



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2019/043

Régions de Terre-Neuve-et-Labrador, du Pacifique, des Maritimes, et du Centre et Arctique

Intégration des considérations relatives aux changements climatiques, océanographiques et écologiques dans les évaluations des populations: examen du processus de consultation scientifique de Pêches et Océans Canada

Pierre Pepin¹, Jacquelyne King², Carrie Holt², Helen Gurney-Smith³, Nancy Shackell⁴, Kevin Hedges⁵, Alida Bundy⁴

¹ Centre des Pêches de l'Atlantique nord-ouest
Pêches et Océans Canada
80 White Hills Road
St. John's, NL A1C 5X1

² Station de Biologie du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190 Hammond Bay Road
Nanaimo, BC, V9T 6N7

³ Station Biologique de St. Andrews
Pêches et Océans Canada
531 Brandy Cove Road
Saint Andrews, NB E5B 2L9

⁴ Institut Océanographique de Bedford
Pêches et Océans Canada
1 Challenger Drive
Dartmouth, NS B2Y 4A2

⁵ Institut des Eaux Douces
Pêches et Océans Canada
501 University Crescent
Winnipeg, MB R3T 2N6

Avant-propos

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

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

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



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Pepin, P., King, J. Holt, C., Gurney-Smith, H., Shackell, N., Hedges, K., et Bundy, A. 2020. Intégration des considérations relatives aux changements climatiques, océanographiques et écologiques dans les évaluations des populations: examen du processus de consultation scientifique de Pêches et Océans Canada. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/043. v + 76 p.

Also available in English :

Pepin, P., King, J. Holt, C., Gurney-Smith, H., Shackell, N., Hedges, K., and Bundy, A. 2020. Incorporating climate, oceanographic and ecological change considerations into population assessments: A review of Fisheries and Oceans Canada's science advisory process. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/043. iv + 66 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	v
INTRODUCTION	1
MÉTHODES: INVENTAIRE DES INFORMATIONS CLIMATIQUES, OCÉANOGRAPHIQUES ET ÉCOLOGIQUES UTILISÉES DANS LES ÉVALUATIONS DES STOCKS DE PÊCHE	5
ÉVALUATION CANADIENNE	5
PERSPECTIVE GLOBALE	7
RÉSULTATS - ÉVALUATIONS CANADIENNES	8
APERÇU GÉNÉRAL	8
Q1 - HYPOTHESES CONCEPTUELLES	10
Q2 – ANALYSES QUANTITATIVES	13
Q3 - INTERPRETATION QUALITATIVE	21
Q4 - RECOMMANDATIONS ET CONSEILS.....	24
Approches pour inclure les variables environnementales dans les avis.....	26
RÉSULTATS - PERSPECTIVE MONDIALE	28
ÉVALUATIONS DE STOCK.....	28
États-Unis (USA).....	28
Australie	31
Conseil International pour l'Exploration de la Mer.....	31
Stocks internationaux	32
Compte rendu	33
STRATÉGIES NATIONALES ET RÉGIONALES DE PRISE EN COMPTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET D'ADAPTATION DANS LA GESTION DES PÊCHES	33
États-Unis (USA).....	33
Australie	34
Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM).....	35
Afrique du Sud	36
Stocks internationaux	36
Résumé des éléments communs	37
DISCUSSION.....	37
POINTS SAILLANTS DES RÉSULTATS	38
MÉTRIQUES.....	41
APPROCHES	43
PERSPECTIVE POUR L'AVENIR.....	47
Statu quo - Développer l'approche nationale en utilisant les ressources actuelles.....	50
Approche provisoire de l'EBFM – Développer l'approche nationale en utilisant des ressources supplémentaires.....	51
Approche intégrée EBFM	51
RECOMMANDATIONS.....	52
REMERCIEMENTS	55
RÉFÉRENCES CITÉES.....	55

ANNEXES.....	64
--------------	----

RÉSUMÉ

Nous évaluons l'utilisation des considérations climatiques, océanographiques et écologiques dans le processus de consultation scientifique sur l'évaluation des stocks de Pêches et Océans Canada. Notre évaluation repose sur la plus récente évaluation de la population pour 178 stocks dans lesquels les scientifiques du gouvernement canadien jouent un rôle de premier plan. Les évaluations ont été menées principalement dans le cadre du processus d'examen par les pairs géré par le Secrétariat canadien de consultation scientifique, mais d'autres sources comprennent les évaluations techniques régionales évaluées par des pairs et les stocks transfrontaliers. Nous avons évalué si les informations climatiques, océanographiques et écologiques étaient considérées en termes d'hypothèses ou de considérations à grande échelle, par le biais d'analyses quantitatives ou qualitatives et si les informations servaient à éclairer les recommandations concernant l'état actuel ou futur des stocks. Des hypothèses ou des considérations à grande échelle sont apparues dans 46% des évaluations; des inclusions quantitatives ont été observées dans 21% des évaluations, tandis que des interprétations qualitatives sont apparues dans 31% des évaluations; et 27% des évaluations incluaient des considérations climatiques, océanographiques et écologiques dans les avis. Les évaluations des salmonidés, des invertébrés et des taxons pélagiques étaient plus susceptibles d'utiliser les données climatiques, océanographiques et écologiques que les poissons de fond et les élaémobranches. L'influence des facteurs océanographiques et des interactions écologiques a été considérée plus souvent que les effets des variables climatiques, bien que ces dernières aient une importance particulière dans les régions du Pacifique et de l'Arctique. Une évaluation d'études de cas d'autres pays révèle que l'application des connaissances environnementales aux évaluations des stocks repose souvent sur des initiatives solides portant sur la recherche fondamentale dans la dynamique des écosystèmes. Bien que le processus d'évaluation des stocks du MPO semble utiliser davantage les connaissances environnementales que la plupart des autres administrations, la plupart des évaluations ne tiennent pas compte des facteurs environnementaux. Nos constatations mettent en évidence une lacune dans notre capacité à réagir au changement climatique en fonction des avis scientifiques fournis dans les évaluations des stocks. Nous fournissons plusieurs recommandations pour répondre aux défis du MPO en ce qui concerne l'adoption d'une approche cohérente à l'échelle nationale et fondée sur les écosystèmes pour gérer les changements climatiques, océanographiques et écologiques dans les trois océans du Canada.

INTRODUCTION

En examinant les risques du changement climatique (CC) pour les programmes et les secteurs de Pêches et Océans Canada (MPO) dans le cadre du Programme de services d'adaptation aux changements climatiques aquatiques (PACSAP), les évaluations d'experts (MPO 2013a, b, c, d) ont conclu il existe une forte probabilité d'impacts significatifs sur les ressources aquatiques vivantes dans tous les principaux bassins aquatiques (Arctique, Eau douce, Atlantique, Pacifique). Le calendrier et la nature des impacts du changement climatique varient considérablement d'une région à l'autre, mais en général, les changements globaux devraient s'accroître avec le temps et se manifesteront probablement vers le milieu du siècle (2050-2060). Bien qu'il existe des preuves d'impacts liés au climat dans toutes les régions, le bassin arctique a déjà connu les changements les plus importants dans les caractéristiques environnementales physiques et biologiques et les impacts sur les ressources aquatiques vivantes sont bien documentés (MPO 2013a, b, c, d).

Les impacts du changement climatique apparaissent d'abord dans les caractéristiques physiques de l'environnement et incluent (sans s'y limiter); régimes thermiques, variations des cycles saisonniers, changements du cycle et des conditions de l'eau douce, changements des conditions météorologiques et du forçage du vent pouvant affecter les cycles hydrologiques et les régimes de circulation, augmentation du CO₂ et diminution des concentrations d'O₂ et altérations de la disponibilité de l'habitat. Il existe des effets en cascade sur les processus physiologiques (croissance, comportement, mortalité), les caractéristiques du cycle trophique inférieur, les prédateurs supérieurs, les populations, les interactions avec le réseau alimentaire, la composition des espèces à tous les niveaux trophiques et écosystèmes (Poloczanska *et al.* 2013; Gattuso *et al.* 2015). La réponse aux impacts du changement climatique a été identifiée à travers les niveaux trophiques dans le cadre de l'évaluation des risques ACCASP (Shackell *et al.* 2013; Shackell *et al.* 2014; Stortini *et al.* 2015; Hunter et Wade 2015) mais la nature de ces impacts variera probablement considérablement parmi les taxons, avec certains taxons profitant (par exemple, par extension de la gamme, amélioration de la performance physiologique), tandis que d'autres peuvent connaître des conditions environnementales plus sévères (par exemple, limite létale thermique, concurrence de nouveaux taxons, changements dans la disponibilité de l'habitat, changements dans les ensembles des proies etc.). Les examens de l'évaluation des risques du MPO ont mis en évidence des différences importantes dans la nature des changements environnementaux projetés dans les différentes biorégions (MPO 2013a, b, c, d), mais ont souligné l'importance d'identifier des approches communes pour évaluer les conséquences des changements climatiques sur les ressources aquatiques vivantes (Shackell *et al.* 2014, Hunter et Wade 2015).

Il est essentiel de prendre en compte la nature du changement climatique par rapport à la variabilité naturelle sous-jacente des systèmes lors de l'évaluation des impacts potentiels sur les organismes aquatiques. Les changements climatiques entraîneront principalement un changement directionnel des conditions de base, qui dans certaines parties des milieux aquatiques du Canada pourrait être considérablement plus faible que la variabilité sous-jacente des variables océanographiques (température, salinité, etc.). Cependant, ces changements peuvent néanmoins entraîner des conditions environnementales dépassant régulièrement les maxima / minima rencontrés précédemment dans chaque région (par exemple acidification, formation de glace et retrait, température d'été). En plus de modifier les extrêmes, le changement climatique entraînera probablement des changements substantiels dans les cycles environnementaux saisonniers (réchauffement / refroidissement saisonniers, sources et débits hydrologiques) pouvant avoir des impacts différentiels importants parmi les taxons dans un écosystème puisque ce ne sont pas toutes les espèces qui peuvent s'adapter à la chronologie

des événements du cycle de vie pour correspondre aux conditions saisonnières modifiées, et la probabilité d'événements extrêmes peut augmenter (Herring *et al.*, 2018). En raison de la complexité des modifications de l'environnement résultant des changements climatiques, il n'a pas été possible d'élaborer des prévisions précises de leurs conséquences sur la productivité des écosystèmes ou des populations lors des plus récentes évaluations des risques du MPO (MPO 2013a, b, c, d). Les lacunes dans les connaissances, en particulier les réponses fonctionnelles sous-jacentes des organismes aux changements des conditions environnementales (physiques et biogéochimiques) ainsi que la compréhension des causes des tendances historiques, constituaient les principales limites de l'élaboration de prévisions quantitatives détaillées (MPO 2013a, b, c, d). Néanmoins, les évaluations qualitatives des impacts attendus du changement climatique sur la plupart des niveaux trophiques étaient très fiables, en grande partie grâce à l'intégration des connaissances issues de la littérature scientifique.

La plupart des processus d'évaluation par les pairs supervisés par le Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) visent à fournir des recommandations aux décideurs sur les conséquences des mesures de gestion et une évaluation de l'incertitude concernant les prévisions des états futurs activités humaines (p.ex. récoltes). Les principaux produits des processus consultatifs du MPO sont: [1] des évaluations de la population d'une seule espèce, y compris des espèces en péril; [2] évaluation du potentiel de production halieutique de l'impact des activités humaines; et [3] rapports sur l'état de l'écosystème. Duplisea *et al.* (2018) fournissent un examen complet des divers aspects des processus consultatifs du MPO et de la manière dont les changements climatiques contribuent à leurs objectifs. La prévision du statut futur, l'évaluation de la capacité d'une population à se remettre des perturbations et l'évaluation du risque de dépassement des seuils critiques sont trois éléments communs des processus de conseil, qui ont des besoins en données différents. Le changement climatique et la variabilité environnementale peuvent agir différemment sur chaque cible consultative, ainsi que sur les composants de l'écosystème avec lesquels ils interagissent. Notre capacité à détecter ou à évaluer les impacts du changement climatique dépend de la force de ces facteurs par rapport à celle d'autres facteurs. Les prévisions démographiques visent à aider les gestionnaires à planifier et à prendre des décisions. Le développement durable devrait reposer sur des considérations environnementales, écologiques, économiques, sociales, de production alimentaire et de gestion (Gaichas *et al.* 2017) qui intègrent efficacement les préoccupations à long terme et à court terme (Comité sénatorial de l'environnement et des communications, 2017). Cependant, les décisions en matière de gouvernance et de commerce peuvent également avoir des conséquences importantes pour déterminer les effets du changement climatique sur les populations (Mullon *et al.* 2016).

La capacité du MPO à fournir des conseils dépend de la disponibilité de l'information provenant d'un large éventail de sources, notamment les données océanographiques, les relevés indépendants des pêcheries, les données de capture, l'effort de pêche, les données démographiques, les données âge – longueur – poids - croissance, mouvement (p. ex. émigration / immigration, la connectivité), taux de mortalité et connaissance ou compréhension de la relation entre la dynamique des taxons cibles et les caractéristiques de l'écosystème en interaction (p. ex. dynamique trophique, changements dans les modes d'exploitation et les pressions). La disponibilité et la qualité des données diffèrent considérablement entre les taxons, les stocks et les régions, ce qui se traduit par l'application d'une grande variété d'approches, avec des degrés de précision et d'incertitude différents dans les évaluations des états de population. Ils diffèrent également dans leur utilisation des variables environnementales pour expliquer les changements passés et anticipés dans la dynamique des stocks. Maintenant que le Canada a déclaré avoir adopté une approche écosystémique (contrairement à une seule espèce) en matière de gestion des pêches, [les défis](#) sont

considérables. Dans cette approche, les scientifiques travaillant sur les évaluations des stocks doivent maintenant examiner de nombreux problèmes politiques qui se chevauchent, traduire des objectifs généraux en objectifs mesurables, puis effectuer les calculs nécessaires pour suggérer des stratégies de récolte acceptables dans un cadre écologique.

Les évaluations de stock d'une seule espèce représentent l'une des principales activités des scientifiques du MPO et reposent sur des approches à la fois quantitatives et qualitatives. Fondamentalement, l'évaluation des stocks a pour but d'évaluer l'état d'une population et d'évaluer la durabilité des différentes stratégies de récolte (impact) à partir d'observations passées, de projeter les schémas de changement probables sur des échelles de temps relativement courtes (1 à 5 ans); quantifier l'incertitude et les risques associés à ces changements. Les principes de base sont les suivants: les stratégies de récolte futures devraient laisser suffisamment de poissons dans la population, compte tenu des pertes subies par la pêche et les processus écosystémiques naturels, afin de maintenir un niveau de productivité sain pour le stock. Pour de nombreux stocks, des repères importants permettent d'identifier un niveau de biomasse (ou d'abondance de la population) en dessous desquels la productivité peut être affectée, ou une mortalité maximale admissible pour les pêcheries. La capacité du MPO à entreprendre des évaluations des stocks dépend de la disponibilité et de la qualité des données, ce qui se traduit par l'utilisation de nombreuses méthodes différentes pour fournir des conseils. Dans le cas de stocks riches en données, des modèles de population détaillés (p. ex. état-espace, analyse de population virtuelle, etc.) peuvent servir à estimer les changements dans la répartition par âge / taille, évaluer les changements des taux de mortalité et leurs causes, évaluer l'impact de la récolte, et projeter des attentes à court terme concernant l'état de la population. Des évaluations de complexité intermédiaire ont lieu lorsque la disponibilité des données fournit des estimations indépendantes des états et des tendances des populations et que le niveau de connaissances biologiques détaillées pourrait permettre l'élaboration de modèles de population partiels ou avancés, mais que les problèmes des connaissances, de la capacité et de la qualité empêchent l'application de telles méthodes. Au bas de l'échelle, les stocks de données pauvres ont des sources d'information très limitées, ce qui rend difficile de comprendre les changements de productivité, les états futurs du projet ou d'évaluer les impacts potentiels des scénarios de récolte.

L'impact direct de la pêche, en tant que source importante de mortalité due à l'élimination des individus d'un stock, est généralement considéré comme le facteur anthropique dominant, bien que les effets secondaires de la sélection génétique ou phénotypique puissent altérer le potentiel de production d'une population à long terme (Edeline *et al.* 2007, Andersen et Brander 2009, Garcia *et al.* 2012, Laugen *et al.* 2014). La capacité des scientifiques d'incorporer des informations sur le changement climatique ou l'environnement dans le processus de conseil repose sur la recherche fondamentale menée par des scientifiques du MPO et des chercheurs d'autres institutions ou pays. Pour que l'information environnementale soit effectivement incluse dans un processus consultatif, nous devons avoir une certaine confiance dans notre connaissance de la façon dont les facteurs environnementaux affectent les changements dans l'état d'une ou de plusieurs caractéristiques de la biologie des taxons et des mécanismes impliqués (Edwards *et al.* 2017). Les conditions environnementales peuvent agir directement sur les paramètres du cycle de vie (p. ex. croissance, condition, mortalité, maturation, allocation d'énergie, etc.), influencer la capacité de quantifier l'abondance par n'importe quelle mesure (p. ex. capturabilité, calendrier de migration, etc.) les échelles sur lesquelles l'effet se produit (par exemple, événements / conditions de survie avant la recrue, saison de croissance, pluriannuel). Les facteurs environnementaux, aux fins de cet examen, peuvent être classés en trois grandes catégories;

-
1. Les facteurs climatiques (C) caractérisent les variations et les tendances à long terme (pluriannuelles) des processus atmosphériques régionaux ou à grande échelle ou les facteurs de propriétés physiques à grande échelle souvent associés à d'importantes modifications des caractéristiques de l'écosystème (p. ex. production primaire, structure communautaire, changements de répartition);
 2. Facteurs océanographiques (O) qui peuvent être fortement associés à la variabilité climatique, en raison des points communs dans les attributs physiques qui changent avec le temps, mais qui incluent également souvent des éléments de variabilité à court terme et / ou régionale l'environnement. Ces variables peuvent refléter les effets cumulatifs des variations des conditions météorologiques ou des écarts par rapport au cycle saisonnier moyen qui peuvent avoir des impacts sur un stock directement ou via des effets en cascade à travers la chaîne alimentaire;
 3. Les facteurs écologiques (E), qui peuvent inclure un large éventail de caractéristiques de l'écosystème, consistent en des interactions trophiques et des exigences ou associations d'habitat aux fins de cet examen. Les facteurs écologiques démontrent souvent des caractéristiques de séries chronologiques similaires aux variables océanographiques, en ce sens que les fluctuations suivent des schémas de changement périodiques, mais qu'il peut y avoir des changements importants ou brusques à court terme résultant de perturbations pour une ou plusieurs composantes de l'écosystème.

Les changements dans les écosystèmes sont souvent liés au changement de l'état des océans, que ce soit en raison de changements à court ou à long terme des propriétés physiques et / ou biogéochimiques. Étant donné que le lien entre le changement climatique et la variabilité de la dynamique des populations de poissons dépend des facteurs océanographiques et / ou écologiques, toute évaluation de l'incorporation des informations climatiques dans les évaluations de stock d'une seule espèce ne pourrait pas être menée effectivement sans considérer les trois catégories de variables climatiques, océanographiques et écologiques.

De nombreuses relations empiriques entre les conditions environnementales et la réponse des organismes ou des populations peuvent limiter notre capacité à prévoir ou à extrapoler au-delà de la gamme des conditions connues, car l'erreur de mesure est une source importante d'incertitude et plusieurs facteurs environnementaux (corrélés) caractéristiques pouvant contribuer aux résultats analytiques. En outre, de nombreuses prévisions sur l'état de la population basées sur les conditions environnementales se sont révélées inexactes (Myers 1998, King *et al.* 2015, Hilborn 2016, Szuwalski et Hollowed 2016, Essington *et al.* 2017) en raison de l'hypothèse sous-jacente de la stationnarité des écosystèmes lorsque les interactions trophiques clés ou les modifications de l'importance relative des autres composantes du système sont modifiées. En raison de l'incertitude ou de l'incompréhension des facteurs importants de changement dans les écosystèmes aquatiques ou parce que la force relative des changements environnementaux est inférieure à celle d'autres facteurs (taux de récolte, par exemple), différer considérablement entre les taxons, les stocks, les régions ou les processus d'évaluation par les pairs, mais l'ampleur de ces différences est actuellement inconnue. À ce jour, les connaissances du MPO sur l'évaluation intégrée de l'utilisation des connaissances environnementales dans notre compréhension des changements dans l'abondance des ressources aquatiques vivantes sont limitées. Par conséquent, le but de cet examen est de fournir une évaluation des évaluations des stocks de poissons canadiens effectuées par le MPO afin de déterminer l'état d'application des paramètres environnementaux dans les modèles, les évaluations ou les conseils de gestion et de autres programmes de conseil. Nous visons à décrire les points dans les processus d'évaluation auxquels l'information est appliquée et comment une perspective climatique a été utilisée pour formuler des recommandations tactiques et stratégiques. L'objectif général est de présenter des conseils aux gestionnaires des

ressources sur la diversité des approches par lesquelles les effets du changement climatique ont été incorporés dans les évaluations et un ensemble de paramètres pouvant être utilisés dans les évaluations des stocks pour renforcer le processus consultatif.

Le processus d'avis scientifique du SCCS est principalement mené par des scientifiques du MPO, avec la contribution d'experts externes (universitaires, organisations non gouvernementales (ONG) et industrie, par exemple) axés principalement sur des analyses quantitatives ou qualitatives de données physiques, biologiques et écologiques pertinentes. Bien que les parties prenantes puissent participer aux évaluations scientifiques et à la définition de l'évaluation du cadre, les considérations socioéconomiques et autres facteurs pris en compte (ou non) dans le processus décisionnel final concernant les taux d'exploitation ou les allocations le processus d'examen du SCCS et n'ont pas été évalués dans cette revue.

MÉTHODES: INVENTAIRE DES INFORMATIONS CLIMATIQUES, OCÉANOGRAPHIQUES ET ÉCOLOGIQUES UTILISÉES DANS LES ÉVALUATIONS DES STOCKS DE PÊCHE

ÉVALUATION CANADIENNE

Notre examen avait pour but de déterminer comment les renseignements sur le climat, l'océanographie et / ou l'écologie étaient inclus dans l'évaluation des stocks de poissons canadiens réalisée par le MPO. Les régions du MPO responsables de l'évaluation des stocks sont Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.), le Québec (Q), le Golfe (G), les Maritimes (M), le Centre et Arctique (CA) et le Pacifique (P). En plus des évaluations des stocks produites par le MPO, nous avons examiné les évaluations des stocks pour les stocks transfrontaliers internationaux et bilatéraux pour lesquels le MPO fournit un soutien scientifique. Nous avons examiné [les documents de recherche, les avis scientifiques, les réponses des Sciences et de comptes rendus du SCCS](#). Les avis d'évaluation de stock fournis pour certains stocks de saumon du Pacifique (*Oncorhynchus* spp.) dans la région du Pacifique font souvent exception à cette règle. Pour le saumon du Pacifique, l'examen n'était pas complet, car il existe de nombreuses évaluations peu diffusées et non accessibles au public. En effectuant cet examen, nous reconnaissons que même s'il n'est pas complètement exhaustif (il existe des espèces / stocks récoltés qui ne sont que rarement évalués ou évalués), il capture la grande majorité des espèces pour lesquelles des avis scientifiques du MPO sont fournis.

