraux et les éponges des grands fonds forment des structures complexes qui :

- procurent des abris à de nombreuses espèces;
- appuient une plus grande diversité de poissons et d'invertébrés que la majorité des autres habitats benthiques;
- fournissent des habitats à de nombreuses espèces marines à des étapes importantes de leur croissance;
- servent de source de nourriture pour d'autres espèces d'invertébrés.

Côte nord du Pacifique

Plus de 80 espèces de coraux d'eau froide et quelque 250 espèces d'éponges vivent dans les eaux du littoral de la Colombie-Britannique. La ZGICNP abrite bon nombre de ces espèces, y compris l'éponge hexactinellide (siliceuse), une espèce rare qui forme des récifs. Certaines colonies de coraux peuvent avoir plus de cent ans, alors que certaines communautés d'éponges peuvent s'être développées sur une période de plusieurs millénaires. Par exemple, dans le détroit d'Hecate et le détroit de la Reine-Charlotte (dans la ZEGO), on trouve des récifs d'éponges d'environ 9 000 ans dans des chenaux que les icebergs ont taillés il y a longtemps.

Ces organismes, qui habitent les eaux côtières peu profondes aussi bien que les eaux extracôtières profondes, assurent de nombreuses fonctions écosystémiques qui ne sont pas encore pleinement comprises. Les coraux et les éponges d'eau froide abritent des communautés distinctes de poissons et d'autres espèces, alors que les récifs d'éponges fournissent un important habitat de frai pour les scorpènes juvéniles.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur les coraux et les éponges de la côte nord du Pacifique, veuillez consulter le rapport du Secrétariat canadien de consultation scientifique intitulé « **Répartition des coraux, éponges et récifs d'éponges d'eaux froides en Colombie-Britannique avec options aux fins de repérage des rencontres importantes** ».

Répercussions associées aux coraux et aux éponges d'eau froide

Les coraux et les éponges sont vulnérables à la perturbation anthropique en raison de leur faible taux de croissance et de leur sensibilité aux changements physiques et chimiques. Il faut prendre des mesures de protection adéquates pour prévenir la perte de ces espèces importantes sur le plan écologique et de l'habitat précieux qu'ils fournissent aux autres organismes marins.

Sur le plateau néo-écossais, par exemple, les preuves de répercussions de la pêche sur les coraux comprennent : la présence de coraux vivants

brisés, de coraux inclinés et de squelettes de coraux épars; des traces laissées par l'équipement de pêche dans les récifs de coraux; la présence de lignes de fond perdues, emmêlées dans les coraux. D'autres types d'équipement de pêche peuvent également perturber et endommager l'habitat benthique et s'emmêler à des éléments du fond marin, comme les coraux, et les briser.

L'augmentation de l'acidification des océans pose une menace pour les organismes qui produisent des carapaces ou des structures composées de calcium ou d'aragonite, comme les coraux, les ptéropodes, les mollusques et les crustacés.

Gestion de la conservation des coraux et des éponges d'eau froide

En 2008, Pêches et Océans Canada a créé le **Centre d'expertise sur les récifs de coraux et d'éponges d'eau froide**, qui se trouve au Centre des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest du Ministère, à St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador). Le Centre aide à coordonner les efforts de conservation déployés par le gouvernement du Canada pour les coraux et les éponges, notamment en :

- fournissant des conseils stratégiques à la haute direction;
- appuyant les efforts régionaux, nationaux et internationaux pour la conservation des coraux et des éponges;
- élaborant des outils visant à améliorer la conservation des coraux et des éponges au Canada.

Pour être en mesure de réaliser son mandat, le Centre a établi un réseau solide au sein de Pêches et Océans Canada, de Parcs Canada et de Ressources naturelles Canada. Pour obtenir de plus amples renseignements, consulter le **Rapport de situation sur la conservation du corail et des éponges au Canada**.

Le Ministère a mené en mars 2010 un processus national de consultation scientifique en vue d'examiner les données disponibles et de fournir des conseils scientifiques sur la distribution, la vulnérabilité à la pêche et la fonction écologique des coraux, des éponges et des griffons hydrothermaux habitant les eaux canadiennes. Une autre réunion de consultation scientifique nationale menée en mars 2011 a permis de fournir des conseils sur l'élaboration d'un protocole régissant le traitement des coraux et des éponges dans les eaux canadiennes. Ces conseils ont été consignés dans un avis scientifique pouvant être consulté sur le site **Web du Secrétariat canadien de consultation scientifique**.