Pour chaque évaluation de stock, nous avons utilisé le document publié le plus récemment sur lequel reposaient les conseils actuels ou le cadre de fourniture de conseils. Les dates de publication variaient donc entre 2000 et 2017, bien que la majorité des documents aient été publiés après 2009 (environ 88%). Les évaluations des stocks incluses dans notre évaluation sont énumérées à l'annexe A.

Le MPO est également responsable des « évaluations du potentiel de rétablissement » (EPR) des espèces désignées comme « menacées » ou « en voie de disparition » par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Les EPR suivent un protocole standard (p. ex. [Protocole révisé pour l'exécution des évaluations du potentiel de rétablissement](#)) pour fournir des avis scientifiques à un processus plus vaste guidé par la Loi sur les espèces en péril (LEP). Compte tenu des différences avec les processus d'évaluation axés sur la pêche, les EPR ont été exclus de l'exercice actuel. Cependant, les résultats de cet examen pourraient être utilisés pour élaborer un protocole sur le changement climatique / écologique à prendre en compte dans le processus de EPR.

Quatre questions principales ont été évaluées lors de l'examen de chaque évaluation de stock documentée (figure 1). La question 1 portait sur la question de savoir si, et où dans le document

d'évaluation des stocks, les hypothèses conceptuelles entre les variables climatiques, océanographiques et / ou écologiques et le stock étaient identifiées. La question 2 portait sur la question de savoir si les variables climatiques, océanographiques et / ou écologiques étaient incluses quantitativement dans l'évaluation et comment elles étaient incluses. Nous avons considéré les évaluations de stocks qui comprenaient des paramètres biologiques variables dans le temps, tels que la mortalité naturelle ou la croissance, comme exemples quantitatifs comprenant des variables climatiques, océanographiques et / ou écologiques lorsque des justifications étaient fournies. Par exemple, la justification de l'inclusion d'une mortalité naturelle variable dans le temps pourrait être due à la variabilité des taux de prédation (considérations écologiques). La question 3 portait sur la question de savoir si les variables climatiques, océanographiques et / ou écologiques étaient incluses qualitativement dans l'évaluation, généralement en considérant ces variables pour interpréter l'état, les tendances ou les anomalies des indices des stocks, tel que le relevé des captures par unité d'effort (CPUE). La question 4 portait sur la question de savoir si l'avis scientifique final recommandé incluait des considérations climatiques, océanographiques et / ou écologiques. De nombreuses évaluations ont peut-être discuté ou considéré, quantitativement ou qualitativement, des variables climatiques ou océanographiques et / ou écologiques, mais l'avis recommandé final n'a peut-être servi à aucune de ces analyses. Dans le cas où aucune information climatique, océanographique ou écologique n'était incluse dans l'avis, les raisons ont été évaluées et catégorisées (par exemple, pas de problème, mécanisme inconnu, limites des données, etc.) pour identifier les obstacles à l'inclusion. Pour chaque question, nous avons documenté si des indices climatiques, océanographiques ou écologiques ou une combinaison de ceux-ci ont été inclus, et identifié les variables associées (figure 1). Nous avons résumé les résultats de l'examen pour les thèmes émergents en consolidant le matériel, le cas échéant.

Nous n'avons pas évalué l'exactitude, la rigueur ou l'efficacité de l'inclusion de ces variables dans les projections ou les prévisions, ce qui dépassait la portée de cet examen initial. Cependant, ce sujet est exploré plus avant dans la discussion.

Questions utilisées pour dresser l'inventaire des informations climatiques, océanographiques et écologiques dans les évaluations de stocks canadiens

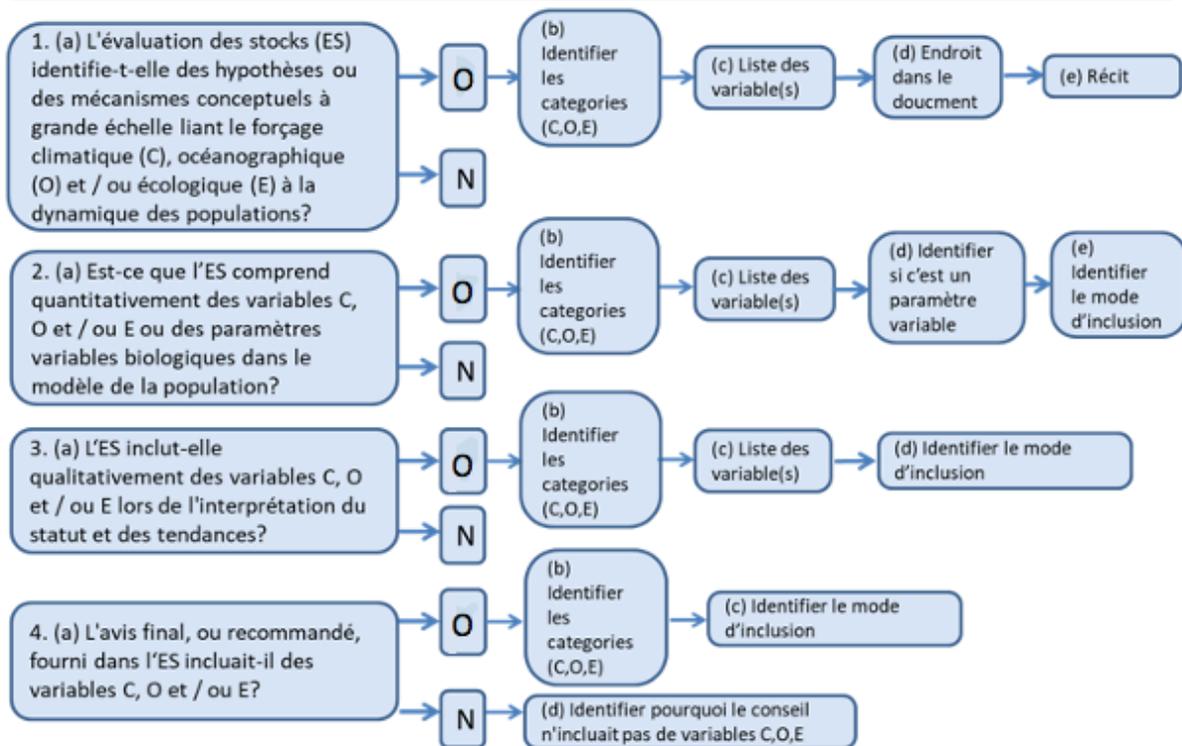


Figure 1. Organigramme utilisé pour examiner l'utilisation des variables ou des considérations climatiques (C), océanographiques (O) et écologiques (E) dans les évaluations des stocks de poissons du MPO.

Les variables climatiques comprenaient le forçage à grande échelle, y compris les processus à court terme, tels que l'oscillation australe El Niño (ENSO) et les processus à long terme, tels que l'oscillation nord-atlantique (ONA), l'Oscillation Multi-Décadaire Atlantique (AMO), et l'Oscillation Décadaire du Pacifique (ODP). Les indices de glace de mer ont été inclus en tant que variables climatiques en raison de leur déclin à long terme et de leur ampleur et de leur durée à cause du réchauffement atmosphérique. Les variables océanographiques étaient les facteurs physiques et comprenaient des indices d'upwelling; température de la surface de la mer, du fond et de la rivière; la salinité, le débit des rivières d'eau douce, la teneur en oxygène dissous et les paramètres d'acidification des océans (p. ex. paramètres du pH et des carbonates). Les variables écologiques comprenaient les indices de prédateurs et / ou de proies et les estimations de l'habitat thermique. Le climat, les indices océanographiques ou les indices écologiques en tant que groupe sont périodiquement appelés « environnementaux » dans tout le texte.

PERSPECTIVE GLOBALE

Afin de fournir un contexte aux évaluations canadiennes par rapport à d'autres activités de conseil internationales, nous avons appliqué les quatre mêmes critères à une série d'évaluations des stocks des États-Unis d'Amérique, d'Australie et d'Europe (par le Conseil international pour l'exploration), d'Afrique du Sud et d'organisations régionales de gestion des pêches internationales (par exemple, la Commission internationale pour la conservation des

thonidés de l'Atlantique). Cette revue ne se voulait pas exhaustive, mais visait plutôt à fournir des exemples d'études de cas internationales dans lesquelles les variables climatiques, océanographiques et écologiques ont été utilisées quantitativement et qualitativement dans les conseils, axé principalement sur des exemples des changement climatiques. Enfin, nous avons également examiné les stratégies nationales ou régionales visant à intégrer les considérations relatives au changement climatique dans la gestion des pêcheries, le cas échéant.

RÉSULTATS - ÉVALUATIONS CANADIENNES

APERÇU GÉNÉRAL

Au total, 178 évaluations des stocks du MPO ont été prises en compte dans cet examen. Le nombre et la diversité taxonomique des stocks différaient grandement entre les régions du MPO (tableau 1). En 2017, 27 évaluations ont été prises en compte dans cette étude, le nombre de documents diminuant au fil du temps (figure 2). La présence de variables climatiques, océanographiques et écologiques dans les documents d'évaluation sur lesquels reposaient les avis actuels a varié dans le temps, reflétant le fait que pour la plupart des espèces, l'évaluation la plus récente a eu lieu au cours des cinq dernières années (figure 2). Les évaluations qualitatives et quantitatives des variables climatiques, océanographiques et écologiques sont devenues plus importantes pour les espèces avec les évaluations actuelles après environ 2011. Notre protocole d'examen des évaluations des stocks n'a pas fourni d'évaluation des caractéristiques historiques des variables climatiques, océanographiques et écologiques dans chaque évaluation.

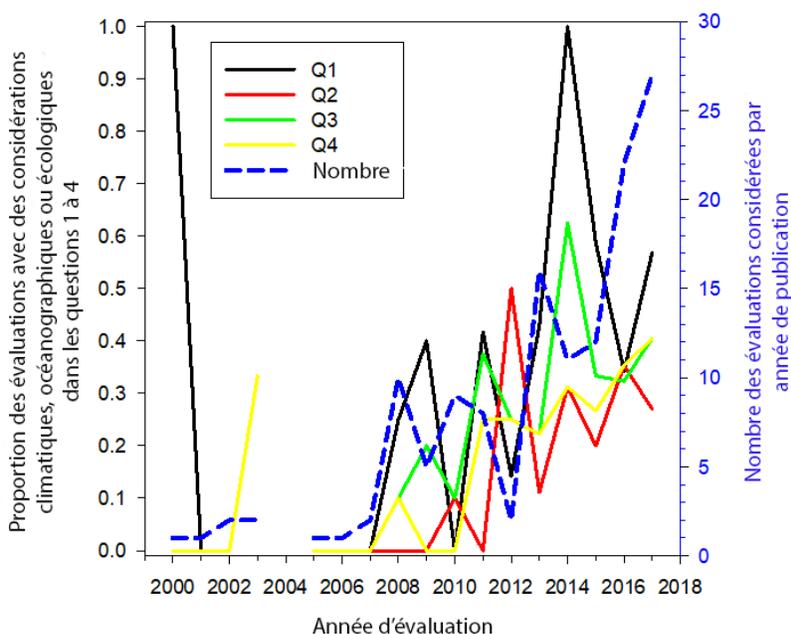


Figure 2. Proportion en fonction de l'année des évaluations des stocks intégrant des variables climatiques, océanographiques et / ou écologiques pour mettre en évidence des processus à grande échelle ou des hypothèses conceptuelles (Q1 - ligne noire), évaluer quantitativement le statut (Q2 - ligne rouge) ou statut (Q3 - ligne verte) et fournir des conseils (Q4 - ligne jaune). Le nombre d'évaluations considérées par an est représenté par la ligne pointillée bleue ($n = 178$) et référencée sur l'axe des y à droite.

Sur les 178 évaluations examinées dans cette évaluation, 46% ont identifié des hypothèses ou des mécanismes conceptuels à grande échelle liant le forçage climatique, océanographique ou écologique à la dynamique des populations (figure 3). Cependant, seulement 21% des évaluations incluait quantitativement des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans le modèle de population ou des paramètres biologiques variables dans le temps, qui seraient liés aux variables climatiques, océanographiques ou écologiques. Trente et un pour cent (31%) des évaluations incluait qualitativement des variables climatiques ou océanographiques ou des variables écologiques lors de l'interprétation de l'état et des tendances. Douze pour cent (12%) des évaluations comprenaient des éléments à la fois quantitatifs et qualitatifs liés aux variables climatiques, océanographiques ou écologiques. Des avis et / ou des recommandations incluant l'importance ou les effets des considérations climatiques, océanographiques ou écologiques sont apparus dans 27% (48/178) des évaluations de stock.

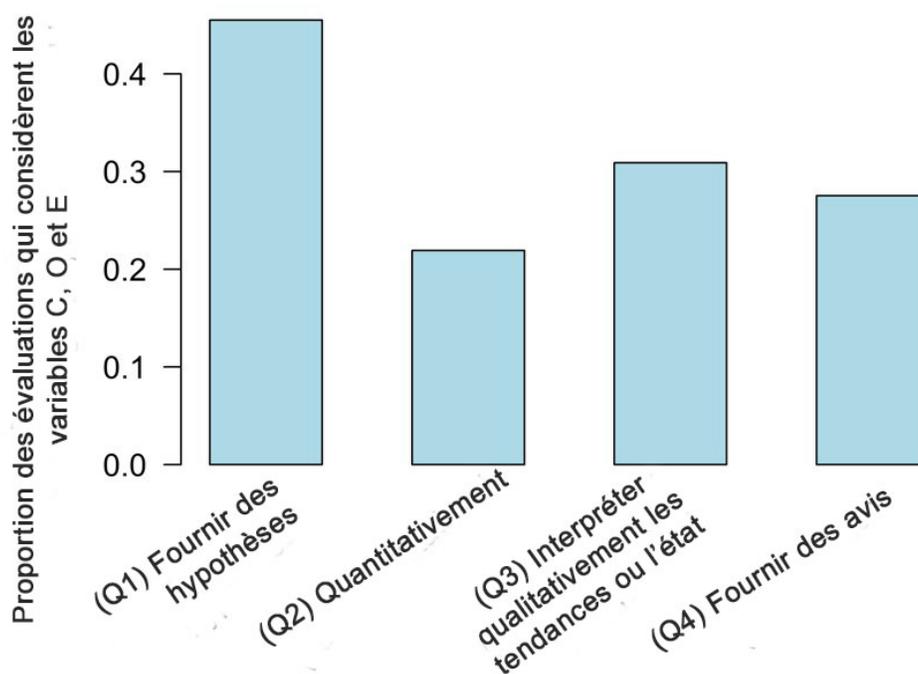


Figure 3. Proportion d'évaluations incorporant des variables climatiques (C), océanographiques (O) et / ou écologiques (E) pour fournir des hypothèses conceptuelles (Q1 de la revue de la littérature), évaluer quantitativement le statut (Q2), interpréter qualitativement les tendances ou le statut (Q3), et fournir des conseils (Q4) (n = 178). De nombreuses évaluations ont utilisé des approches multiples.

Tableau 1. Nombre d'évaluations du stock par région et par catégorie taxonomique considérées dans cette revue. Les régions du MPO sont Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.), le Québec (Q), le Golfe (G), les Maritimes (M), le Centre et Arctique (CA) et le Pacifique (P). Les stocks transfrontaliers pour lesquels le MPO fournit des conseils ont également été inclus.

Région(s)	Espèces anadromes	Poissons de fond	Invertébrés	Poissons pélagiques	Mammifères	Élasmobranches	Total
CA	8	-	2	11	-	-	21
G	1	5	5	2	-	-	13
M	-	7	14	-	2	2	25
NL	1	15	7	-	2	2	27
NL, M, G, Q	1	1	-	-	-	-	2
NL, M, G, Q, CA	-	3	-	-	-	-	3
NL, Q	-	1	-	-	-	-	1
P	15	15	12	3	2	3	50
Q	-	5	13	3	4	-	25
Transfrontaliers	-	7	-	2	2	-	11

Q1 - HYPOTHESES CONCEPTUELLES

1. (a) L'évaluation des stocks identifie-t-elle des hypothèses ou des mécanismes conceptuels à grande échelle qui lient le forçage climatique, océanographique ou écologique à la dynamique des populations?
1. (b) si (a) est oui, identifiez si le climat (C), les indices océanographiques (O) ou les indices écologiques (E) sont utilisés, ou une combinaison.
1. (c) Si la réponse à (a) est oui, identifiez les variables climatiques, océanographiques et écologiques considérées.
1. (d) Si la réponse à (a) est oui, où ces hypothèses sont-elles décrites dans l'évaluation? Ces hypothèses ou mécanismes n'ont pas besoin d'être testés dans le cadre de l'évaluation des stocks, mais peuvent simplement fournir un contexte liant la biologie ou l'écologie de l'espèce aux conditions climatiques ou océanographiques. C'est là que les facteurs écologiques (par exemple, les champs de proies modifiés) peuvent être identifiés.
1. (e) Compte rendu

Nous avons constaté que 46% (81/178) des évaluations récentes des stocks ont identifié des hypothèses ou des mécanismes conceptuels à grande échelle liant le forçage climatique, océanographique ou écologique à la dynamique des populations. Les variables océanographiques ont été prises en compte dans 74% (60/81) des évaluations des stocks avec des réponses positives à la question 1a, soit seules (31/81), avec des variables écologiques (17/81), soit avec des variables climatiques (7/81) ou comme prise en compte conjointe des variables océanographiques, climatiques et écologiques (5/81). Les variables écologiques ont été prises en compte dans 46% (37/81) des évaluations des stocks, à elles seules (15/81), avec des variables océanographiques (17/81) ou avec des variables climatiques et océanographiques (5/81). Les variables climatiques ont été prises en compte dans 22% (18/81) des évaluations des stocks, à elles seules (6/81), avec des variables océanographiques (7/81) ou avec des variables à la fois océanographiques et écologiques (5/81).

Les évaluations des stocks de saumons et d'autres poissons anadromes ont porté le plus souvent sur les variables climatiques, océanographiques et écologiques, avec 58% (15/26) des évaluations de stocks anadromes, y compris une certaine considération (figure 4a). La proportion d'évaluations des stocks tenant compte des variables climatiques, océanographiques et écologiques était plus faible chez les invertébrés (53%, 28/53), les stocks pélagiques (50%, 7/14) et les stocks de poisson de fond (44%, 26/59), mammifères (21%, 4/19) et élasmobranches (14%, 1/7).

Parmi les régions, le golfe considérait plus fréquemment les variables climatiques, océanographiques et écologiques dans des hypothèses à grande échelle ou des mécanismes conceptuels dans les évaluations des stocks (61%, 11/18), suivi de Terre-Neuve (61%, 20/33) et des Maritimes (60 %, 18/30), Québec (53%, 16/30), Centre et Arctique (46%, 11/24) et Pacifique (32%, 16/50) (figure 4b). Les évaluations des stocks dans plusieurs régions (zones) étaient les plus susceptibles de prendre en compte les variables climatiques, océanographiques et écologiques (83%, 5/6). Cependant, seuls trente-six pour cent (36%, 4/11) des stocks transfrontaliers comprenaient des hypothèses à grande échelle ou des mécanismes conceptuels dans leurs évaluations.

Parmi les variables océanographiques, la température de l'eau a été la plus fréquemment considérée (55/81) (figure 5). Parmi les variables climatiques, le forçage et les cycles à grande échelle (par exemple, AMO, ONA, AOP, changements à long terme dans la glace de mer; 31/81) ont été considérés plus fréquemment que le forçage à court terme (par exemple ENSO) (4/81). Parmi les variables écologiques, les interactions trophiques étaient la considération dominante (28/81), mais des modifications de l'habitat ont également été incluses (4/81).

Les hypothèses ou les mécanismes conceptuels à grande échelle liant le forçage climatique, océanographique ou écologique à la dynamique des populations ont été le plus souvent examinés dans la section des évaluations des stocks (39/81) et moins fréquemment dans les considérations environnementales ou les perspectives (25/81). Certaines évaluations des stocks comprenaient des questions conceptuelles dans les sections (6/81), résultats (11/81), discussion (5/81) et incertitude (7/81) des documents consultatifs. Sept évaluations comprenaient des hypothèses ou des mécanismes conceptuels à grande échelle dans deux ou plusieurs sections du document.

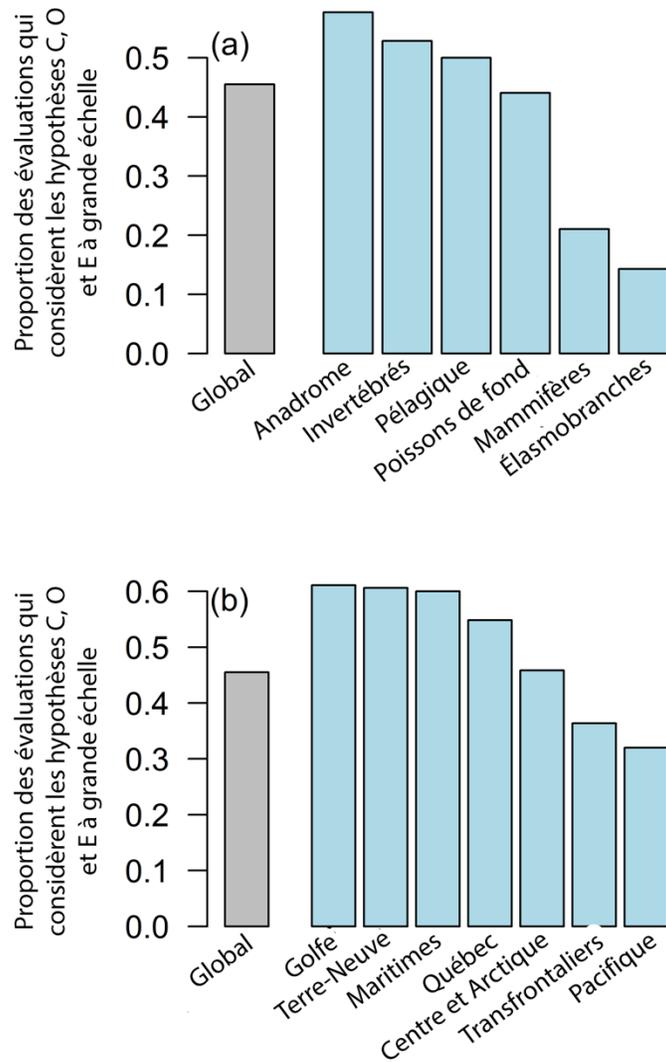


Figure 4. La proportion globale des évaluations de stock en tenant compte des variables de forçage climatique (C), océanographiques (O) et / ou écologiques (E) lors de l'élaboration d'hypothèses à grande échelle ou de mécanismes conceptuels est indiquée par des barres grises (81/178). Les barres bleues indiquent la proportion par (a) groupes taxonomiques et (b) régions. Plusieurs évaluations comprenaient plusieurs régions et ont donc été incluses plusieurs fois dans (b).

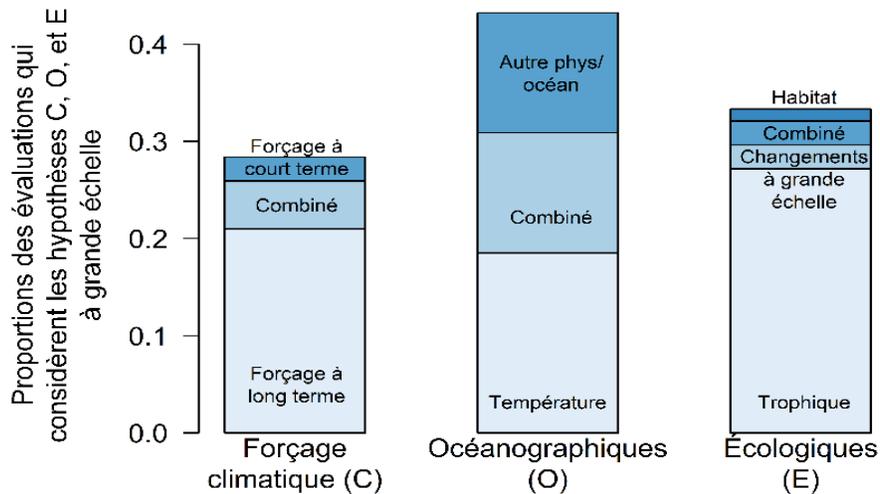


Figure 5. Proportion d'évaluations ($n = 81$) en tenant compte du forçage climatique (C), des variables océanographiques (O) ou des variables écologiques (E) dans des hypothèses à grande échelle ou des mécanismes conceptuels. Dans chaque catégorie (C, O et E), les variables sont divisées en sous-catégories comprenant des combinaisons de sous-catégories (« Combiné »).

Q2 – ANALYSES QUANTITATIVES

2. (a) L'évaluation du stock comprend-elle quantitativement des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans le modèle de population ou des paramètres biologiques variables dans le temps que l'on pense liés aux variables climatiques ou océanographiques ou écologiques?
2. (b) Si des variables climatiques / océanographiques / écologiques sont quantitativement incluses, indiquez si le climat (C), les indices océanographiques (O) ou les indices écologiques (E) sont utilisés ou combinés.
2. (c) Si une ou plusieurs variables climatiques ou océanographiques ou écologiques ont été quantitativement incluses, identifiez-la ou les variables ou caractéristiques par lesquelles l'effet est évalué.
2. (d) Si des paramètres variant dans le temps sont inclus, identifiez-le ou les paramètres.

Seulement 21% des évaluations de stock examinées (38/178) ont utilisé des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans une approche quantitative. Le plus souvent (42%), l'approche quantitative consistait à estimer un paramètre variant dans le temps dans un modèle de population, ce qui est considéré comme un fourre-tout pour un ensemble complexe de processus. Ici, le paramètre variant dans le temps était typiquement la mortalité naturelle pour tenir compte de la prédation (considérée ici comme variable écologique), de la croissance ou de la capturabilité / sélectivité pour tenir compte des changements des conditions océaniques (ici considérée comme variable océanique en raison de la variabilité interannuelle de ces paramètres; figure 6). Il convient de noter les relations statistiques prédisant le recrutement à partir de variables climatiques, océanographiques ou écologiques, par exemple en tant que covariable dans une relation stock-recrutement (utilisé dans 16% des cas, figure 6).

Une troisième approche à noter a été l'utilisation d'approches statistiques pour prédire la productivité des populations, généralement la biomasse du stock reproducteur à partir de variables climatiques, océanographiques et / ou écologiques (également utilisée dans 16% des cas, figure 6). Dans la plupart de ces cas, une évaluation de la disponibilité de l'habitat, principalement basée sur la température du fond, liée à la productivité ou à l'estimation de la biomasse.

Le plus souvent, l'approche quantitative comprenait l'estimation d'un paramètre dans le modèle d'évaluation des stocks, l'application de limites de paramètres ou la moyenne d'un paramètre sur une période donnée à partir des informations sur la variabilité climatique, océanographique ou écologique (14/38; tableau 2). Des approches statistiques univariées étaient également couramment utilisées (11/38) et consistaient généralement en une régression linéaire ou une analyse de corrélation liant les variables climatiques, océanographiques ou écologiques à un attribut de population, par exemple le recrutement ou un attribut d'évaluation, par exemple, pour la normalisation des CPUE dans l'évaluation des stocks (tableau 2). Des analyses statistiques multivariées, y compris la régression linéaire multiple, des modèles additifs généralisés et des analyses en composantes principales, ont été utilisées pour fournir des estimations de la productivité, du recrutement et des caractéristiques de frai avec des variables climatiques, océanographiques et / ou écologiques. Des analyses de sensibilité accompagnant les évaluations, principalement pour évaluer ou réviser les stratégies de récolte (tableau 2), ont également permis d'effectuer une quantification comprenant la variabilité climatique, océanographique ou écologique.

Une proportion plus élevée d'évaluations de stocks dans les régions du Pacifique (34%), des Maritimes (30%) et du Golfe (27%) comprenait quantitativement des variables climatiques, océanographiques ou écologiques (figure 7) que dans d'autres régions où moins de 15% du stock les évaluations incluaient ces variables quantitativement (figure 7). Dans la région du Pacifique, ces évaluations des stocks étaient principalement (82%) pour les espèces anadromes (à savoir le saumon du Pacifique); dans la région des Maritimes, ces évaluations de stocks étaient principalement (88%) pour les invertébrés (par exemple les crabes); et dans la région du Golfe, ces évaluations des stocks étaient toutes (100%) pour les espèces de poisson de fond. Ce sont ces trois groupes taxonomiques propres à chaque région qui déterminent la tendance générale au MPO: les évaluations des stocks d'espèces anadromes, invertébrés et de poissons de fond ont été les plus fréquentes pour inclure quantitativement les variables climatiques, océanographiques ou écologiques (42%, 24% et 24% respectivement; figure 7).

Lorsque les évaluations des stocks comprenaient des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans une approche quantitative, la majorité comprenait des données océanographiques (61%) ou écologiques (53%), tandis que seulement 24% incluaient des variables de forçage climatique (figure 8). La température (à savoir la température de fond ou la température de surface de la mer) représentait plus de la moitié des cas où une variable océanographique était appliquée, soit comme la seule variable, soit en combinaison avec d'autres variables océanographiques (figure 8); Cela a été principalement appliqué dans les évaluations des stocks d'espèces anadromes dans la région du Pacifique (par exemple le saumon du Pacifique) et la région centrale et arctique (par exemple, l'omble chevalier), mais aussi dans la région de Terre-Neuve ou les Maritimes. Les variables écologiques ont été le plus souvent incorporées dans les évaluations des stocks, les interactions trophiques (31%, figure 8), soit l'abondance des proies ou des prédateurs, mais le plus souvent indirectement avec des estimations de la mortalité naturelle variables dans le temps pour représenter les impacts de la prédation. Cette approche écologique était la plus courante dans les évaluations des stocks de poisson de fond dans la région du Golfe. Les changements écologiques à grande échelle ont

également été inclus indirectement (21%, figure 8), notamment en ce qui concerne la productivité ou le recrutement.

Le forçage climatique a été inclus quantitativement avec l'inclusion d'indices caractérisant les processus climatiques à court terme (à savoir les phénomènes d'oscillation australe El Niño-La Niña [ENSO]) et le forçage atmosphérique à long terme (figure 8). La comptabilisation du forçage atmosphérique à long terme était plus répandue que les processus climatiques à court terme (figure 8). Sans surprise, étant donné que les événements ENSO se produisent dans le Pacifique équatorial, les indices ENSO n'ont été inclus que dans les évaluations des stocks de la région du Pacifique, puis principalement pour les espèces anadromes (3 évaluations sur 4). Il est probable que les indices ENSO ne sont pas inclus dans d'autres évaluations de stocks du Pacifique, car les schémas de téléconnexion à la région du Pacifique sont bien pris en compte dans les séries chronologiques des températures de surface de la mer. Le forçage atmosphérique à long terme a été quantitativement inclus le plus souvent dans les évaluations des stocks anadromes de la région du Pacifique (4 évaluations sur 8) en utilisant l'indice d'oscillation décennale du Pacifique (ODP). Les autres indices à grande échelle utilisés comprenaient les indices d'oscillation arctique et d'oscillation nord-atlantique (dans la région centrale et arctique pour l'omble arctique) et l'indice d'oscillation multi-décennale de l'Atlantique (dans la région des Maritimes pour le homard américain).

Il est intéressant de noter que parmi les évaluations de stocks qui comprenaient des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans une approche quantitative, une proportion élevée (87% ou 33/38) fournissait des avis scientifiques fondés sur cette inclusion quantitative. Cela pourrait suggérer que lorsque des analyses quantitatives sont entreprises, l'inclusion de variables climatiques, océanographiques ou écologiques fournit des conseils de gestion utiles. Cependant, il est tout aussi plausible que les tentatives d'inclusion quantitative de ces variables ne soient rapportées que dans un document d'évaluation des stocks lorsque les résultats sont statistiquement significatifs ou réduisent l'incertitude, améliorant ainsi les conseils.

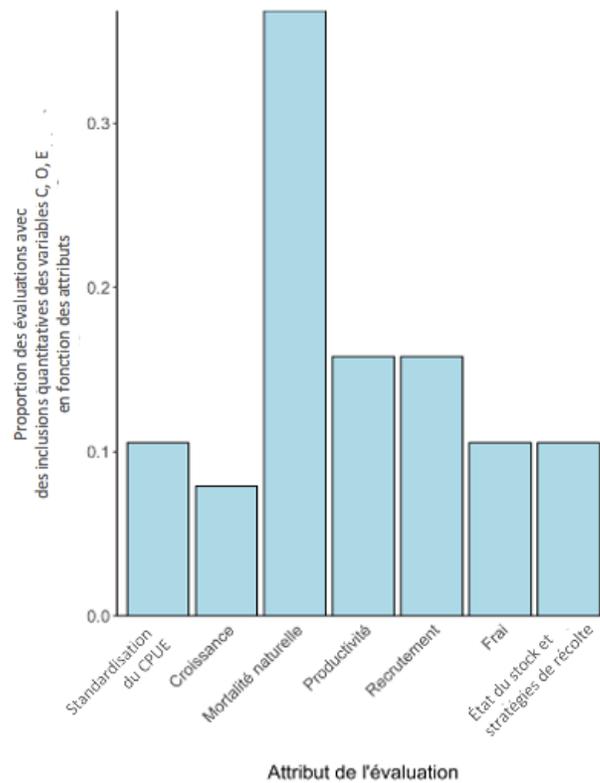


Figure 6. Proportion des évaluations de stock quantitativement comprenant des variables climatiques, océanographiques ou écologiques ($n = 38$) par l'attribut d'évaluation des stocks auquel l'approche a été appliquée. Standardisation de la CPUE: variables utilisées pour ajuster les indices d'abondance de la pêcherie ou des relevés, y compris la capturabilité et la sélectivité variant dans le temps; Croissance: estimation variant dans le temps ou moyenne de période; Mortalité naturelle: estimation variable dans le temps ou moyenne de période; Productivité: variables utilisées pour estimer la productivité ou l'abondance globale de la population; Recrutement: variables utilisées, souvent dans une relation stock-recrutement, pour estimer le recrutement; Frai: variable utilisée pour estimer le moment, la migration ou l'habitat pour le frai; État du stock et stratégies de récolte: variables utilisées pour ajuster les taux de récolte, les repères biologiques ou définir d'autres stratégies de récolte.

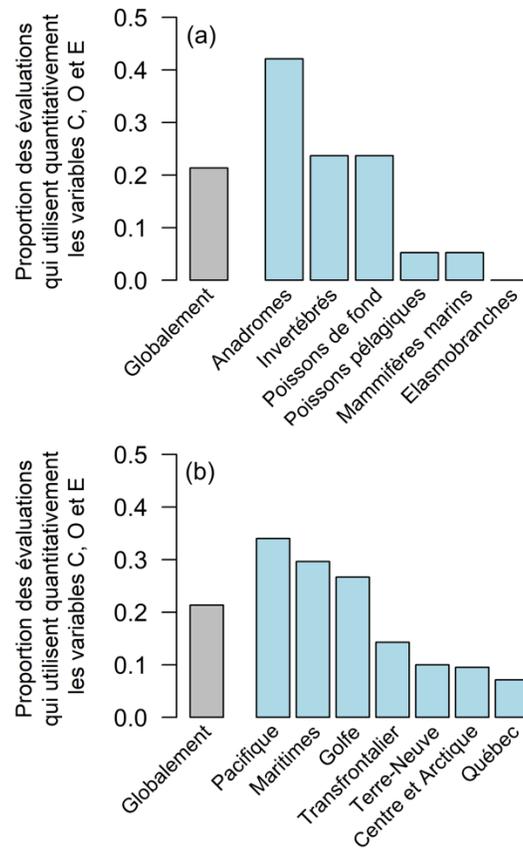


Figure 7. La proportion globale des évaluations des stocks en tenant compte des variables de forçage climatique (C), océanographiques (O) et / ou écologiques (E) dans les analyses quantitatives est indiquée en barres grises (38/178). Les barres bleues indiquent la proportion par (a) groupes taxonomiques et (b) régions. Plusieurs évaluations comprenaient plusieurs régions et ont donc été incluses plusieurs fois dans (b).

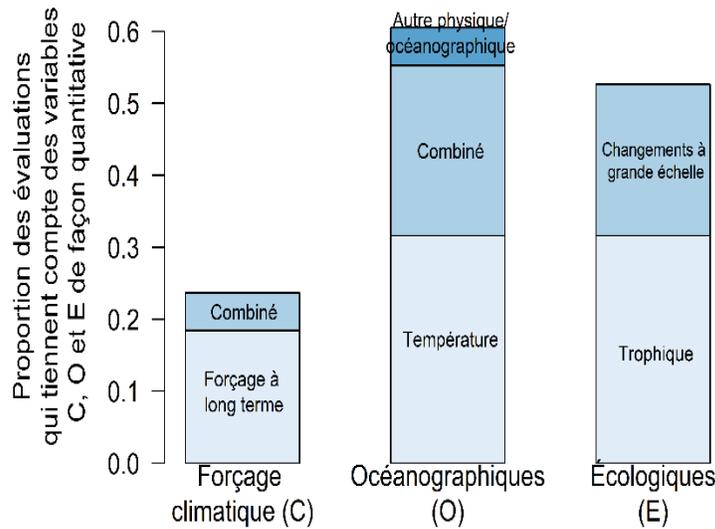


Figure 8. Proportion des évaluations ($n = 38$) en tenant compte du forçage climatique (C), des variables océanographiques (O) ou des variables écologiques (E). Environ un tiers (32%) de ces évaluations ont utilisé quantitativement des variables provenant de plusieurs catégories, à savoir C, O et / ou E. Dans chaque catégorie (C, O et E), les variables sont divisées en sous-catégories. La sous-catégorie combinée représente les cas où les deux sous-catégories ont été appliquées dans une évaluation de stock. Pour le forçage climatique, la sous-catégorie combinée reflète les variables de forçage à long terme et à court terme; Les variables de forçage à court terme n'ont jamais été appliquées de manière autonome, mais toujours en combinaison avec des variables de forçage à long terme. La sous-catégorie trophique dans l'écologie comprend des évaluations avec une estimation des paramètres biologiques variant dans le temps pour tenir compte des impacts trophiques tels que la prédation.

Tableau 2. Résumé des approches méthodologiques utilisées pour inclure quantitativement les variables climatiques (C), océanographiques (O) ou écologiques (E) dans certains attributs d'une évaluation de stock. Abréviations: AMO - Oscillation multi-décadaire de l'Atlantique; ENSO - El Niño Oscillation Australe; NPGO - Oscillation du gyre du Pacifique Nord; ODP - Oscillation décennale du Pacifique; SSS - Salinité de la surface de la mer; TSM - Température de surface de la mer. Les nombres entre parenthèses indiquent le nombre d'évaluations de stock utilisant une approche méthodologique.

Attribut d'évaluation	Approches méthodologiques	Exemples des variables C, O ou E employées
Standardisation de la CPUE	<ul style="list-style-type: none"> l'application des approches statistiques telle que l'analyse de la variance (ANOVA), les analyses de corrélation et de régression avec la CPUE ou la capturabilité afin d'adapter selon les conditions (3) 	température
-	<ul style="list-style-type: none"> paramètre de capturabilité variable dans le temps dans le modèle (1) 	-
Paramètre de croissance	<ul style="list-style-type: none"> périodes de croissance différentes appliquées dans le modèle comme moyenne pluriannuelle (1) 	-

Attribut d'évaluation	Approches méthodologiques	Exemples des variables C, O ou E employées
-	<ul style="list-style-type: none"> croissance dans le temps estimée dans le modèle (2) 	-
Stratégies de récolte	<ul style="list-style-type: none"> analyses de sensibilité ont inclus des repères biologiques révisés qui tenaient compte de la productivité réduite 	-
-	<ul style="list-style-type: none"> analyse de sensibilité, paramètre de productivité variable dans le temps ont été inclus pour évaluer les stratégies de récolte dans les simulations (1) 	-
-	<ul style="list-style-type: none"> analyses multivariées (Analyse en Composantes Principales, ACP) sur l'état des océans et des écosystèmes produisent des indicateurs contextuels des écosystèmes utilisés pour modifier les taux de récolte (1) 	température oxygène glace de mer l'abondance des proies/prédateurs
Paramètre de mortalité naturelle, M	<ul style="list-style-type: none"> M annuel variable dans le temps estimé par un modèle de population (6) 	-
-	<ul style="list-style-type: none"> périodes de M différentes appliquées dans le modèle, soit sur la base des conditions, soit sous forme de moyenne pluriannuelle (3) 	glace de mer
-	<ul style="list-style-type: none"> M due à la prédation dans le modèle bayésien de production excédentaire pour fournir une analyse de sensibilité (1) 	l'abondance des prédateurs
-	<ul style="list-style-type: none"> analyse de régression linéaire prédisant M (2) 	NPGO, ENSO, ODP, TSM, SSS
-	<ul style="list-style-type: none"> périodes de M différentes identifiées sur la base des conditions observées (1) 	TSM, SSS
-	<ul style="list-style-type: none"> M variable dans le temps estimé à partir d'un proxy de prédation et utilisé dans le modèle (1) 	-

Attribut d'évaluation	Approches méthodologiques	Exemples des variables C, O ou E employées
Estimations de la productivité	<ul style="list-style-type: none"> des analyses multivariées (ACP, modèle additive généralisé, MAG) pour estimer la productivité de la population ou la biomasse du stock reproducteur (2) 	température glace
-	<ul style="list-style-type: none"> analyse de corrélation pour estimer la production sur la base d'indices climatiques et de proies (1) 	l'abondance des proie indice climatique composite non spécifié
-	<ul style="list-style-type: none"> approche diagnostique à indicateurs multiples (1) 	température l'abondance des prédateurs
-	<ul style="list-style-type: none"> des analyses multivariées (APC) pour produire des indicateurs contextuels des écosystèmes qui augmentent d'autres indicateurs de l'état des stocks pour les stocks limités en données (1) 	AMO température l'abondance des prédateurs
-	<ul style="list-style-type: none"> la qualité de l'habitat incorporée dans le modèle d'espace d'état qui produit des estimations et des projections de la biomasse 	le type de fond
Estimations de recrutement	<ul style="list-style-type: none"> régression linéaire multiple bayésienne pour prévoir le recrutement (1) 	ODP, NPGO
-	<ul style="list-style-type: none"> covariable dans le modèle de recrutement des stocks (4) 	ODP, TSM, SSS, la prédation par procuration
-	<ul style="list-style-type: none"> analyse de régression linéaire pour prévoir le recrutement (1) 	température
Migration de frai ou estimations du moment de la migration	<ul style="list-style-type: none"> les analyses statistiques (régression linéaire multiple, régression linéaire, MAG) (3) 	TSM, SSS, courant, ENSO, ODP, décharge
-	<ul style="list-style-type: none"> analyse de la fréquence des données historiques utilisées pour identifier les caractéristiques environnementales qui sont ensuite appliquées aux données actuelles pour éclairer la prévision des migrations (1) 	température décharge

Q3 - INTERPRETATION QUALITATIVE

3. (a) L'évaluation du stock comprend-elle qualitativement des variables climatiques ou océanographiques ou des variables écologiques lors de l'interprétation de l'état et des tendances?
3. (b) Si (a) est oui, indiquez si le climat (C), les indices océanographiques (O) ou les indices écologiques (E) sont utilisés ou une combinaison.
3. (c) Si (a) est oui, identifiez les indices climatiques, océanographiques ou écologiques spécifiques utilisés.
3. (d) Si (a) est oui, indiquez comment ils ont été inclus qualitativement. Par exemple, mais sans s'y limiter:
 - Une approche axée sur les feux de circulation qui fournit une indication de la force relative de la classe d'âge;
 - Utiliser les informations sur les conditions climatiques ou océanographiques pour interpréter les tendances ou les anomalies dans les indices d'abondance ou dans les résultats des modèles d'évaluation des stocks. Cela pourrait inclure la médiation des impacts des changements climatiques ou des conditions océanographiques par des facteurs écologiques (tels que les changements de proie ou de prédation).

Nous avons constaté que 31% (55/178) des évaluations des stocks considéraient qualitativement les variables climatiques, océanographiques ou écologiques lors de l'interprétation du statut ou des tendances. Les variables climatiques, océanographiques et écologiques ont été les plus fréquemment utilisées pour expliquer les tendances historiques des processus biologiques (p. ex. abondance, croissance, maturation et distribution à partir de modèles d'aptitude à l'habitat), même si, tenir compte des incertitudes dans les évaluations et prévoir le statut et les tendances futurs (figure 9).

Ces variables étaient le plus souvent considérées qualitativement pour les espèces anadromes (46% des évaluations les incluaient) et relativement rarement pour les poissons de fond, les mammifères et les élastombranches (22%, 21% et 14% respectivement) (Fig. 10). Ce pourcentage variait selon les régions, les évaluations des stocks de la région du Golfe étant les plus élevées (39%) et celles du Centre et de l'Arctique les plus faibles (17%) (figure 10).

Parmi les évaluations de stock avec des réponses positives à la question 3a, 27% ont considéré le forçage climatique, 73% des variables océanographiques et 62% des variables écologiques. Parmi les variables climatiques, le forçage atmosphérique à long terme (par exemple, ODP, ONA) a été considéré plus souvent que les processus climatiques à court terme (par exemple El Niño) dans les interprétations qualitatives du statut et des tendances (figure 11). Parmi les variables océanographiques, la température était le facteur dominant considéré. Les interactions trophiques (par exemple, la prédation, la compétition) étaient une considération écologique commune, mais des changements à grande échelle dans la productivité et l'habitat ont également été considérés (figure 11).