Baie Placentia et Grands Bancs

Les coraux et les éponges constituent l'une des quatre priorités de conservation de la zone de la baie Placentia et des Grands Bancs. On a ciblé des secteurs prioritaires pour la recherche sur les éponges des grands fonds en se fondant sur les zones de la Région présentant une grande biodiversité et une grande abondance. On applique actuellement des mesures de gestion pour assurer la protection de ces secteurs. On travaille également à accroître l'expertise régionale en matière d'identification des éponges et à en apprendre davantage sur leur biologie et leur écologie.

À ce jour, plusieurs secteurs protégés à proximité de la Région, dont certains se trouvent dans la zone de la baie Placentia et des Grands Bancs, sont fermés à la pêche en raison de la présence de coraux et d'éponges. Ces fermetures prévoient :

- une interdiction provisoire de pêcher au chalut dans des profondeurs de 800 à 2 000 mètres à l'intérieur de la division 30 de l'OPANO, et ce, jusqu'en 2014;
- l'imposition de restrictions à toute activité de pêche de fond, en vigueur du 1^{er} janvier 2010 jusqu'en décembre 2014, dans les secteurs fermés par l'OPANO dans la Queue des Grands Bancs (division 3N), le Bonnet Flamand/Canyon de l'est (division 3LN) et l'Éperon de Sackville (division 3LM). Une petite portion de la division 3LM se trouve dans les limites de la ZEGO. Les frontières de ces secteurs fermés, qui ont été délimitées par l'OPANO, se trouvent dans les mesures de conservation et de mise en application de l'OPANO (www.nafo.int).

Le Ministère élabore actuellement une stratégie de conservation pour le corail de Terre-Neuve-et-Labrador et de l'est de l'Arctique. Cette stratégie nécessitera la participation de la Région de Terre-Neuve-et-Labrador et de la Région du Centre et de l'Arctique.

Plateau néo-écossais

Les mesures de conservation prévues pour le plateau néo-écossais comprennent l'établissement de zones de protection marine et de zones de conservation du corail pour protéger l'habitat, les espèces importantes sur le plan écologique et les espèces à risque. Par exemple, on impose toute l'année des restrictions à la pêche de fond dans la zone de conservation du corail du chenal Nord-Est et la zone de conservation du corail *Lophelia*.

Le Ministère a également établi le **Plan de conservation du corail de la Région des Maritimes**, qui résume les efforts de conservation déployés jusqu'à maintenant, recense les problèmes sur lesquels il faut se pencher et établit l'ordre de priorité des activités qu'on prévoit réaliser pour assurer la conservation du corail.

Côte nord du Pacifique

Afin de protéger les espèces rares et fragiles de l'écosystème marin de la côte ouest du Canada, le Ministère a établi le **Plan de conservation pour les coraux et les éponges d'eau froide de la Région du Pacifique**, un document qui :

- décrit l'état actuel des connaissances sur les coraux et les éponges d'eau froide du Pacifique;
- décrit la biologie des coraux et des éponges d'eau froide;
- répertorie les objectifs de conservation, de gestion et de recherche, les stratégies et les mesures connexes, ainsi que les lacunes en matière d'information;
- traite des conséquences socio-économiques et des répercussions quant aux mesures de conservation des coraux et des éponges d'eau froide;
- précise les outils de gestion pouvant faciliter la conservation des coraux et des éponges d'eau froide.



1.



2.



4.



3.

Coraux d'eau froide du Canada atlantique. Photos : 1. Nombreuses espèces différentes de coraux dans un « jardin de coraux » trouvé dans les eaux profondes du long des talus continentaux juste au sud de la zone de conservation Lophelia de Stone Fence; 2. Corail de l'espèce *Primnoa resedaeformis* poussant sur le flanc d'une falaise dans la zone de protection marine du Gully de l'île de Sable. Cette espèce, dont la croissance est très lente, peut vivre jusqu'à 800 ans. 3. Madréporeaire solitaire (*Javania cailletii*), au large des côtes de la Nouvelle-Écosse; 4. Spécimen spectaculaire de corail mou de type pennatule (*Pennatulacea*), appelé « sea pen » en anglais en raison de sa ressemblance avec les plumes d'oie traditionnelles, photographié dans la zone de protection marine du Gully de l'île de Sable.



Bien que John Ford, un expert en cétacés de Pêches et Océans Canada, ait passé de nombreuses heures à observer les baleines, la vue d'un saut de rorqual à bosse l'émerveille toujours. Ce rorqual à bosse a été photographié au large de la côte pacifique du Canada. On trouve également des rorquals à bosse sur la côte atlantique du Canada et dans le golfe du Saint-Laurent. Photo : John Ford, Pêches et Océans Canada.