Bien que les variables océanographiques aient été les plus fréquemment considérées dans la plupart des groupes taxonomiques dans des considérations qualitatives, les variables écologiques ont été plus fréquemment utilisées pour les poissons de fond (utilisées dans 10/19 évaluations qui comprenaient les considérations qualitatives). Le forçage climatique a été plus fréquemment considéré dans les évaluations pour les espèces anadromes que pour les autres espèces (8/21 évaluations pour le saumon). Les variables océanographiques étaient plus souvent considérées que les variables climatiques ou écologiques pour la plupart des régions,

mais les variables écologiques étaient plus souvent considérées dans la région des Maritimes (10/19 évaluations). Le forçage climatique était plus fréquemment considéré dans les évaluations de la région du Pacifique (8/22 évaluations) que dans les autres régions.

Parmi les évaluations comportant des considérations qualitatives, 45% ont également tenu compte des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans les évaluations quantitatives et 65% des évaluations qualitatives ont utilisé ces informations pour fournir des conseils de gestion.

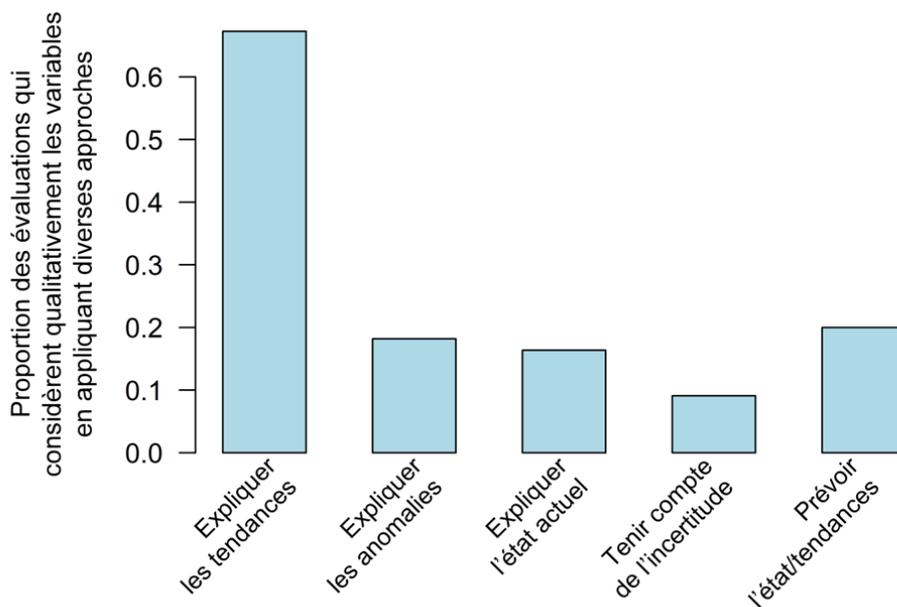


Figure 9. Proportion d'évaluations de stock qualitatives comprenant des variables climatiques, océanographiques ou écologiques ($n = 55$) utilisant différentes approches qualitatives pour considérer les variables climatiques, océanographiques ou écologiques. Plusieurs évaluations ont utilisé de nombreuses approches.

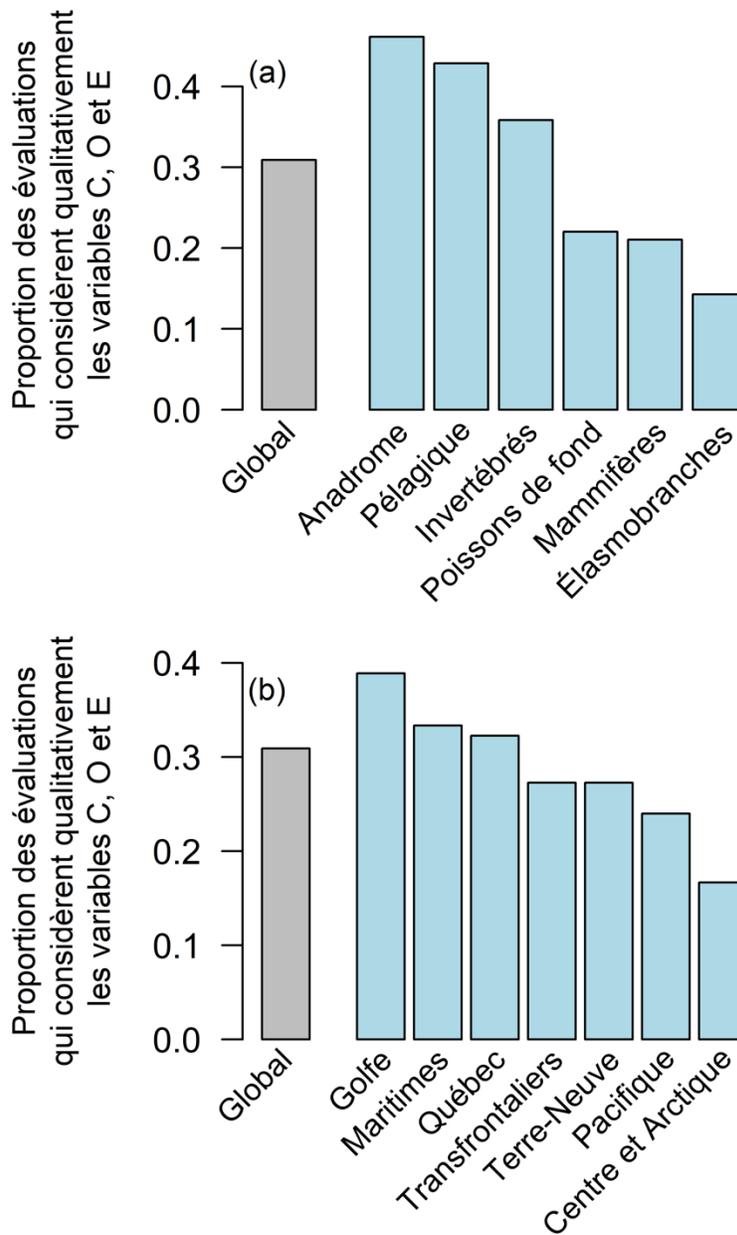


Figure 10. La proportion globale des évaluations des stocks en tenant compte des variables de forçage climatique (C), océanographiques (O) et / ou écologiques (E) dans l'interprétation qualitative est indiquée en barres grises (55/178). Les barres bleues indiquent la proportion par (a) groupes taxonomiques et (b) régions. Plusieurs évaluations comprenaient plusieurs régions et ont donc été incluses plusieurs fois dans (b).

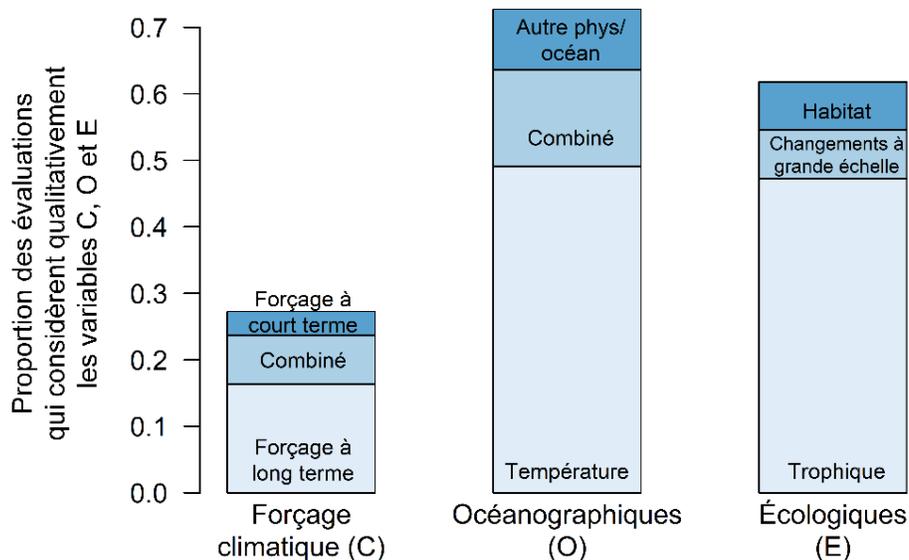


Figure 11. Proportion d'évaluations positives (où la réponse à Q3a était « oui », $n = 55$) en tenant compte du forçage climatique (C), des variables océanographiques (O) ou des variables écologiques (E). Une grande partie des évaluations considèrent les variables de plusieurs catégories. Dans chaque catégorie (C, O et E), les variables sont divisées en sous-catégories, y compris celles qui ont utilisé des variables provenant d'une combinaison de sous-catégories (« Combiné »). Voir le texte pour l'explication des sous-catégories.

Q4 - RECOMMANDATIONS ET CONSEILS

4. (a) L'avis final, ou recommandé, fourni dans l'évaluation des stocks comprenait-il des considérations climatiques ou océanographiques ou écologiques? De nombreuses évaluations de stocks peuvent avoir des aspects répondant aux questions ci-dessus, mais dans le taux de récolte final recommandé, ne pas utiliser ces analyses.
4. (b) si (a) est oui, identifier si le climat (C), les indices océanographiques (O) ou les indices écologiques (E) sont utilisés, ou une combinaison.
4. (c) Dans l'affirmative, indiquez comment l'avis incluait des considérations climatiques, océanographiques ou écologiques? Par exemple, mais sans s'y limiter:
 - les taux de récolte recommandés basés sur un modèle de population incluant des variables climatiques ou océanographiques (à savoir les analyses figurant à la question 2 ci-dessus)
 - les taux de récolte recommandés sur la base d'hypothèses relatives à la dynamique des populations en tant que variables climatiques ou océanographiques informées (à savoir les analyses figurant à la question 3 ci-dessus)
 - l'évaluation de la stratégie de gestion a été utilisée pour définir des stratégies de récolte robustes aux impacts sur la dynamique des populations en raison de la variabilité climatique ou océanographique observée ou attendue
4. (d) Si non, indiquez pourquoi l'avis n'a pas inclus les considérations climatiques, océanographiques ou écologiques?

Sur les 178 évaluations évaluées dans notre analyse, 48 (27%) ont formulé des recommandations ou des conseils basés sur des considérations climatiques, océanographiques ou écologiques, ce qui représente un nombre nettement inférieur aux documents identifiant des hypothèses ou des mécanismes conceptuels qui relient le forçage climatique, océanographique ou écologique à la dynamique des populations (81). Cependant, environ un quart (11) de ces 48 évaluations n'a pas identifié d'hypothèses ou de mécanismes conceptuels comme base des évaluations. Cela peut représenter une lacune dans les connaissances sur les associations entre les conditions environnementales et les analyses exploratoires (c'est-à-dire qu'elles n'étaient pas présentes), ou les connaissances sous-jacentes basées sur des considérations océanographiques ou écologiques. Ce manque de clarté montre la nécessité de documenter pleinement toutes les hypothèses ou mécanismes conceptuels figurant dans le document d'évaluation des stocks.

Trente-trois (33) évaluations comportaient des évaluations quantitatives ou des analyses de la relation entre l'état du stock et les variables climatiques, océanographiques et écologiques (question 2a) et représentaient 69% des évaluations avec des réponses positives à 4a. Trente-six (36) des 48 évaluations comportaient des interprétations qualitatives des relations entre l'état du stock et les variables climatiques, océanographiques et écologiques (question 3a, 75%). Plus de la moitié des cas comportant des recommandations comportant des considérations océanographiques ou écologiques (61%) étaient fondés sur des cas où des résultats à la fois quantitatifs et qualitatifs étaient appliqués pour interpréter les changements démographiques.

La présence de variables climatiques, océanographiques et écologiques dans les conseils était la plus grande chez les salmonidés et les autres espèces anadromes (58%), la prédominance étant observée chez les espèces de saumon du Pacifique (figure 12). Trente-six pour cent (36%) des évaluations des stocks pélagiques comportaient des considérations climatiques, océanographiques et écologiques dans leurs évaluations, tandis que 26% des évaluations des mollusques et crustacés et des mammifères marins contenaient des recommandations / conseils fondés sur les caractéristiques de l'environnement. Seulement quinze pour cent (15%) des évaluations des stocks de poisson de fond avaient des considérations climatiques, océanographiques et écologiques dans l'avis, alors que celles-ci ne figuraient dans aucune des sept évaluations portant sur les élaémobranches. Le contraste entre les taxons peut refléter en partie l'ampleur des variations des conditions environnementales susceptibles d'être rencontrées dans la colonne d'eau supérieure, mais peut aussi refléter des différences de longévité des différents taxons. Les différences d'histoire des différents écosystèmes, telles que l'effondrement de l'Atlantique de la morue et d'autres poissons de fond à la fin des années 80 et au début des années 90, peuvent également contribuer aux différences. Les évaluations dans les régions des Maritimes et du Pacifique présentaient la proportion la plus élevée d'évaluations comportant des recommandations concernant des considérations climatiques, océanographiques ou écologiques, suivies par le golfe et le Québec (figure 12).

Des considérations climatiques sont apparues dans 18% des 48 évaluations dans lesquelles les conditions environnementales ont été incluses dans le conseil, et généralement associées à des considérations océanographiques et écologiques. Dans l'ensemble, des variables océanographiques sont apparues dans 73% de ces évaluations et 71% pour des considérations écologiques. Dans des proportions relatives, les considérations climatiques sont apparues dans moins de recommandations que dans les aspects conceptuels, quantitatifs et qualitatifs des évaluations.

Approches pour inclure les variables environnementales dans les avis

Des considérations environnementales (variables climatiques, océanographiques ou écologiques) ont été utilisées dans les avis relatifs aux règles de contrôle des prises dans 43 des 48 évaluations (90%). Une paramétrisation ou une interprétation variant dans le temps des caractéristiques du cycle de vie de la population, principalement en termes de variation des taux de mortalité naturelle, a été observée dans 31% (15/48) de ces évaluations. Le lien entre les tendances démographiques et les variables climatiques, océanographiques et écologiques a été noté dans 14% (7/48) des évaluations et a généralement servi à expliquer les attentes concernant l'état futur de la population et le potentiel de production, souvent liés aux tendances des autres composantes de la chaîne alimentaire. Des considérations climatiques, océanographiques et écologiques ont été identifiées comme une source d'incertitude dans 4 des 49 évaluations et se sont révélées être des informations contextuelles pertinentes pour les recommandations concernant les règles de contrôle de la récolte.

Parmi les 130 évaluations où les considérations climatiques, océanographiques et écologiques n'étaient pas incluses dans les recommandations, 64 ne comprenaient pas de section portant sur les variations du climat, de l'océanographie ou de l'environnement malgré le fait que beaucoup d'entre elles (44) identifiaient explicitement des hypothèses ou des mécanismes conceptuels à grande échelle qui relient le forçage climatique, océanographique ou écologique à la dynamique des populations quelque part dans l'évaluation. Dans 26 des 66 évaluations restantes sans recommandation climatique, océanographique ou écologique, le manque de compréhension des mécanismes par lesquels les conditions environnementales affecteraient la population a été cité comme raison de ne pas fournir de conseils sur les variables climatiques, océanographiques et écologiques. Les limites ou les incertitudes des données ont été citées dans 30 des 66 évaluations comme la raison de l'absence de prise en compte des variables climatiques, océanographiques et écologiques dans l'avis, 4 de ces évaluations ayant également cité un manque de compréhension des mécanismes d'interprétation ou la prévision des tendances démographiques. Onze évaluations (11/66) ont identifié d'autres facteurs ayant une plus grande influence sur les populations que les variables climatiques, océanographiques et écologiques; 6 documents citaient la pêche ou les prises accessoires comme moteurs importants du statut de la population; 2 ont soulevé des problèmes de qualité des données concernant l'évaluation elle-même; 1 a indiqué que la disponibilité de l'habitat était probablement la clé de l'état du stock; 1 a cité la rupture d'une relation antérieure fondée sur l'environnement; et 1 a indiqué que la faible abondance des stocks était probablement la plus grande limite à la croissance de la population, bien que les conditions environnementales joueront probablement un rôle plus important en cas de rétablissement. Un manque d'avantage quantifiable pour l'analyse ou la projection de l'état du stock a été cité dans 11 des 66 évaluations. Enfin, dans une évaluation, le manque de prise en compte des données environnementales n'a pas été invoqué, bien que plusieurs études aient indiqué que les conditions océaniques auraient une incidence sur la mortalité dans d'autres zones où l'espèce est récoltée.

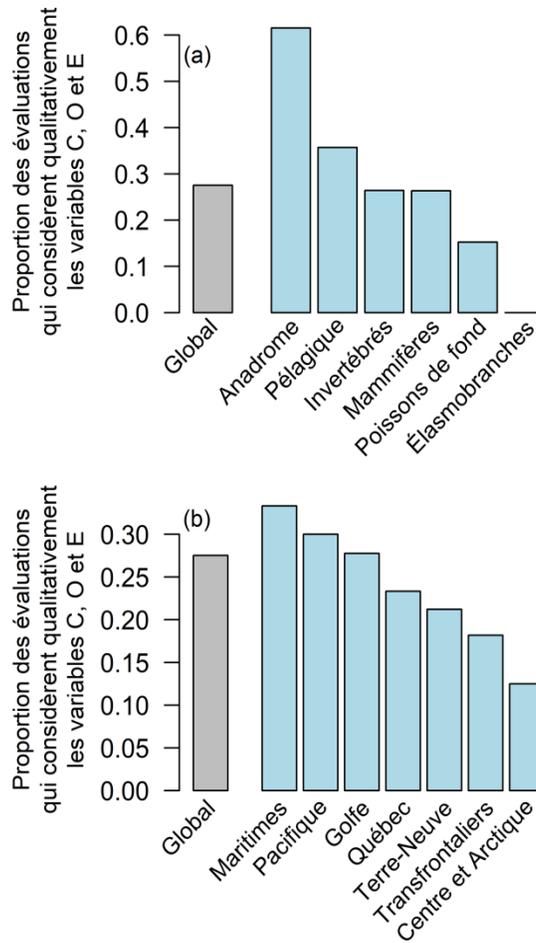


Figure 12. La proportion globale des évaluations de stock en considérant les variables de forçage climatique (C), océanographiques (O) et / ou écologiques (E) dans les avis de gestion est indiquée en barres grises (48/178). Les barres bleues indiquent la proportion par (a) groupes taxonomiques et (b) régions. Plusieurs évaluations comprenaient plusieurs régions et ont donc été incluses plusieurs fois dans (b).

RÉSULTATS - PERSPECTIVE MONDIALE

1. Concentrez-vous sur des exemples mondiaux pour lesquels les conseils définitifs ou recommandés fournis dans l'évaluation des stocks comprenaient des considérations climatiques, océanographiques ou écologiques. Cette section ne peut être exhaustive, elle n'inclura donc pas les exemples où les mécanismes conceptuels sont identifiés, où les indices sont quantitativement ou qualitativement inclus si l'avis final n'a pas utilisé cette information.
2. Juridictions à inclure:
 - a. États-Unis
 - b. Australie
 - c. Conseil international pour l'exploration de la mer
 - d. Afrique du Sud
3. Un résumé succinct identifiant les éléments communs et identifiant si une stratégie nationale ou régionale existe pour inclure le changement climatique dans les évaluations des stocks.

ÉVALUATIONS DE STOCK

États-Unis (USA)

Les États-Unis ont réalisé des progrès considérables en ce qui concerne l'incorporation quantitative et qualitative des variables climatiques, océanographiques et écologiques (ou des combinaisons de celles-ci) dans les avis de gestion des pêches. Des conseils sur le climat, l'océanographie et l'écologie ont été inclus dans l'avis final fourni dans 7 évaluations de stocks, dont la sardine du Pacifique (*Sardinops sagax*) (Hill, Crone *et al.* 2017), la plie flèche (*Atheresthes stomias*) (Spies, Wilderbuier *et al.* 2016), le saumon rose (*Oncorhynchus gorbuscha*) (Wertheimer, Orsi *et al.* 2015), la morue du Pacifique (*Gadus microcephalus*) (Thompson 2017), stock de mer de Béring oriental de goberge de l'Alaska (*Gadus chalcogrammus*) (Iannelli, Kotwicki *et al.* 2017), le bar noir (*Centropristis striata*) (Centre des sciences halieutiques du nord-est 2017a) et le stromatée à fossettes (*Peprilus triacanthus*) (Centre des sciences halieutiques du nord-est 2014). Parmi ces 7 évaluations de stocks, toutes ont identifié des hypothèses ou des mécanismes conceptuels à grande échelle liant le forçage climatique, océanographique ou écologique à la dynamique des populations. Les variables océanographiques ont été considérées seules (3/7), avec des variables climatiques (1/7), avec des variables écologiques (1/7) ou conjointement avec des variables océanographiques, climatiques et écologiques (2/7). Les variables écologiques ont été prises en compte dans 3 évaluations de stocks avec des variables océanographiques (1/7), ou avec des variables climatiques et océanographiques (2/7). Les variables climatiques ont été prises en compte dans 3/7 des évaluations de stock, jamais seules (0/7), avec des variables océanographiques (1/7), ou avec des variables océanographiques ou écologiques (2/7). Les 7 stocks utilisaient des variables quantitativement, avec (29%) ou sans (71%) indicateurs qualitatifs. Il convient de noter que le National Marine Fisheries Service (NMFS) suit actuellement les évaluations en utilisant des considérations écosystémiques de manière quantitative dans les modèles d'évaluation des stocks (P. Lynch, communication personnelle), à savoir: le mérrou rouge (*Epinephelus morio*, Golfe du Mexique); le stromatée à fossettes (*Peprilus triacanthus*, golfe du Maine / cap Hatteras); le hareng atlantique (*Clupea harengus*, côte atlantique nord-ouest); la plie à grande bouche (*Atheresthes stomias*, Mer de Béring / Iles Aléoutiennes); la plie à tête

plate (*Hippoglossoides elassodon*, mer de Béring / Îles Aléoutiennes); la limande à nageoires jaunes (*Limanda aspera*, mer de Béring / îles Aléoutiennes); la morue charbonnière (*Anoplopoma fimbria*, mer de Béring Est / Îles Aléoutiennes, golfe de l'Alaska); 4 stocks de saumon chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*, de Puget Sound et de la côte de Washington), et; 8 stocks de saumon coho (régions d'O. Kisutch, de l'Oregon, de Puget Sound et de la côte de Washington).

Les variables océanographiques quantitatives comprenaient la température (surface de la mer, fond et air) dans tous les cas, la salinité (3/7), l'oxygène (1/7) et la profondeur des couches mixtes dans 1/7 des évaluations. L'incorporation de la température était élevée dans les évaluations des stocks de l'Atlantique et du Pacifique. Les variables climatiques quantitatives dans 1/7 cas comprenaient l'indice hivernal ODP et l'ENSO multivarié, alors que l'indice du Pacifique Nord (Trenberth et Hurrell 1994) a été incorporé dans deux évaluations. Aucune variable quantitative du climat n'a été appliquée aux espèces de l'Atlantique. Les indicateurs quantitatifs écologiques comprenaient les indices de zooplancton, les niveaux de chlorophylle, les nutriments et les indices de prédation, et ont été incorporés dans 1 des cas. Les indicateurs quantitatifs écologiques ont été appliqués uniquement à la goberge de l'Alaska de la mer de Bering oriental.

La gestion de la sardine du Pacifique est peut-être l'une des intégrations les plus sophistiquées des variables océanographiques dans la gestion de la pêche (Hill *et al.* 2017). Ici, la règle de contrôle de la récolte et la capture biologique admissible incluent directement un tampon d'incertitude lié à la température (E_{msy}), basé sur une moyenne sur trois ans des températures de surface de la mer du système californien (CalCOFI). La gestion de la pêche de cette espèce est encore améliorée par des modèles régionaux spatiaux. Le modèle spatial J-SCOPE ([prévision océanique saisonnière de l'écosystème de JISAO](#)) fournit des projections de propriétés physiques, chimiques et biologiques sur les horizons temporels de 6 à 9 mois, et est conçu pour être pertinent pour les décisions de gestion tactique (Kaplan *et al.* 2016). Ce modèle est basé sur le forçage climatique tel que spécifié par le modèle atmosphère-océan-terre du système de prévision climatique qui assimile à la fois les données océanographiques et atmosphériques in situ et satellitaires (Saha *et al.* 2006, Saha *et al.* 2010) appliqué ensuite au niveau régional à l'aide de systèmes régionaux de modélisation des océans (ROMS) et comprend 17 débits fluviaux. Les autres paramètres du modèle prédits par les modèles ROMS et CFS sont la salinité de la surface de la mer, la chlorophylle, les nutriments et l'oxygène. La productivité du zooplancton est également incluse. Le modèle J-SCOPE utilise ensuite des modèles linéarisés généralisés pour prévoir 4 à 8 mois à l'avance la distribution spatiale des stocks de sardines. Bien que l'application de ce modèle ait une valeur évidente pour prédire la capturabilité, elle n'est pas spécifiquement mentionnée dans l'évaluation du stock de sardines du Pacifique 2017 (Hill *et al.* 2017), mais peut avoir été utilisée dans les discussions d'évaluation (voir *Stratégies nationales et régionales*).

L'interprétation qualitative a été appliquée dans 2/7 cas; Saumon rose du sud - est de l'Alaska et goberge de l'Alaska du stock de la mer de Béring oriental. Dans ces cas, les indices étaient liés à une augmentation supposée de la prédation (saumon rose) et aux relations proies avec les prédateurs (goberge de l'Alaska). Plus généralement, pour les évaluations des stocks aux États-Unis, les approches qualitatives sont plus largement appliquées sous la forme de rapports sur l'état des écosystèmes. Ces rapports fournissent des informations contextuelles permettant aux gestionnaires des ressources de prendre des décisions éclairées, c'est-à-dire une approche qualitative permettant d'inclure les variables climatiques, océanographiques et écologiques dans l'évaluation des stocks. Ces rapports sur l'état des écosystèmes sont produits pour le Nord-Est (Programme d'évaluation des écosystèmes en 2012), Californie (Levin *et al.* 2013), Golfe du Mexique (Karnauskas *et al.* 2017), Alaska (Whitehouse et Zador 2016, Zador 2016,

Siddon et Zador). 2017, Zador et Yasumiishi 2017) et West Hawai'i (PIFSC 2016). Les informations contenues dans ces rapports peuvent inclure des oscillations climatiques à grande échelle (par ex. ODP, ENSO, ONA, OMA, Oscillation du gyre du Pacifique Nord), couverture de glace de mer, TSM, productivité du plancton, facteurs de stress environnementaux, estimations acoustiques, biomasse des prédateurs, indice de nidification des oiseaux de mer, production de mammifères marins, acidification des océans, oxygène / hypoxie, perturbation de l'habitat du fond marin et indicateurs socioéconomiques. Cela permet d'adapter les applications à plus grande échelle à la gestion des ressources locales. Cependant, le développement de conseils aussi vastes et complexes sur l'état des écosystèmes, assortis d'indicateurs sur les aspects socioéconomiques, biologiques, physiques et chimiques des écosystèmes, n'est pas sans difficultés (Slater *et al.* 2017). Les défis incluent l'insuffisance du temps du personnel et des ressources limitées, les problèmes de pertinence spatiale et temporelle, la gestion des données, le calendrier de publication du rapport et la difficulté de mettre à jour stratégiquement les rapports. En outre, nombre de ces questions sont considérées en termes de cohérence des tendances plutôt que de relations causales en soi.

Les rapports d'état de l'écosystème de l'Alaska sont produits chaque année avec des rapports distincts pour les écosystèmes de la mer de Béring oriental (2017), des îles Aléoutiennes (2016), du golfe d'Alaska (2017) et de l'Arctique (à paraître en 2015). Ce rapport et une fiche de synthèse sont ensuite remis au Conseil de gestion des pêches du Pacifique Nord pour une prise de décision contextuelle. Par exemple, l'information contenue dans le rapport de 2008 sur l'écosystème (Boldt 2008) appuyait une réduction significative de la capture totale permise de goberge de l'Alaska de la mer de Béring oriental par rapport au maximum autorisé, estimé par le modèle d'évaluation des stocks (North Pacific Fishery Management Council 2007). Les considérations écosystémiques utilisées pour appuyer cette décision comprenaient quatre années de recrutement inférieur à la moyenne, un déplacement de la population vers le nord, une faible abondance de poissons-fourrages et de proies zooplanctoniques et une prédation accrue par la plie à grande bouche (Boldt 2008). Le California Current Integrated Ecosystem Assessment est également mis à jour annuellement et fournit des informations sur l'état des indicateurs et les tendances sur cinq ans pour des stocks spécifiques tels que le poisson de fond et le saumon. (Administration océanique et atmosphérique nationale 2018). Le Conseil de gestion des pêches du Pacifique a élaboré un plan de gestion des écosystèmes de pêche pour la partie américaine du courant californien (Pacific Fishery Management Council, 2013), qui contient les impacts climatiques sur les ressources et l'examen des considérations de l'écosystème dans les évaluations des stocks.

La gestion de la pêche fondée sur l'écosystème (EBFM) peut explicitement prendre en compte les changements environnementaux et prendre des décisions de compromis pour les actions ayant un impact sur plusieurs espèces, y compris les processus écosystémiques et les facteurs tels que le changement climatique. La feuille de route EBFM de la NOAA (Sagar *et al.* 2016) incorpore des évaluations de vulnérabilité, le développement d'une évaluation de stratégie de gestion capable de mener des analyses au niveau de l'écosystème afin d'intégrer les considérations écosystémiques dans les évaluations des stocks des ressources marines vivantes avec l'exploration des compromis dans une région donnée. L'EBFM est complémentaire à la stratégie (changement climatique des pêches de la NOAA) et appuiera et intégrera les efforts d'analyse et de gestion en cours dans chaque région pour s'assurer que les efforts nationaux reflètent les connaissances locales issues de la science régionale, la gestion et les approches des parties prenantes (Sagar *et al.* 2016).

Australie

L'Australie a réussi à incorporer des variables climatiques, océanographiques et écologiques dans la gestion prévisionnelle des stocks et l'élaboration de modèles spatiaux. La langouste blanche (*Panulirus cygnus*) comprend des variables climatiques et océanographiques quantitativement incluses dans la gestion de la pêche contrôlée de la langoustine de la côte ouest, des stocks gérés par Augusta-Windy et des crustacés de la côte sud (de Lestang *et al.* 2012). Dans ce cas, les taux de récolte sont basés sur des phénomènes climatiques (indice d'oscillation australe (SOI) lié à ENSO, qui influence ensuite le courant de Leeuwin), les précipitations (utilisées comme indicateur de la fréquence des vents de l'ouest), la hauteur du niveau de la mer et la température de la surface de la mer (TSM). La relation de recrutement du stock a été calculée en fonction du courant de Leeuwin, de la TSM liée au recrutement des juvéniles et de la TSM liée à la capturabilité et utilisée pour projeter des captures dans 3 à 4 ans pour une gestion plus durable. Les variables climatiques, océanographiques et écologiques ont été appliquées de manière quantitative à la gestion d'un autre invertébré, l'holothurie *Holothuria scabra* dans le nord de l'Australie (Plaganyi *et al.* 2013). TSM, niveau de la mer, changements dans les systèmes actuels, précipitations, acidification des océans, productivité de l'habitat et du phytoplancton ont été utilisés pour générer des classements de risque (faible, moyen, élevé) dans les projections à l'horizon 2030 (un scénario du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) à moyen terme), en tenant compte des variables du cycle de vie pour trois stades de la vie; ceux-ci ont ensuite été intégrés au MSE dans le modèle d'exploitation. Cette étude a démontré l'utilisation de la MSE spatiale pour tester la performance de stratégies de récolte alternatives par la variabilité et le changement du climat.

Des modèles spatiaux prédictifs pour le thon rouge ont été développés dans la région de Great Australian Bight en Australie (Hobday *et al.* 2011, Eveson *et al.* 2015) et fournissent des conseils en saison sur les lieux de récolte. Une combinaison de variables climatiques, océanographiques et écologiques a été utilisée pour créer un outil spatial régional destiné à améliorer la capturabilité, [disponible en ligne](#) et avec une capacité prédictive de 0-2 mois. Pour les conditions actuelles, la TSM (couche supérieure de 15 m) est mesurée par satellite avec SynTS (qui utilise les données de flottaison CTD et Argo) pour les prévisions, puis prédite de manière prédictive par le modèle climatologique du Predictive Ocean Atmosphere Model for Australia (POAMA) par des prédictions du modèle TSM d'ENSO. Le modèle BRAN (BLUElink Ocean Reanalysis) est ensuite utilisé pour créer une grille TSM de 10 km pour les modèles de circulation océanique et un modèle d'habitat basé sur des études de marquage définit ensuite les emplacements prévus pour la capture de thons autorisés. Les changements dans les aires de répartition des espèces et la capturabilité associée sont des considérations importantes pour la gestion des pêches dans les climats futurs et les économies locales.

Conseil International pour l'Exploration de la Mer

Les exemples d'incorporation de variables climatiques, océanographiques ou écologiques à la gestion des pêches sont limités en Europe. Cependant, le groupe de travail du CIEM (Conseil international pour l'exploration de la mer) sur [la prévision saisonnière à décennale des écosystèmes marins](#) (2017-2020) s'emploie à résoudre ce problème et générera des produits prévisionnels couvrant à la fois les échelles de temps saisonnières et pour les années à venir. Dans le cadre de cette initiative, une évaluation du stock de merlan bleu (*Micromesistius poutassou*) a été récemment mise au point et mise à jour (Payne 2018). Les composantes du modèle comprennent l'utilisation de variables océanographiques (salinité, profil océanographique), climatiques (élévation solaire) et écologiques (larves de plancton continu, enregistreur, jour de l'année, profondeur) pour générer des prévisions avec des délais de deux mois. Les délais d'évaluation des compétences étaient de 2 à 3 ans. Les changements de

l'écosystème dans la mer Baltique ont été analysés analytiquement dans les évaluations de stock suivantes: Hareng dans SD 25-27, 28.2, 29 et 32 et Sprat dans SD 22-32, sous la forme de mortalité due à la prédation du cabillaud (CIEM 2017a).

Auparavant, le CIEM avait appliqué une variable océanographique à la gestion des pêcheries d'Anchois du golfe de Gascogne (*Engraulis encrasicolus*) en prédisant le recrutement sur la base d'une forte corrélation ($r^2 = 0,7$) d'un indice de remontée à une longue série de données de captures par unité d'effort (CPUE) pour 1967-1996 (Borja *et al.* 1996, 1998); cette relation a été confirmée dans les évaluations. Cependant, en 2000, la biomasse du stock reproducteur fondée sur cette prévision a entraîné une réduction significative du total admissible des captures, qui serait liée aux conditions environnementales. L'évaluation qui a suivi (ICES 2001) montre qu'une sous-estimation importante de la biomasse s'est produite au cours de l'année précédente et qu'un ajustement à la hausse de la biomasse reproductrice a donc été effectué. Un deuxième indice relatif à l'environnement avec recrutement de l'anchois a été comparé au modèle précédent, qui incorporait un modèle physique hydrodynamique 3D et un indice de dégradation de la stratification (DSD) en plus d'un indice de remontée (Allain, Petitgas *et al.* 2001). Ces deux modèles environnementaux ont été appliqués aux estimations de recrutement issues de l'évaluation de 2000, ce qui a réduit la variance expliquée par l'indice de remontée de Borja à 5,5% (non significatif) et à 40% (encore significatif) pour l'indice d'Allain (DSD définie est un effet important). Alors que le groupe de travail du CIEM a reconnu qu'un indice environnemental fiable serait inestimable, la nature imprécise des indices ne permettrait pas de prévisions de recrutement fiables et ces indices n'ont donc pas été utilisés dans l'évaluation des stocks (ICES 2001). En 2005, on a de nouveau noté que le recrutement dépendrait probablement de facteurs environnementaux, mais les indices environnementaux n'étaient pas suffisamment précis pour estimer la population un an à l'avance (ICES 2005). Par conséquent, même des corrélations fortes avec les conditions océanographiques avec des informations sur les pêches riches en données peuvent conduire à des hypothèses incorrectes sur les facteurs de l'abondance des pêcheries.

Stocks internationaux

Un certain nombre de stocks halieutiques sont gérés au niveau international, tels que les stocks de thon rouge (*Thunnus maccoyii*) et d'espadon atlantique (*Xiphias gladius*) de la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (CICTA) (Commission for the Conservation of the Southern Bluefin Tuna 2016, ICCAT Secreteriat 2017a, ICCAT Secreteriat 2017b). La gestion de l'espadon atlantique comprenait quantitativement les variables climatiques (OMA), océanographiques (température, profondeur, oxygène) et écologiques (chlorophylle) pour prédire les migrations saisonnières nord-sud et les inclure dans la capturabilité du modèle (ICCAT Secreteriat 2017a). Les futures recommandations visant à accroître la capacité de prévision comprenaient de meilleures données variant dans le temps. Pour le thon rouge du Sud, il a été proposé de normaliser un indice de pêche à la traîne (GTI) du thon d'âge 1 avec des facteurs environnementaux afin de développer un indicateur robuste de recrutement (Commission for the Conservation of the Southern Bluefin Tuna 2016). Les facteurs climatiques (précipitations, vent, ensoleillement, température de l'air) ont été appliqués quantitativement à un modèle GLM; les conditions météorologiques ont été jugées sans effet et, par conséquent, la GTI a été appliquée aux évaluations des stocks sans tenir compte des facteurs météorologiques. La Commission (Commission for the Conservation of the Southern Bluefin Tuna 2017) a spécifiquement recommandé des recherches sur l'impact du changement climatique sur la reproduction et le recrutement du thon (priorité moyenne / élevée), mais cela n'a pas figuré dans les plans de travail 2018-2020 (Commission for the Conservation of the Southern Bluefin Tuna 2017). Une recommandation visant à identifier les facteurs environnementaux liés à la capturabilité au niveau des bassins et à l'échelle locale a été notée,

à intégrer dans un index standardisé, ainsi que les impacts sur la fraie (ICCAT Secretariat 2017b).

Compte rendu

Parmi les études de cas soulignées, la majorité utilise la température comme variable océanographique dominante et l'inclusion de variables climatiques (par exemple ENSO, indice du Pacifique Nord) a conduit à l'élaboration d'un certain nombre de modèles spatiaux de capturabilité pour les espèces migratrices et qui changent les aires de répartition. Il faut faire preuve de prudence lorsqu'on applique des facteurs uniques aux effets causaux, car de fortes corrélations peuvent ne pas prendre en compte les mécanismes sous-jacents à l'origine de l'abondance de la population.

STRATÉGIES NATIONALES ET RÉGIONALES DE PRISE EN COMPTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET D'ADAPTATION DANS LA GESTION DES PÊCHES

Dans le cadre de notre deuxième évaluation mondiale, nous avons recherché des stratégies régionales ou nationales de prise en compte du changement climatique dans la gestion des pêches aux États-Unis, en Australie, en Europe (CIEM), en Afrique du Sud et dans les organismes de réglementation internationaux. Bien que toutes les stratégies n'aient pas été confirmées, chacune a fait des efforts pour atteindre cet objectif.

États-Unis (USA)

Parmi les pays et juridictions examinés, seuls les États-Unis ont une stratégie formalisée, la stratégie scientifique pour les pêches de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (Link, Griffis *et al.* 2015). L'objectif de cette stratégie est d'accroître la production, la livraison et l'utilisation des informations relatives au climat requises pour remplir les mandats de la NOAA en matière de pêche et utilise sept objectifs communs pour répondre aux exigences en matière d'information scientifique. Ces objectifs sont les suivants: 1) identifier des points de référence appropriés, éclairés par le climat, pour la gestion des ressources marines vivantes (LMR); 2) identifier des stratégies robustes pour gérer les LMR dans des conditions climatiques changeantes; 3) concevoir des processus de décision adaptatifs pouvant intégrer et répondre aux conditions climatiques changeantes; 4) identifier les états futurs des écosystèmes marins, côtiers et d'eau douce, des LMR et des communautés humaines dépendantes de la LMR dans un climat en évolution; 5) identifier les mécanismes des impacts climatiques sur les écosystèmes, les LMR et les communautés humaines dépendantes de la LMR; 6) suivre les tendances dans les écosystèmes, les LMR et les communautés humaines dépendantes de la LMR et fournir un avertissement précoce des changements; et 7) construire et entretenir l'infrastructure scientifique nécessaire pour remplir les mandats de la NOAA en matière de pêche dans des conditions climatiques changeantes. Ce programme global de la NOAA sera ensuite coordonné à une échelle plus locale pour élaborer des plans d'action régionaux (PAR) afin d'identifier les forces, les faiblesses, les priorités et les actions pour mettre en œuvre la stratégie nationale dans chaque région afin que la stratégie puisse être adaptée pour correspondre aux besoins et capacités régionaux (Link, Griffis *et al.* 2015). Dans le cadre de la stratégie, sept objectifs stratégiques interdépendants en matière de climat sont: 1) construire et maintenir une infrastructure scientifique adéquate; 2) suivre les changements et fournir des alertes précoces; 3) comprendre les mécanismes de changement; 4) projeter les conditions futures; 5) processus de gestion adaptative; 6) des stratégies de gestion robustes, aboutissant à 7) des points de référence fondés sur le climat. Il s'agit manifestement d'une initiative importante couvrant les secteurs de la pêche et de l'aquaculture, et des actions immédiates

pour relever les défis communs incluent brièvement la réalisation d'analyses régionales de vulnérabilité climatique, une meilleure préparation au suivi développement de la capacité à mener des MSE. Les actions à court terme comprennent le renforcement des capacités scientifiques liées au climat, y compris la recherche axée sur les processus liés au climat, et l'établissement de termes de référence normalisés et intelligents face au climat pour la gestion des pêches.

En résumé, les États-Unis utilisent actuellement des considérations climatiques nationales et régionales de multiples mesures et échelles dans les évaluations quantitatives et qualitatives de la gestion des ressources halieutiques (y compris l'aquaculture) à des niveaux monospécifiques et améliorent et accélèrent la mise en œuvre la gestion de la pêche écosystémique.

Australie

Les pêcheurs commerciaux ont déjà observé l'impact direct du changement climatique sur la pêche australienne (Comité sénatorial de l'environnement et de la communication 2017), mais n'ont pas actuellement de stratégie officielle en matière de pêche climatique au niveau national ou régional. Comprendre quels changements climatiques se produisent et être « prêts pour le climat » permettra à l'industrie et à la planification des ressources de gestion de permettre aux opérations d'éviter ou d'atténuer les impacts négatifs et d'optimiser les nouvelles opportunités qui se présentent (CSIRO 2018). Cependant, des progrès significatifs ont été réalisés vers le changement de gestion. Plus précisément: 1) les évaluations des risques sont utilisées pour hiérarchiser les besoins en informations; 2) les fiches de rapport fournissent des informations condensées pour la prise de décision; 3) examen de l'impact de la recherche pour la fourniture des données requises pour les modèles; 4) élaboration d'options d'adaptation pour aider les groupes de parties prenantes; 5) réponses de la gestion (Hobday 2018). Une analyse de sensibilité récente a montré que 70% de toutes les espèces-cibles australiennes clés présentent une sensibilité modérée à élevée dans l'un des facteurs suivants: l'abondance; distributions de mouvement et spatiales, et; comportement (CSIRO 2018). Une telle analyse de sensibilité a suggéré que la gestion de la pêche devrait prendre en compte les effets des changements dans la répartition et la phénologie avant d'envisager les effets possibles sur l'abondance dans la planification stratégique (CSIRO 2018).

La modélisation des conditions futures du scénario prédit que non seulement il y aurait des changements physiques (température, pH, par exemple), mais aussi que les écosystèmes devraient devenir plus variables (par exemple, épisodes d'années productives suivis d'une production très faible) (CSIRO 2018). Une récente enquête du Sénat de l'Organisation de la recherche scientifique et industrielle du Commonwealth (CSIRO) (Hobday *et al.* 2016) a examiné l'adéquation du contingentement actuel avec les impacts actuels et prévus du changement climatique, et indique que bien que l'Australie ait la capacité de fournir de l'information sur le changement climatique et les options d'adaptation, il faut mettre l'accent sur les politiques et la gouvernance, avec l'appui des efforts de recherche en cours. Une approche robuste du climat en matière de gestion des pêches nécessiterait une combinaison d'informations telles que l'environnement physique, la couleur des océans, des données de capture et d'effort de qualité, des données d'enquête et des données scientifiques citoyennes (CSIRO 2018). Certaines des recommandations du Sénat (Comité sénatorial de l'environnement et des communications de 2017) à la suite de cette enquête étaient les suivantes: 1) des examens du financement de la recherche sur l'impact des changements climatiques et des mesures d'adaptation pour s'assurer que le financement est approprié; 2) que le gouvernement australien aide l'industrie à s'adapter aux effets du changement climatique; 3) qu'une plus grande importance soit accordée à la gestion des ressources marines et aux projets visant à assurer une pêche et une aquaculture durables face aux changements

climatiques; et 4) que les gouvernements australien, étatique et territorial passent en revue toutes les législations relatives à la gestion de l'environnement et des ressources afin de s'assurer que la prise en compte du changement climatique est expressément requise dans le cadre des processus d'évaluation et de prise de décision. Au cours de cette enquête (Comité sénatorial de l'environnement et de la communication 2017), les Bureaux australiens non gouvernementaux de défense de l'environnement (EDO) ont estimé que les impacts des changements climatiques devraient être pris en compte dans la prise de décisions par la Environment Protection and Biodiversity Conservation Act de 1999 et incorporés dans les évaluations et les plans de gestion.

L'Autorité australienne de gestion des pêches (AFMA) s'emploie activement à comprendre les menaces et les opportunités résultant des impacts du changement climatique et a récemment adopté un plan de gestion adaptatif des pêches australiennes pour lutter contre les impacts climatiques et renforcer la résilience de leurs pêcheries (Burden *et al.* 2017). Les MPE sont utilisées pour effectuer des évaluations de cycles de gestion complets et élaborer des stratégies de récolte capables de s'adapter à de nouvelles informations. Ce processus peut renforcer la capacité d'adaptation, réduire la vulnérabilité et accroître la résilience socioécologique tout en favorisant une pêche durable (Ogier *et al.* 2016). Il y aura probablement de grandes différences entre les réactions des espèces et les niveaux d'effet dans les chaînes alimentaires, avec des prévisions selon lesquelles les populations démersales et invertébrées seraient fortement affectées (CSIRO 2018). Suite à une analyse de sensibilité et de projection récente (CSIRO 2018), un ensemble de recommandations de gestion a été formulé, à savoir: 1) une réponse par étapes peut être nécessaire lorsque la pêche est ajustée en raison de changements de comportement; 2) toutes les pêcheries et tous les opérateurs n'auront pas la même exposition au changement, ni la même capacité d'adaptation, et des informations et des mécanismes de soutien devraient donc être fournis; 3) que la gestion réussie sera fonction de bons outils scientifiques et d'approches multiples, y compris des modèles de complexité intermédiaire dans les écosystèmes (MICE); 4) les stratégies et objectifs de gestion existants devraient être examinés dans le contexte des réponses et des objectifs de gestion à long terme; 5) que les méthodes, la gestion et les méthodes d'évaluation de la pêche doivent prendre en compte le concept de changements de régime et d'événements extrêmes dans la prise de décision contextuelle; 6) que les méthodes de pêche devraient être aussi flexibles que possible pour répondre à l'évolution de l'état du système; 7) la gestion doit prioriser les ressources pour les espèces vulnérables; 8) coordination à l'échelle nationale pour tenir compte des frontières des États et du Commonwealth; et 9) nécessité d'utiliser une gestion marine intégrée. Les modèles intégrés devraient également prendre en compte les considérations socioculturelles des parties prenantes autochtones (Plagányi *et al.* 2013).

Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM)

L'Europe n'a pas de stratégie climatique développée, mais le CIEM rapporte des tendances dans l'état de l'écosystème et les pressions prioritaires à travers les aperçus des écosystèmes (AORA 2017), qui informent les gestionnaires à l'échelle régionale et varient selon la région d'évaluation. Les variables écosystémiques considérées sont le substrat, l'habitat pélagique, les communautés benthiques, le phytoplancton et le zooplancton, les céphalopodes, les poissons, les oiseaux de mer, les mammifères marins, les espèces non indigènes et les espèces et habitats menacés et en déclin. Des aperçus sont disponibles pour les écorégions suivantes: la mer de Barents (ICES 2016a), le golfe de Gascogne et la côte ibérique (ICES 2016b), les mers celtiques (ICES 2016c), la mer du Nord (ICES 2016d), les eaux islandaises (ICES 2017b) et la mer de Norvège (ICES 2017c). Les aperçus des écorégions sont examinés tous les trois ans et adaptés avec de nouvelles connaissances pertinentes. Ils constituent actuellement un mélange d'approches qualitatives et quantitatives avec une vision future de l'augmentation de l'analyse

quantitative (AORA 2017). Un atelier de 2016 (ICES 2016e) avait identifié des défis dans l'application d'approches écosystémiques, tels que des outils pour mener des analyses de compromis intégrées. Les groupes de travail de l'Union européenne (AORA 2017) ont identifié des outils permettant d'incorporer les variables climatiques, océanographiques et écosystémiques dans la gestion des ressources. Ces outils pourraient être la modélisation conceptuelle (qui décrit les interrelations entre les approches physiques, biologiques et socioéconomiques), l'analyse des risques, les indicateurs écosystémiques en tant qu'outils eux-mêmes (par exemple, communication des impacts humains sur l'écosystème), les points de référence stratégiques (qui incluent des points de référence biologiques dans le contexte de l'utilisation des ressources, telles que la conservation et les préoccupations socioéconomiques), la planification spatiale (pour réduire les conflits), les modèles fondés sur les caractères (peuvent être utilisés pour informer les compromis inhérents entre utilisateurs), modèles de complexité intermédiaire (MICE) utilisées pour les décisions de gestion tactique), les modèles de bout en bout (résumé quantitatif des fonctions écosystémiques) et les MPE.

Afrique du Sud

Bien que l'Afrique du Sud n'intègre pas directement les variables climatiques ou océanographiques dans les modèles d'évaluation des stocks, un certain nombre d'initiatives ont été menées pour faire progresser la gestion marine en Afrique du Sud dans des conditions environnementales changeantes. Une évaluation initiale de la vulnérabilité aux changements climatiques a été réalisée sur toutes les 22 pêcheries d'Afrique du Sud, y compris l'aquaculture marine, après quoi des plans d'adaptation ont été élaborés pour trois espèces (Hampton, Githaiga-Mwiciigi *et al.* 2017). Une évaluation plus poussée des impacts potentiels du changement climatique a été réalisée sur certains des 22 stocks, voir le tableau 15.3 (Augustyn, Cockcroft *et al.* 2017), qui a noté que certains impacts avaient déjà eu un impact sur les ressources. Un plan d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques ultérieur a été mis à jour pour inclure le secteur des pêches (DAFF 2016) et un atelier a examiné la possibilité d'utiliser la recherche comme outil d'adaptation aux pêches et à l'aquaculture marines contre le changement climatique (Githaiga-Mwiciigi, Département d'Afrique du Sud de l'agriculture, de la sylviculture et de la pêche, comm. pers.). Le projet de stratégie nationale d'adaptation en Afrique du Sud 2016 (Département des affaires environnementales 2016) mentionnait les compromis nécessaires entre la production économique, la conservation, la durabilité, la biodiversité et la santé des écosystèmes, qui auront un impact sur la production et les moyens d'existence. Les stratégies d'adaptation recommandées comprenaient l'utilisation de l'EBFM, la surveillance continue de l'environnement, la résilience des petits pêcheurs, la gestion intégrée des zones côtières et la collaboration avec plusieurs groupes de parties prenantes. Enfin, un plan de priorisation de la technologie a été élaboré pour donner la priorité aux technologies d'atténuation des changements climatiques et d'adaptation au changement climatique en Afrique du Sud (Githaiga-Mwiciigi pers.comm.).

Stocks internationaux

Alors que les variables climatiques ont été incorporées dans certains avis d'évaluation des stocks de la CICTA, le Plan stratégique scientifique (Comité permanent de la recherche et des statistiques 2014) ne discute pas explicitement de l'utilisation des variables climatiques dans la gestion des pêches pour les conditions climatiques futures. Il mentionne le manque de données (incertitudes majeures affectant les conseils), la recherche nécessaire, le développement de cadres de MSE pour toutes les principales espèces permettant de tester les coûts / bénéfices de la recherche et d'encourager les chercheurs des disciplines océanographiques, climatiques et socio-économiques y compris ceux du sous-comité sur les écosystèmes et les prises accessoires.

Résumé des éléments communs

Parmi les pays et juridictions examinés ci-dessus, les éléments communs étaient les suivants: évaluation des risques de vulnérabilité, examen de l'impact de la recherche, stratégie climatique élaborée ou en développement prenant en compte les deux industries marines (pêches et aquaculture), élaboration des options d'adaptation, l'engagement de parties prenantes, les réponses de gestion (par exemple EBFM) et un besoin de financement et de capacité pour soutenir la collecte de données, le développement de stratégies, la mise en œuvre et la gestion continue des ressources.

DISCUSSION

Notre examen était axé sur l'évaluation de l'incorporation des variables climatiques, océanographiques et écologiques dans la prestation de conseils dans le cadre de l'examen scientifique par des pairs et des processus ponctuels entourant les évaluations des stocks effectuées par Pêches et Océans Canada. La fourniture de conseils est généralement le résultat d'une demande émanant de secteurs opérationnels (par exemple, la gestion des pêches) cherchant à obtenir des informations sur les états actuels et futurs des ressources renouvelables afin de déterminer des taux d'exploitation durables. Étant donné que de nombreux stocks de poissons et d'invertébrés ont une durée de vie limitée et que la majeure partie de la biomasse est limitée à quelques classes d'âge, l'état de chaque population subira probablement des changements importants à des échelles de temps relativement courtes. Pour les espèces à vie plus longue avec recrutement épisodique, la biomasse vulnérable peut également varier considérablement entre les années consécutives. En conséquence, les conseils fournis sont essentiellement tactiques sur des périodes de 1 à 5 ans, bien que des recommandations concernant la planification stratégique soient également fournies, par exemple, lorsque les tendances démographiques montrent des schémas de changement persistants qui peuvent également être liés aux stratégies d'investissement de l'industrie. Globalement, la gestion tactique des pêcheries reste orientée essentiellement sur une seule espèce, avec peu de considération pour les processus du système écosystémique, ce qui ignore le fait que la productivité des stocks de poissons dépend des conditions physiques et biologiques de l'écosystème (Skern-Mauritzen *et al.* 2016). Du point de vue de la vulnérabilité aux changements climatiques, le Canada se classait au 54e rang sur 147 pays dans une étude récente (Blasiak *et al.* 2017), beaucoup plus vulnérable que les autres pays classés ici qui ont développé, ou développent actuellement des stratégies climatiques pour les pêcheries (au 142e rang, l'Australie s'est classée au 133e rang, les pays européens entre le 79e et le 147e rang et l'Afrique du Sud au 130e rang), en partie grâce aux projections des températures de surface de la mer du GIEC dans les eaux du nord.

L'évaluation des stocks repose sur la reconstitution du passé pour comprendre les moteurs du changement de l'abondance de la population et pour prévoir les perspectives à court terme. La qualité et la quantité d'informations et de connaissances disponibles peuvent limiter notre capacité à évaluer la contribution relative des différents facteurs influant sur l'évolution de la population. Cependant, les processus d'évaluation ont servi de source de connaissances fondamentale pour évaluer l'impact potentiel du changement climatique sur l'état futur de l'écosystème (Shackell *et al.* 2014; Hunter et Wade 2015; Stortini *et al.* 2015) dans les océans du Canada. Des analyses quantitatives ou des évaluations qualitatives fondées sur le poids de la preuve ont servi à interpréter les relations entre les modèles de changement dans l'abondance des populations et les variables climatiques, océanographiques et écologiques et à établir des projections de l'état des stocks étayés par la compréhension des effets à court et à long terme des conditions environnementales actuelles et passées sur la dynamique d'une espèce. Notre examen a mis en évidence que le processus d'examen par les pairs impose des

exigences élevées pour l'incorporation des connaissances environnementales dans le processus consultatif, car l'incertitude dans la compréhension des mécanismes sous-jacents ou des voies d'effet est souvent citée comme une limitation. Il est prouvé que les interactions complexes entre différentes variables climatiques, océanographiques et écologiques peuvent entraîner un changement de la domination relative d'un facteur par rapport à un autre facteur déterminant de l'état de la population, à savoir l'environnement et le changement des écosystèmes. De telles occurrences sont susceptibles d'être courantes et peuvent entraîner la rupture de relations qui semblaient auparavant fiables. Par exemple, des écarts dans la relation entre les taux de capture projetés du crabe des neiges au large des côtes de Terre-Neuve et l'étendue d'un indice de l'habitat thermique lié au climat, selon les conditions de six à huit ans avant la pêche, suite à leur effondrement à des niveaux historiquement bas, forçant une réévaluation des éléments nécessaires aux projections (DF0 2017e). Les difficultés rencontrées lors de l'incorporation de variables climatiques, océanographiques et écologiques montrent qu'il est nécessaire de développer une approche de prévention des risques pour la gestion des espèces en cas de changement climatique et de variabilité environnementale. De plus, l'approche de gestion axée sur les écosystèmes du MPO exige une meilleure compréhension des mécanismes à la base du changement plutôt que de les traiter comme une source d'incertitude dans la dynamique des stocks. Néanmoins, les évaluations d'espèces uniques demeurent un outil de prévision important pour la dynamique des populations.

POINTS SAILLANTS DES RÉSULTATS

Tandis que 46% des évaluations de stocks examinées décrivaient des hypothèses ou des liens conceptuels à grande échelle entre les variables climatiques, océanographiques ou écologiques et la dynamique des populations, l'incorporation analytique de ces facteurs était beaucoup plus faible, avec une intégration quantitative de seulement 21% et une interprétation qualitative de seulement 31% des évaluations. Dans la plupart des cas, lorsque les variables climatiques, océanographiques ou écologiques ont été incorporées quantitativement ou qualitativement dans l'évaluation du stock, l'avis qui en a résulté comprenait des déclarations sur l'importance ou les effets des considérations climatiques, océanographiques ou écologiques. Cependant, nos résultats peuvent sous-estimer la prise en compte réelle des variables climatiques, océanographiques et écologiques si ces variables ont été explorées dans des analyses préliminaires, mais exclues du rapport final en raison, par exemple, d'incertitudes élevées et non rapportées dans le document d'évaluation.

Dans les quatre questions, les évaluations des stocks de poissons anadromes, en particulier les saumons, ont systématiquement eu un taux plus élevé d'inclusion de variables climatiques, océanographiques ou écologiques. En revanche, les élasmobranches et les mammifères marins ont généralement les taux d'inclusion les plus faibles. La dynamique des populations de salmonidés a tendance à être fortement associée aux caractéristiques climatiques et océanographiques dominantes. Cependant, il convient de noter qu'une grande partie des évaluations sur le saumon du Pacifique ne sont pas examinées par le SCCS. En revanche, les élasmobranches et les mammifères marins sont généralement gérés en tant que prises accessoires et pêcheries de subsistance, souvent avec des régimes d'évaluation pluriannuels et des modèles d'évaluation relativement simples. Les pêcheries pélagiques, invertébrées et de poissons de fond représentent le gros des pêcheries commerciales et comprennent un mélange de pêcheries à haute et à faible valeur très productives.

L'élaboration d'hypothèses concernant les liens entre les variables climatiques, océanographiques ou écologiques et la dynamique des populations, ainsi que l'incorporation quantitative ou qualitative de ces variables dans les évaluations des stocks, nécessite une compréhension de la biologie et de l'écologie des espèces cibles et des conditions

environnementales et de la variabilité environnantes. Le niveau de compréhension pertinent diffère considérablement entre les stocks. De nombreux stocks de poissons de l'Atlantique ont des séries chronologiques de données sur plusieurs décennies, tandis que les stocks arctiques ont généralement des données de 10 ans ou moins. Les différences de fréquence et de méthode d'incorporation des variables climatiques, océanographiques ou écologiques reflètent les différences de force de la compréhension mécaniste des voies d'effet et du niveau de confiance dans les relations statistiques. Ils peuvent également refléter les différences d'ampleur et de force du changement climatique, océanographique et écologique qui ont affecté chaque stock. Comme un facteur n'a pas subi de grands changements, cela ne signifie pas que l'effet n'est pas un facteur important pour une population.

L'incorporation des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans les évaluations des stocks a montré des schémas régionaux et taxonomiques. L'évaluation des stocks de poissons anadromes était dominée par les stocks de saumon du Pacifique. Les relations entre la survie du saumon du Pacifique et les indices climatiques à grande échelle ont été bien documentées. De même, les corrélats environnementaux de la survie et de la migration au cours de la phase d'eau douce du cycle de vie du saumon ont été largement étudiés. Par conséquent, une grande proportion des évaluations des stocks de poissons anadromes intègre ces variables. Les évaluations des poissons de fond incluaient plus fréquemment des variables écologiques que les variables océanographiques ou climatiques, en partie parce que des changements à grande échelle dans la composition des communautés et le fonctionnement des écosystèmes ont été observés dans plusieurs de ces pêcheries, particulièrement dans les régions atlantiques. La région du Centre et Arctique incluait le moins souvent les variables climatiques, océanographiques ou écologiques parmi les régions, car la plupart des stocks de la région sont des stocks de poissons à données limitées pour lesquels les mécanismes de la dynamique des populations sont mal compris. La question de l'inclusion des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans le processus consultatif repose en partie sur notre capacité à détecter l'effet des variables sur la base de la force du signal et de l'incertitude sous-jacente de nos estimations de l'état. L'élaboration et l'application de normes pour la détection des effets climatiques, océanographiques ou écologiques augmenteraient la rigueur et la crédibilité des évaluations comprenant ces variables. De tels outils analytiques devraient être appliqués de manière systématique dans le cadre du processus d'évaluation des stocks et des écosystèmes qui inclut l'utilisation des variables climatiques, océanographiques ou écologiques. Cela serait similaire à l'approche adoptée par le GIEC en matière de détection et d'attribution des changements climatiques (Bindoff *et al.* 2013), contrairement à l'approche ponctuelle actuelle qui peut être affectée par les caprices du processus d'examen par les pairs.

Dans la plupart des évaluations comprenant des variables climatiques, océanographiques ou écologiques, les variables ont été utilisées pour décrire des paramètres variant dans le temps (inclusion quantitative) ou des tendances (inclusion qualitative) et des anomalies dans les séries chronologiques. Les liens et la dépendance à l'égard de l'habitat ont également été inclus dans les réponses aux quatre réponses, soulignant l'importance générale d'intégrer les considérations relatives à l'habitat chaque fois que possible. Lorsque les variables climatiques, océanographiques ou écologiques n'étaient pas incluses dans les avis ou recommandations d'une évaluation, les explications les plus fréquentes étaient la limitation des données ou le manque de compréhension de la voie d'effet. Toutefois, une grande partie des évaluations de stocks examinées n'a pas tenu compte des facteurs environnementaux lors de l'évaluation de l'état de la population ou de la réalisation de projections. Bon nombre des évaluations de stocks internationaux que nous avons examinées ont mis en évidence des liens avec les facteurs climatiques à grande échelle, tels que la température de surface de la mer liée à l'indice du Pacifique Nord, la ENSO ou la variabilité dans la dynamique du système du Courant de Californie.

De plus, notre examen a révélé que plusieurs évaluations canadiennes ne sont pas évaluées par des pairs par l'intermédiaire du Secrétariat canadien de consultation scientifique. La plupart des évaluations du saumon du Pacifique utilisées dans cet examen ont été documentées dans des rapports techniques ou des bulletins uniquement, dont certains ont rarement été mis à jour (par exemple, dans les 15 dernières années pour certaines espèces). Bien que ces documents soient accessibles aux gestionnaires des pêches pour éclairer les décisions de gestion, certains n'ont pas la rigueur scientifique associée à un examen par les pairs ou une description de ce processus. En particulier, l'inclusion des variables climatiques, océanographiques et écologiques n'est généralement pas évaluée de manière approfondie dans ces évaluations.

Malgré les différences observées entre les régions, les taxons et les types d'évaluation, un schéma clair est présent. Les variables climatiques, océanographiques ou écologiques sont intégrées aux évaluations des stocks lorsque leur impact est devenu plus évident en raison de la force des signaux (par exemple, les stocks de saumon du Pacifique et de poisson de fond de l'Atlantique). Des recherches de fond considérables sont nécessaires pour comprendre les liens et les voies des effets entre les variables climatiques, océanographiques ou écologiques et la productivité et l'état des stocks. Dans le cadre du processus de consultation canadien, des recherches sont en cours (p. ex. Stocks de mammifères marins et de poissons de l'Arctique) afin d'élaborer une compréhension nécessaire pour intégrer les facteurs climatiques, océanographiques ou écologiques dans les évaluations des stocks, mais le niveau d'investigation varie considérablement parmi les stocks.

Notre examen n'a pas évalué deux aspects importants de l'inclusion des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans la fourniture de conseils. La première porte sur la question de savoir si les inférences ou les projections de l'état futur de la population ont été améliorées par l'ajout des variables dans le conseil. Bien qu'il existe plusieurs exemples d'évaluations de stocks canadiens qui ont considéré quantitativement les variables de COE dans la fourniture de conseils, il y avait peu d'exemples comparant explicitement les résultats des modèles avec inclusion de COE à ceux sans. Un exemple, pour Harp Seal, a conclu que l'absence de prise en compte de la mortalité liée à la glace dans l'évaluation avait un impact significatif sur la perception de la ressource (Hammill et Stenson, 2009). Pendant un certain nombre d'années, la mortalité liée à la glace chez les phoques du Groenland d'âge jeune avait été incluse dans le modèle de population de l'évaluation, mais l'impact de son inclusion n'avait pas été testé. Hammill et Stenson (2009) ont examiné le comportement du cadre de gestion existant sous diverses hypothèses concernant la réponse d'une population simulée soumise à des changements dans les conditions environnementales, de gestion ou de modèle. Ils ont comparé l'impact de l'inclusion de la mortalité liée à la glace chez les jeunes de l'année dans un « modèle de référence » aux estimations de la population et aux avis TAC qui seraient produits par un « modèle d'évaluation » qui ne tenait pas compte de cette source de mortalité. Lors des essais de simulation, le modèle d'évaluation n'a pas atteint l'objectif de gestion consistant à maintenir une probabilité de 80% que la population reste au-dessus du seuil de précaution (Hammill et Stenson, 2009). Une telle évaluation de toutes les évaluations de cet examen nous aurait obligés à effectuer des analyses rétrospectives des projections faites avec et sans ajout de facteurs environnementaux sur des délais appropriés en fonction de l'évolution des conditions environnementales et de la longueur des projections. Les détails des projections ou l'évaluation de la valeur des informations environnementales incorporées dans l'évaluation manquaient souvent dans les documents d'évaluation. Cela aurait nécessité la collecte de toutes les sources de données et méthodes d'évaluation, ce qui dépassait largement le cadre de cet examen.

Le deuxième aspect de l'inclusion des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans la fourniture de conseils est de savoir si l'utilisation de ces connaissances pour fournir des

avis scientifiques a effectivement été appliquée aux processus décisionnels ayant abouti les allocations et l'exploitation des stocks. Cela représente une perspective critique dans toute évaluation de la valeur des avis scientifiques, mais peu documentée. Bien que les dossiers du processus d'évaluation scientifique par des pairs soient généralement [accessibles au public](#), la documentation des éléments ultérieurs du processus de prise de décision décrits à la fin de l'introduction ne sont pas facilement disponibles. Il s'agit d'une lacune majeure dans la nécessité d'avoir des étapes ouvertes, transparentes et documentées dans les processus de prise de décisions qui mènent à l'allocation des ressources naturelles canadiennes. Sans la connaissance des options (actions de gestion) et des moteurs (contraintes de conservation et impacts socio-économiques, par exemple) qui ont conduit à une action de gestion appliquée, l'évaluation de la valeur des considérations environnementales pour les futurs états des pêcheries et de l'écosystème pourrait être considérée largement conjecturale ou spéculative. Si nous voulons évaluer la force des évaluations scientifiques des futurs états de la population, il est essentiel de distinguer la dépendance à la dynamique de la population, ses réponses aux changements des conditions environnementales et la contribution des actions de gestion aux récoltes aux changements de l'état de la population.

MÉTRIQUES

Les métriques climatiques intègrent les conditions sur de grandes échelles spatiales et temporelles, indiquant généralement les tendances à long terme au lieu des fluctuations interannuelles. Ces paramètres étaient plus prédominants pour les évaluations dans la région du Pacifique, où l'oscillation décennale du Pacifique et l'oscillation El Niño-Sud capturent les caractéristiques océanographiques dominantes. Une exception concerne les évaluations des espèces anadromes, qui considèrent généralement les mesures climatiques dans toutes les régions (par exemple, l'indice d'oscillation arctique dans l'océan Arctique, l'indice multi-décennal de l'Atlantique dans l'océan Atlantique). Des mesures décrivant les caractéristiques océanographiques à méso-échelle, telles que les remontées d'eau, les tourbillons et les courants associés, ont également été prises en compte, le plus souvent lors d'évaluations effectuées dans la région du Pacifique.

La température, une métrique océanographique, était la plus couramment utilisée dans les groupes taxonomiques et les régions. Des constatations similaires s'appliquent aux évaluations des stocks dans notre examen global. La température peut être incluse dans les évaluations, tant canadiennes qu'internationales, car elle peut être mesurée de manière relativement simple, cohérente à des échelles spatiales relativement larges et reflète les caractéristiques générales de l'état des océans. Par exemple, la température a été utilisée non seulement pour les prédictions de capturabilité saisonnière de l'habitat thermique (p. ex. Thon rouge du sud; Eveson *et al.* 2015), mais aussi pour les prévisions de recrutement de trois à quatre ans (de Lestang *et al.* 2012). On prévoit que le réchauffement des océans modifiera rapidement la diversité marine mondiale (García Molinos *et al.* 2015) et, avec elle, la répartition spatiale des espèces. La prédation était la considération écologique la plus importante dans les analyses quantitatives et qualitatives, en particulier pour le poisson de fond, bien que la biomasse et la dynamique du plancton aient également joué un rôle important dans plusieurs évaluations (en particulier les espèces pélagiques, invertébrées et anadromes). Ces mesures écologiques sont plus difficiles et / ou coûteuses à mesurer avec précision, limitant leur utilité dans de nombreuses évaluations. Le tableau 3 fournit une liste des paramètres utilisés dans les récentes évaluations du MPO. Cette liste de mesures doit être considérée comme un point de départ pour les analystes d'évaluation des stocks et ne doit pas être normative.

Pour de nombreuses évaluations, les paramètres énumérés dans le tableau 3 ont été utilisés pour fournir des avis scientifiques, mais leur inclusion n'était souvent pas rigoureusement

évaluée a priori. Par exemple, lorsqu'ils ont été inclus en tant que covariables dans des modèles d'évaluation, les ajustements du modèle étaient généralement évalués en utilisant des coefficients de corrélation entre les données modélisées et les critères d'information (critères d'information d'Akaike ou de déviance). Dans quelques cas, des évaluations plus rigoureuses ont été effectuées à l'aide d'analyses rétrospectives et la réévaluation des modèles statistiques correspondait aux données ré-échantillonnées (p. ex. Prévisions de saison et de migration du saumon rouge du fleuve Fraser, MPO 2016a et taille des parcours, MPO 2017a). Ces évaluations ont permis de déterminer dans quelle mesure l'inclusion de variables améliorerait l'ajustement du modèle, mais n'évaluait pas si l'inclusion de ces paramètres améliorerait les avis scientifiques ou les résultats de gestion. Dans le cas de la sardine du Pacifique aux États-Unis, la TSM a été incluse initialement en 1998, mais les échecs de recrutement de 2006-2012 (malgré des valeurs TSM élevées) ont entraîné l'élimination de la TSM en tant que règle de contrôle de la récolte (Zwolinski et Demer, 2014). La TSM liée au courant californien a ensuite été réappliquée, définissant une règle de contrôle de la récolte et un tampon fondé sur la température (Hill *et al.* 2017), indiquant que les modèles devront être évalués et réévalués pour en vérifier la validité. Même si l'inclusion de mesures climatiques, océanographiques ou écologiques dans les évaluations améliore l'ajustement du modèle, leur inclusion peut réduire la qualité des décisions qui en résultent si les corrélations entre les variables changent avec le temps et que ces changements ne sont pas pris en compte. Dans certains cas, des évaluations plus approfondies sont mises en œuvre. Par exemple, un modèle de simulation en boucle fermée a été utilisé pour évaluer les règles de contrôle des prises en compte de la productivité variable dans le temps en raison de l'évolution des régimes océaniques (Pestal *et al.* 2012). Ce type de modèle projette l'état du stock de poisson dans l'avenir, y compris la rétroaction des mesures d'évaluation et de gestion afin d'évaluer la performance des diverses procédures de gestion par rapport à des objectifs prédéfinis, compte tenu des incertitudes sous-jacentes. Ces modèles imitent l'acquisition de nouvelles données et évaluations de stocks, l'application de règles de contrôle de la récolte et la génération d'une nouvelle biomasse de géniteurs à des étapes temporelles annuelles simulées (Kronlund *et al.* 2012).

Étant donné l'incertitude des mécanismes sous-jacents à la base de la dynamique des populations, nous recommandons d'évaluer rigoureusement l'inclusion quantitative des paramètres climatiques, océanographiques et écologiques dans les évaluations et de quantifier les incertitudes. De même, une évaluation périodique de la contribution, en termes de contenu informationnel, des mesures climatiques, océanographiques ou écologiques aux prévisions d'évaluation devrait être appliquée pour déterminer si une plus grande précision est obtenue par rapport aux cas où ils sont exclus. Une réévaluation fréquente des hypothèses et des paramètres est justifiée compte tenu des changements possibles dans les corrélations entre les variables au fil du temps, en particulier sous le changement climatique. En outre, dans notre étude, nous avons constaté que de nombreuses évaluations incluaient quantitativement des mesures climatiques, océanographiques et écologiques dans les évaluations, mais n'ont pas réussi à décrire les mécanismes sous-jacents liant ces paramètres à la dynamique des populations (par exemple, anchois du golfe de Gascogne). Nous recommandons en outre que les mécanismes (testés de manière hypothétique et / ou empirique) soient décrits dans les évaluations pour informer les analystes des conditions dans lesquelles les relations peuvent s'effondrer ou évoluer avec le temps (lorsque les hypothèses ne sont pas remplies).

Tableau 3. Mesures climatiques, océanographiques et écologiques prises en compte dans les évaluations des stocks du MPO.

Paramètres climatiques	Paramètres océanographiques	Paramètres écologiques
Étendue, épaisseur, dynamique de la glace	Température (eau, air, surface, fond, etc.)	Abondance des prédateurs (ou tendances)
Couche intermédiaire froide	Salinité	Abondance des proies (ou tendances)
Oscillation nord-atlantique	Force des vents en surface	Biomasse de copépodes
Oscillation multi-décennale de l'Atlantique	Courants océaniques en surface	Biomasse d'euphausiacés
Indice d'oscillation arctique	Variabilité des courants	Moment/durée de la floraison printanière
Température en surface de la mer dans l'hémisphère Nord	Anomalies de la hauteur de la surface ajustées en fonction de la pression	Abondance des compétiteurs (ou tendances)
Oscillation décennale du Pacifique	Transport d'Ekman	Structure des communautés
Indice de la téléconnexion Pacifique Est/Pacifique Nord	Force d'« upwelling »	Taux de croissance d'une autre espèce occupant la même niche écologique ou une niche semblable
Indice Pacifique Nord	Intensité du tourbillon et répartition spatiale	
Oscillation de la circulation du Pacifique Nord	Intensité du champ magnétique et angle d'inclinaison	
Indice de basse pression dans les Aléoutiennes	Niveau des eaux douces	
Indice d'oscillation australe	Qualité de l'eau dans les eaux douces	
Force de l'épisode El Niño/La Niña (p. ex. indice Niño-océanique)	Précipitations	
	Écoulement d'eau douce ou débit fluvial	
	Durée de la période de croissance	
	Moment/durée de la crue printanière	
	Oxygène dissous	
	Caractéristiques de l'habitat en eau douce (p. ex. gravier et érosion)	

APPROCHES

Les évaluations des stocks du MPO qui incluaient quantitativement les variables climatiques, océanographiques ou écologiques pour fournir des conseils appliquaient une gamme d'approches allant de simples approches statistiques univariées (analyse de corrélation ou

analyse de régression linéaire) à des analyses statistiques multivariées (analyse de régression linéaire multiple, modèles additifs généralisés, analyse en composantes principales) et estimation des paramètres du modèle, notamment pour la mortalité naturelle, la croissance ou la capturabilité. Il y avait quelques exemples d'application de variables climatiques, océanographiques ou écologiques pour réviser les repères biologiques afin de caractériser l'état du stock ou comme analyses de sensibilité pour évaluer ou réviser les stratégies de récolte.

Il est quelque peu surprenant, étant donné la grande quantité de littérature publiée liant les facteurs climatiques et environnementaux aux dynamiques des populations de poissons (voir Lindegren et Brander, 2018 pour une compilation récente), que peu d'exemples existent au niveau mondial ou des indices de ces moteurs sont inclus, quantitativement ou qualitativement, dans les évaluations de stock. Toutefois, la valeur des considérations climatiques, océanographiques ou écologiques dans les prévisions tactiques à court terme (1 à 2 ans) peut avoir une valeur limitée, à moins que l'état des stocks ne soit très sensible aux variations annuelles des conditions environnementales. Les projections stratégiques à moyen terme, lorsque cela est possible, peuvent être plus fortement affectées si les changements de l'état de la population sont liés aux covariables climatiques, océanographiques ou écologiques. Les réactions de la population sont probablement liées à la force et à la rapidité des changements environnementaux, et les événements extrêmes peuvent influencer davantage sur la productivité de la population.

Skern-Mauritzen *et al.* (2016) ont suggéré que seulement 2% environ des évaluations de stocks dans le monde incluent des informations sur les facteurs climatiques ou environnementaux dans les décisions de gestion tactique. Cependant, Skern-Mauritzen *et al.* (2016) n'incluaient pas de recherche sur les évaluations des stocks du MPO et notre examen indique que le MPO se situe bien au-dessus de cette proportion, une proportion beaucoup plus grande des évaluations de stock ayant incorporé des variables climatiques, océanographiques ou écologiques, quantitativement (21%) ou qualitativement (31%) et fournir des conseils (27%) sur la base de cette inclusion.

Dans notre examen des évaluations mondiales des stocks, nous avons identifié plusieurs études de cas qui incluaient des variables climatiques, océanographiques ou environnementales dans les conseils finaux à la gestion produits par le National Marine Fisheries Service (NMFS) des États-Unis. À notre connaissance, le NMFS est également la seule juridiction à avoir élaboré et mis en œuvre une stratégie nationale pour incorporer la science du climat dans les sciences halieutiques (Link *et al.* 2015). Les attributs d'évaluation du stock traités par le MPO et le NMFS avec une inclusion quantitative des informations climatiques, océanographiques ou écologiques sont similaires (mortalité naturelle, standardisation des CPUE, stratégies de croissance, de recrutement, de productivité et de récolte), mais le MPO met davantage l'accent sur l'estimation du paramètre de la mortalité naturelle (par exemple, variable dans le temps au sein du modèle) et le NMFS mettent davantage l'accent sur la standardisation de la CPUE (par exemple, la capturabilité variable dans le temps). Ces types d'évaluations de stock sont principalement des modèles statistiques de capture par âge ou des analyses de population virtuelle limitées aux stocks riches en données (séries chronologiques longues avec estimations fiables des captures, de l'effort, des indices indépendants de la pêche, les indices d'âge, de longueur et de maturité).

Une autre différence à noter entre les évaluations des stocks du MPO et du NMFS que quantitativement inclus dans le climat, des informations océanographiques ou écologiques est que toutes les évaluations des stocks NMFS que nous avons examinés fournissent de hypothèses ou des mécanismes esquissés reliant explicitement les conducteurs à la dynamique de la population, mais notre examen n'a pas une évaluation exhaustive des évaluations NMFS. Dans les évaluations des stocks du MPO, ce n'était pas toujours le cas. Souvent, les variables

climatiques, océanographiques ou écologiques ont été quantitativement incluses sans justification suffisante. Il convient également de noter que les évaluations des stocks du MPO font souvent référence à des impacts environnementaux non spécifiés sur la productivité, la croissance ou la mortalité. Ces deux observations peuvent indiquer un manque de recherche axée sur les processus du MPO, qui aide les analystes à identifier le soutien empirique des hypothèses ou des mécanismes conceptuels. Étant donné que de simples corrélations entre les indices environnementaux proxy et la dynamique des populations changeront au fil du temps (Myers 1998), l'inclusion du climat, les conducteurs océanographiques ou écologiques sans une bonne compréhension du processus de l'écosystème entraînera probablement de modéliser l'échec ou peuvent être consultés par les gestionnaires comme peu fiables. Cela pourrait expliquer la faible proportion des évaluations des stocks du MPO qui incluaient quantitativement des informations climatiques, océanographiques ou écologiques et qui, en fait, fournissaient des conseils fondés sur cette inclusion. Cela témoigne également de la nécessité de surveiller attentivement les écarts par rapport aux relations empiriques afin de déterminer quand et pourquoi elles peuvent s'effondrer. Ceci est similaire aux États-Unis où nous avons trouvé plusieurs évaluations NMFS dans lesquelles il y avait des modèles conceptuels sur les effets des variables climatiques, océanographiques et écologiques (par exemple, les effets proie-prédateur de la goberge de l'Alaska du golfe de l'Alaska (Dorn, Aydin *et al.* 2017); effets de la température sur le homard américain (ASMFC américain homard Groupe d'étude sur l'évaluation des stocks 2015), les conditions océanographiques sur les stocks de bar noir du Nord et du Sud (Nord-Est Fisheries Science Centre 2017A) et le spare doré (ASMFC spare doré Groupe de travail 2015)), mais qui ont été incapables de trouver suffisamment des relations solides justifiant l'incorporation de leurs effets dans les conseils.

Les approches qualitatives appliquées aux évaluations des stocks du MPO visaient principalement à interpréter les tendances ou les anomalies des indices boursiers tels que la CPUE ou la distribution. La faible proportion des utilisateurs qui ont utilisé qualitativement les paramètres climatiques, océanographiques ou écologiques pour prévoir la dynamique des stocks a appliqué une approche diagnostique à indicateurs multiples (approche des feux de signalisation) pour justifier le choix du scénario de mortalité du modèle (MPO 2017b) ou pour évaluer l'état du stock par rapport aux points de référence et fournit des perspectives pour la biomasse future (MPO 2017c). Lors d'une récente évaluation globale, l'inclusion directe des facteurs écosystémiques était rare, mais les évaluations contextuelles des indicateurs écosystémiques étaient plus fréquentes et avaient influencé la prise de décision tactique, bien que souvent énoncées explicitement dans les rapports d'évaluation (Skern-Mauritzen *et al.*, 2016), comme nous avons également trouvé. L'évaluation du stock de saumon rouge de l'Okanagan (MPO 2017b) n'a en fait pas élaboré sa propre série d'indicateurs, mais a plutôt utilisé une fiche de suivi écosystémique du NMFS pour le saumon coho et le saumon quinnat dans le courant californien (Peterson *et al.*, 2017). Dans l'ensemble, les approches qualitatives utilisées dans l'évaluation des stocks du MPO pour inclure les informations climatiques, océanographiques ou écologiques ne sont pas aussi complexes ou développées que l'approche largement appliquée dans le cadre du NMFS. Pour plusieurs grands écosystèmes marins, le NMFS produit des rapports complexes sur l'état de l'écosystème avec des indicateurs complets pour tous les aspects de l'écosystème (voir, par exemple, Zador et Yasumiishi 2017). Comme indiqué précédemment, ces rapports sur l'état de l'écosystème vont au-delà de la simple interprétation des tendances ou anomalies des indices boursiers pour fournir un contexte permettant aux gestionnaires des ressources de prendre des décisions éclairées. Cependant, ce qui est moins clair, c'est comment ils informent actuellement le processus d'évaluation des stocks en soi. Le MPO est en train de normaliser les rapports sur l'état de l'océan qui, s'ils sont mis au point, pourraient permettre de combler les lacunes des recherches du MPO sur des indicateurs écosystémiques significatifs et leur application à des avis scientifiques. Les

évaluations de la vulnérabilité du MPO pour le Pacifique (MPO, 2013a), l'Atlantique (MPO, 2013b; Stortini *et al.* 2015) et l'Arctique (MPO, 2013c) pourraient également être résumées et utilisées pour des processus scientifiques éclairés. Des classements de vulnérabilité climatique ont été développés pour certaines espèces au niveau des espèces (Stortini *et al.* 2015; Hare *et al.*, 2016). Aux États-Unis, les classements ont été directement appliqués à la gestion de la pêche en fonction de la sensibilité biologique et de l'exposition au climat aux États-Unis (Gaichas *et al.* 2017). Les indices composites des rapports sur l'état des écosystèmes peuvent être utilisés pour élaborer un indice régional et peuvent servir à intégrer les indicateurs climatiques, physiques et écologiques dans les avis scientifiques (Northeast Fisheries Science Center, 2017b). L'élaboration de rapports détaillés sur l'état des écosystèmes représente une étape critique dans l'intégration des considérations climatiques, océanographiques et écologiques dans les évaluations des stocks.

Les évaluations des stocks du MPO selon lesquelles des variables climatiques, océanographiques ou écologiques quantitativement ou qualitativement appliquées ont fourni des conseils tactiques devraient être valables pour une période de 1 à 5 ans. C'est le résultat des besoins de gestion des conseils à court terme (c'est-à-dire un recours continu à l'évaluation des stocks d'une seule espèce) et reflète peut-être l'incertitude accrue des variables climatiques, océanographiques ou écologiques sur des échelles de temps décennales ou à plus long terme (si ces prévisions sont même disponibles). L'élaboration de conseils stratégiques (stratégies de récolte, par exemple) fondés sur les évaluations de stratégies de gestion pourrait inclure des incertitudes liées au changement climatique et à la variabilité environnementale et fournir des stratégies de récolte alternatives à ces incertitudes (Lindgren et Brander, 2018) et fournir des options de gestion pour des échelles de temps plus longues (cinq ans à dix ans). L'Autorité australienne de gestion des pêches (AFMA) a mis au point des plans de gestion adaptative dans les pêcheries australiennes, qui permettent d'évaluer les cycles de gestion dans l'élaboration de stratégies de récolte (Ogier *et al.* 2016). Un bon exemple serait le MSE mentionné ci-dessus pour *Holothuria scabra* (Plagányi *et al.* 2012), holothurie du nord de l'Australie, qui appliquait un scénario du GIEC à moyen terme pour les projections à l'horizon 2030 afin de tester des stratégies de récolte alternatives sous l'influence des changements climatiques. Les seules MSE en boucle fermée du MPO ont été appliquées à la morue charbonnière dans la région du Pacifique (Cox *et al.* 2011, MPO 2017d) et à la goberge dans la région des Maritimes (MPO 2011, MPO 2015), bien qu'aucun ait considéré le changement climatique ou la variabilité environnementale dans les modèles d'exploitation ou scénarios. L'approche MSE présente deux avantages: l'incertitude sur la relation entre la dynamique des populations et les variables climatiques, océanographiques et écologiques peut être explicitement prise en compte, et différentes hypothèses peuvent être évaluées sur les voies d'exploitation des effets.

Bien que nous ayons essayé de saisir de manière générale les généralités des approches qualitatives et quantitatives appliquées dans les évaluations des stocks du MPO, Skern-Mauritzen *et al.* (2016) ont fait une observation importante qui est pertinente pour notre discussion sur la manière d'inclure les facteurs climatiques et environnementaux dans les conseils d'évaluation des stocks: le processus scientifique pour y parvenir est conduit par des individus ou des équipes qui adaptent leurs approches à leur cas particulier de la disponibilité des données et la compréhension des processus impliqués. Les incertitudes dans les projections des modèles climatiques peuvent également contribuer au manque de confiance des décideurs politiques, en particulier lorsqu'ils passent d'une prise de décision tactique à une prise de décision stratégique (Burden *et al.*, 2017) et, par conséquent, l'intégration des climatologues et des scientifiques de la pêche serait bénéfique. De plus, Skern-Mauritzen *et al.* (2016) ont observé que les agences régionales ayant des programmes de longue date de surveillance de l'environnement et des stocks de poissons (notamment NMFS et pays du CIEM

du nord) ont également soutenu de nombreuses études sur les facteurs écosystémiques de la productivité halieutique, et sont les mêmes agences qui sont à l'avant-garde de mettre en œuvre l'inclusion des processus écosystémiques dans la gestion tactique des pêches. Cela souligne la priorité à donner au maintien et à l'amélioration du soutien scientifique au MPO pour la recherche écosystémique, en particulier la recherche axée sur les processus qui postule des mécanismes conceptuels et fournit une base empirique pour relier les facteurs climatiques et environnementaux à la productivité des stocks de poissons. Les tests de simulation et les analyses de sensibilité dans les évaluations pourraient tester les hypothèses d'évaluation ainsi que les mécanismes conceptuels dans un cadre MSE. Cela aiderait à définir les principaux moteurs de l'écosystème, le soutien nécessaire à la surveillance de l'écosystème et à déterminer comment modifier les modèles d'évaluation des stocks pour intégrer ces facteurs.

PERSPECTIVE POUR L'AVENIR

Une analyse mondiale récente des impacts probables du changement climatique sur les pêcheries a conclu que des réponses de gestion adaptative efficaces pourraient aboutir à des pêcheries plus prospères, alors que des réponses inadaptées (statu quo, par exemple) entraîneraient des pertes considérables en biomasse, récoltes et rentabilité (Gaines *et al.* 2018). Ce résultat souligne la nécessité d'aller de l'avant avec l'intégration des changements climatiques dans les avis scientifiques sur la gestion des pêches du MPO. Il se produit actuellement à divers degrés au Canada (et dans le monde entier), en utilisant une gamme d'approches et d'outils. Fondamentalement, l'examen précédent souligne que pour comprendre les effets du changement climatique sur les espèces commerciales, il faut également comprendre les effets du changement climatique dans l'écosystème (c'est-à-dire que la prise en compte des changements climatiques est un aspect particulier de la gestion de la pêche écosystémique ne peut pas être traité séparément). Le changement climatique peut affecter directement et indirectement les espèces, ou les deux. En ce qui concerne les espèces commerciales ou l'accès aux stocks, le plus grand risque pour la productivité lié au changement climatique peut ne pas être direct, mais peut être transmis par le réseau alimentaire, par exemple, les changements de la productivité des proies, la répartition et la composition des espèces changeantes, ou augmentation des prédateurs.

Il y a plusieurs messages clés tirés de cet examen qui peuvent constituer la base d'un plan du MPO pour aller de l'avant :

1. **Le changement climatique fait partie intégrante de l'EBFM:** les facteurs climatiques, océanographiques et écologiques sont tous liés et devraient être considérés conjointement. Le changement climatique est l'un des aspects de l'EBFM. Lorsque des modèles climatiques sont nécessaires, il peut être plus facile de s'intégrer initialement aux principaux modes de variabilité des océans (par exemple, ENSO, gyre sub-polaire de l'Atlantique Nord) et à leurs conséquences biologiques. Les prévisions de température de la surface de la mer seraient utiles, car les ensembles de données historiques durent souvent des décennies et les techniques de prévision utilisant des techniques avancées sur une période de 50 ans peuvent accroître les compétences de prévision sur des échelles de 1 à 10 ans (Tommasi *et al.* 2017).

-
2. Une combinaison **d'approches qualitatives et quantitatives** est nécessaire, évoluant vers des approches quantitatives où les données sont disponibles. Les approches qualitatives peuvent fournir un contexte écosystémique plus large, l'élaboration d'hypothèses et peuvent permettre de fournir des conseils dans des situations où les données sont insuffisantes. Des approches quantitatives sont utilisées pour explorer les relations entre les variables et les stocks climatiques, océanographiques ou écologiques. Le cas échéant, ils peuvent ensuite être utilisés pour élaborer des règles de contrôle de la récolte et des points de référence, ou servir de base aux MSE. Plusieurs cas dans cette revue où certaines évaluations de stocks utilisent l'une ou l'autre de ces approches (p. ex. MPO 2016a Modèles de rythme et de réacheminement du saumon rouge du Fraser; MPO 2016b Évaluation du stock de la morue du Nord; MPO 2017c Évaluation de la crevette nordique sur l'est du plateau néo-écossais), mais pour les autres stocks de la même espèce, la ou les approches ne sont pas appliquées parce que la force de la relation et / ou du signal est incertaine. Ces cas devraient servir de base à la poursuite du développement ou à l'évaluation des avantages de l'élargissement de l'application des connaissances climatiques, océanographiques ou écologiques dans le cadre du processus consultatif.
 3. **Les évaluations des écosystèmes** (c'est-à-dire les rapports de situation) peuvent et doivent guider les évaluations des stocks de poissons. Ils permettent de suivre l'évolution des propriétés de l'écosystème susceptibles d'affecter le stock d'intérêt. Ils permettent également de suivre des tendances cohérentes entre les stocks et / ou les propriétés de l'écosystème susceptibles d'indiquer des changements plus larges et de fournir rapidement des signaux d'alerte de changement et de fournir une évaluation globale de l'état de l'écosystème. La plupart des régions du MPO utilisent déjà des indicateurs pour évaluer l'état de l'écosystème, ce qui a contribué aux rapports sur l'état des océans. Les évaluations de l'écosystème peuvent améliorer l'efficacité opérationnelle puisque les données obtenues appuient plusieurs objectifs, notamment l'évaluation des stocks, la surveillance de l'habitat, la surveillance de la biodiversité, les évaluations COSEPAC / LEP et la détection des espèces aquatiques envahissantes. La priorité pour les rapports sur l'état de l'océan devrait être l'application d'un processus de sélection des indicateurs, plutôt que l'inclusion ad hoc de séries chronologiques.
 4. **Les changements de la distribution des espèces** ne sont pris en compte que dans quelques évaluations de stocks du MPO (et principalement chez les invertébrés), mais il existe de nombreuses preuves indiquant que de nombreuses espèces se déplaceront vers le nord en raison de l'augmentation des températures (Shackell *et al.* 2014; Kleisner *et al.* 2017). Les changements de parcours peuvent également offrir de nouvelles possibilités d'adaptation des pêcheries pour accéder à de nouvelles espèces commerciales. En outre, **les changements de phénologie** du stock (par exemple, migration, frai) et de leur environnement résultant des changements climatiques sont également susceptibles de jouer un rôle important dans la dynamique des populations par leurs effets sur la croissance, le recrutement / la survie, etc.

-
5. L'utilisation d'approches **multi-modèles ou d'un ensemble de modèles** est très utile, car un modèle d'évaluation de stock d'espèces unique peut être intégré à des modèles qui capturent une plus grande partie de l'écosystème (modèles minimalement réalistes, modèles MICE, modèles écosystémiques) et prendre en compte les interactions trophiques et autres effets indirects. D'autres approches, basées sur un ensemble ou un modèle, peuvent également fournir des estimations plus robustes (Anderson *et al.* 2017, Rosenberg *et al.* 2018). À l'heure actuelle, les évaluations des stocks du MPO sont généralement effectuées espèces par espèces, sans lien ni nidification avec des modèles écosystémiques plus vastes ou avec une compréhension plus large de l'écosystème.
 6. Il y a inévitablement des **compromis** entre l'état de nos connaissances (et son niveau **d'incertitude**) et la nécessité de faire preuve de prudence dans la gestion. À mesure que l'incertitude augmente, il faut aussi faire preuve de prudence. Il existe des exemples de règles de contrôle de la récolte qui incluent des zones tampons (par exemple, la sardine du Pacifique a une règle de contrôle de la récolte avec un tampon d'incertitude basé sur la température, voir ci-dessus (Hill *et al.* 2017)). Les points de référence de la pêche devront être réévalués et ré-estimés car des changements environnementaux peuvent modifier la productivité des espèces ou la pêche des prédateurs peut modifier les réponses des proies (Kumar *et al.* 2017) Des évaluations des compromis dans les modèles de pêche et économiques ont été effectuées (Essington *et al.* 2017) et ne doivent pas négliger la composante humaine de la gestion des écosystèmes.
 7. **L'évaluation de la stratégie de gestion** (MSE) joue un rôle clé dans le développement d'approches de gestion robustes du changement climatique dans plusieurs juridictions internationales. Cela n'a pas encore été appliqué dans un contexte de changement climatique au Canada. Cela nécessiterait une compréhension des mécanismes qui sous-tendent la dynamique des stocks, des projections climatiques correctement réduites en fonction de divers scénarios de gestion et de changement climatique (Punt *et al.* 2014). Cependant, une compréhension complète n'est pas essentielle - Les hypothèses et les incertitudes peuvent être évaluées avec différents degrés de détail, et une compréhension supplémentaire peut être intégrée dès que possible.
 8. Comprendre les impacts probables du changement climatique nécessite une **recherche et une capacité systématiques axées sur les processus**. Des recherches approfondies sont nécessaires sur les facteurs qui affectent la distribution et l'abondance des espèces de poissons et de proies, la structure trophique, la dynamique prédateur-proie et les interdépendances des espèces.

-
9. **Impacts sociaux et économiques du changement climatique** - il n'y a pas eu de prise en compte explicite des impacts sociaux et économiques du changement climatique dans les évaluations des stocks du MPO examinées. Cependant, tous deux sont largement reconnus comme faisant partie intégrante de l'EBFM (Essington *et al.* 2017 et ses références, AORA 2017) et de la gestion du changement climatique (Link *et al.*, 2015, DAFF 2016, Pinsky et Fogarty 2013, Allison *et al.* 2015). Le changement climatique aura un impact sur les activités anthropiques telles que la pêche qui dépend des espèces commerciales pour assurer leur subsistance et générer des bénéfices pour les entreprises. Les distributions d'espèces changeantes peuvent entraîner des conflits au sujet des quotas. Certaines espèces bénéficieront du changement climatique - comment ces avantages seront-ils répartis entre les pêcheries ? La gestion du changement climatique exige de prendre en compte les conséquences sociales et économiques du changement climatique sur la productivité, le comportement et la distribution des espèces commerciales. Les analyses sociales et économiques du changement climatique constituent une lacune importante.

Malgré l'avancement d'une approche écosystémique dans le [cadre des pêches durables](#), et la stipulation de la lettre du premier ministre au ministre des Pêches intitulée «Utiliser les preuves scientifiques et le principe de précaution et tenir compte des changements climatiques lors de la prise de décisions touchant les stocks de poissons et la gestion des écosystèmes», le MPO doit relever plusieurs défis si ils vont développer une approche nationale responsable et cohérente de la gestion des changements climatiques fondée sur les écosystèmes :

1. Les évaluations des stocks doivent être intégrées à l'écologie, à l'océanographie, à la climatologie, à la sociologie et à l'économie et intégrées au contexte socioéconomique et à l'écosystème élargi pour soutenir des approches de gestion souples et résilientes.
2. Il y a actuellement un manque de capacité et d'expertise pour intégrer et adopter cette stratégie.

Afin de rendre le processus plus inclusif, (J. Link and P. Lynch, NMFS, US, communication personnelle) ont suggéré deux approches qui pourraient servir à fixer les priorités de la mise en œuvre d'une approche écosystémique aux évaluations des stocks :

1. Développer un arbre de décision afin de prioriser les stocks pour l'incorporation des variables climatiques, écologiques ou océanographiques dans l'évaluation.
2. Fournir une tribune aux groupes d'experts, leur permettant de se réunir pour identifier les stocks qui bénéficieraient fort probablement des variables climatiques, océanographiques ou écologiques dans l'élaboration des avis. Cela pourrait être réalisé à l'échelle régionale afin de répondre aux besoins locaux avant la mise en œuvre d'un programme nationale.

Sur la base de notre examen, nous proposons trois approches pour incorporer les considérations relatives au changement climatique dans les avis scientifiques sur la gestion des pêches, qui résument l'éventail des possibilités:

Statu quo - Développer l'approche nationale en utilisant les ressources actuelles

- Développer une boîte à outils des méthodes et outils existants
- Transférer les connaissances entre les stocks, les régions et les scientifiques chargés de l'évaluation

-
- Inclure une compréhension conceptuelle des facteurs climatiques, océanographiques et écologiques influant sur le stock d'intérêt dans les sections d'arrière-plan des documents d'évaluation des stocks.
 - Développer des évaluations écosystémiques intégrées pour toutes les régions sur la base d'un processus de sélection d'indicateurs établi qui intègre plusieurs disciplines (océanographie biologique, chimique et physique, état de la population et de la communauté, tendances et structure, etc.).
 - Inclure les changements climatiques ou la variabilité environnementale dans les modèles d'exploitation ou les scénarios des évaluations des stratégies de gestion existantes et en cours d'élaboration du MPO.

Approche provisoire de l'EBFM – Développer l'approche nationale en utilisant des ressources supplémentaires

- Éléments du statu quo, plus:
- S'appuyer sur l'expertise existante pour développer des approches plus quantitatives
- Accroître les capacités en matière de recherche sur les changements climatiques et les écosystèmes et apporter un soutien accru aux évaluations des stocks de poissons
- Appliquer de multiples approches empiriques et de modélisation pour développer une compréhension globale des facteurs climatiques, océanographiques et écosystémiques affectant la dynamique des stocks
- Organiser des ateliers de formation nationaux pour développer une expertise dans la gestion des pêches basée sur les écosystèmes, y compris des approches qualitatives pour l'évaluation des stocks
- Développer une expertise supplémentaire dans l'évaluation de la stratégie de gestion, y compris la prise en compte des réponses des pêcheurs aux changements des conditions environnementales et des pratiques de gestion.

Approche intégrée EBFM

- Éléments des deux sections précédentes, plus:
- Développer une stratégie scientifique nationale sur le climat des pêches
- Élaborer des plans d'action régionaux visant à mieux comprendre l'impact du climat sur les ressources marines vivantes (RMT), et déterminer comment réduire les impacts et accroître la résilience des LMR et des communautés dépendantes de la RMR.
- Développer la compréhension du stock à l'écosystème, en utilisant de multiples modèles et approches empiriques
- Fournir des évaluations régulières des indicateurs de l'écosystème et du statut socioéconomique
- Développer les capacités en sciences sociales et économiques pour inclure la recherche sur les dimensions humaines dans l'impact des changements climatiques.
- Promouvoir une approche d'équipe interdisciplinaire pour les évaluations des stocks, avec l'inclusion des océanographes, des écologistes, des spécialistes des sciences sociales et des économistes (par exemple, Link *et al.* 2015; figure 13).

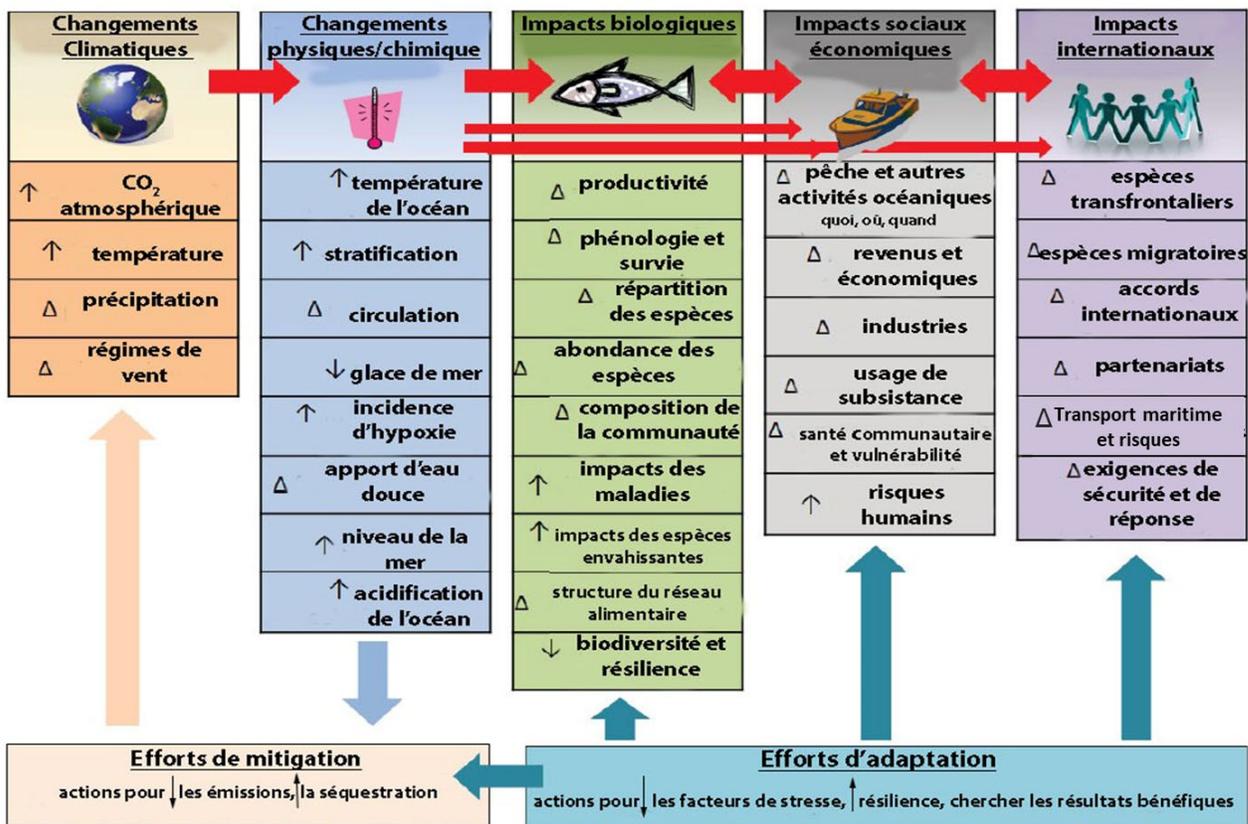


Figure 13. Schéma illustrant les impacts actuels et / ou prévus du changement climatique sur les principales composantes des écosystèmes marins et côtiers. De Link et al. (2015; NOAA Fisheries Climate Science Strategy).

RECOMMANDATIONS

Immédiatement, nous recommandons que le MPO :

1. Développer et mettre en œuvre un plan pour une approche EBFM liée à l'élaboration d'une stratégie scientifique nationale sur le climat des pêches, visant à prendre en compte les impacts sociaux et économiques du changement climatique - A entreprendre: créer un groupe de travail intersectoriel national et régional (Science, gestion des pêches, océans, politique) pour élaborer un plan d'action et une stratégie de mise en œuvre pour aller de l'avant dans la prise de décision.

-
2. Renouveau de l'engagement envers la recherche fondamentale pour l'EBFM: Le changement climatique fait partie intégrante de l'EBFM car les facteurs climatiques, océanographiques et écologiques sont tous liés et devraient être considérés conjointement. Notre examen du processus d'évaluation des stocks par Pêches et Océans Canada a mis en évidence des incohérences dans le contenu de l'information environnementale des documents consultatifs, ce qui peut avoir souvent reflété l'état des connaissances entourant un stock. La prédominance d'un manque de compréhension des relations sous-jacentes entre la dynamique des stocks avec les variables climatiques, océanographiques et écologiques comme raison de l'exclusion des considérations environnementales dans la fourniture des conseils met en évidence les faiblesses des activités scientifiques du MPO au fil des années. La recherche fondamentale est un élément fondamental pour l'élaboration d'un cadre de gestion fondé sur les écosystèmes. La compréhension des mécanismes qui entraînent le changement ne peut être obtenue que par des efforts dirigés et répétés pour étudier les processus sous-jacents dans une large gamme de conditions à l'aide d'approches statistiques et de modélisation. Les programmes de recherche internationaux ont démontré la valeur de la recherche fondamentale dans l'évaluation des facteurs de changement dans la dynamique des stocks et des écosystèmes. Le développement d'une approche stratégique pour parvenir à la durabilité de l'écosystème, tout en s'appuyant sur des conseils tactiques pour les plans d'action à court terme, ne sera atteint que lorsque l'impact des activités humaines (par exemple, l'exploitation) peut être défini en fonction de la variabilité – A entreprendre: Développer une stratégie de financement coordonnée pour les activités de recherche de base et sectorielles.
 3. Effectuer une évaluation de la réponse (anciennement vulnérabilité) pour évaluer les stocks qui réagissent très bien au changement climatique (de manière négative ou positive):
 - Concentrer la recherche sur le mécanisme de forçage environnemental de la dynamique des stocks
 - Si un modèle de population quantitatif existe, évaluez si les variables / paramètres variables en fonction du temps d'inclusion / estimation sont possibles et / ou informatifs
 - Déterminer les conséquences potentielles pour prévoir les tendances de la population
 - Développer des indices spatiaux pouvant caractériser les changements de répartition
 - Évaluer si les changements de phénologie sont détectables et évaluer leurs conséquences potentielles sur la productivité et sur le calendrier de la saison de pêche
 - Identifier les impacts climatiques potentiels sur la productivité et la distribution des proies et des prédateurs

A entreprendre - Reprise des groupes de travail à l'échelle du bassin ACCASP pour mettre à jour les éléments critiques des examens des tendances climatiques et des projections et impacts, vulnérabilités et opportunités liés à l'évaluation de la réponse
 4. Réviser le format des avis scientifiques du MPO (ou des documents similaires) pour exiger une section sur l'écosystème, l'environnement (par exemple, l'état océanographique physique, chimique et biologique) et les changements climatiques qui:
 - Fournir un résumé de « l'évaluation de la réponse »
-

-
- Résumer les connaissances (ou l'absence de connaissance) des mécanismes qui sous-tendent les relations entre les espèces avec les variables climatiques, océanographiques et écologiques;
 - Décrire les changements / tendances dans les composantes clés de l'écosystème (par exemple, les proies, la structure de la communauté, les prédateurs) sur la base des évaluations de l'écosystème;
 - Identifier les plages de températures / connaissance des changements de distribution;
 - Identifier les lacunes dans les connaissances;
 - Inclure un point obligatoire dans le résumé consultatif pour mettre en évidence les connaissances et l'incertitude sur les liens avec les facteurs environnementaux et écosystémiques;
 - Inclure la prise en compte des impacts climatiques probables sur la pêche

De plus, nous recommandons que, pour les évaluations de stocks qui incluent des variables climatiques, océanographiques et / ou écologiques dans les conseils sur la fourniture, des conseils alternatifs qui ne tiennent pas compte de ces variables soient également documentés. Cela ajouterait de la transparence dans la prise de décision et permettrait aux analystes de réévaluer rétrospectivement les décisions (ou les prévisions) des années suivantes. La source d'information pour les considérations relatives aux écosystèmes, à l'environnement et au changement climatique devrait elle-même être développée par le biais d'un processus ou d'un forum d'examen par les pairs.

5. Travailler à l'application plus large et plus écologique des méthodes d'évaluation de la stratégie de gestion aux évaluations des stocks de poissons clés. Les tests de simulation et les analyses de sensibilité dans les évaluations pourraient évaluer les hypothèses associées aux mécanismes conceptuels dans un cadre MSE. Cela pourrait aider à définir les moteurs de l'écosystème, le soutien nécessaire à la surveillance des écosystèmes et à déterminer comment modifier les modèles d'évaluation des stocks pour intégrer ces facteurs. Compte tenu de l'incertitude entourant les mécanismes sous-jacents à la dynamique des populations, nous recommandons que l'inclusion quantitative des mesures environnementales dans les évaluations soit rigoureusement évaluée et que les incertitudes soient évaluées et examinées par des pairs. Une réévaluation fréquente des hypothèses et des paramètres est justifiée compte tenu des changements possibles dans les corrélations entre les variables au fil du temps et du changement potentiel de l'équilibre des facteurs de changement climatique. A entreprendre - développer la capacité de MSE. Les détails dépendront de l'avancement des points 1 à 4.
6. Viser à établir un lien plus étroit entre les secteurs des sciences, de l'économie et des politiques du MPO pour planifier le développement et l'acquisition de l'expertise en sciences sociales nécessaire pour évaluer les conséquences socioéconomiques et les impacts des changements climatiques et évaluer les compromis une approche MSE (par exemple Holsman *et al.* 2017). A entreprendre: Requiert une coordination au niveau ministériel du plan d'action intersectoriel.

-
7. Le MPO devrait collaborer et se coordonner avec d'autres pays, comme les États-Unis, qui ont adopté des politiques nationales en matière de gestion écosystémique et de climatologie. Il y a probablement des leçons à tirer dans les deux sens de cette collaboration. En outre, aux États-Unis, un projet de plan a été élaboré qui fournit des directives et une approche détaillée pour déterminer quand et comment les évaluations des stocks devraient être élargies pour inclure les facteurs écosystémiques. La collaboration pour tester et mettre en œuvre ce processus peut être fructueuse. A entreprendre - formation d'un groupe de travail national sur l'écosystème MPO / NMFS.

REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier Annie Simons pour son travail de synthèse des informations provenant des 111 évaluations de stocks des régions du Québec, du Golfe, des Maritimes et de Terre-Neuve et des six stocks transfrontaliers de l'Atlantique. Nous remercions également les scientifiques de différentes régions qui ont répondu aux questions concernant les stocks pour lesquels ils fournissent des évaluations et des conseils.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Allain, G., Petitgas, P., and Lazure P. 2001. The influence of mesoscale ocean processes on anchovy (*Engraulis encrasicolus*) recruitment in the Bay of Biscay estimated with a three-dimensional hydrodynamic mode. *Fisheries Oceanography* 10: 151-163.
- Allison, E.H. and Bassett, H.R. 2015. Climate change in the oceans: Human impacts and responses. *Science*, 350 (6262), pp.778-782.
- Andersen, K.H., and Brander, K. 2009. Expected rate of fisheries-induced evolution is slow. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 11657-11660.
- Anderson, S.C., Cooper, A.B., Jensen, O.P., Minto, C., Thorson, J.T., Walsh, J.C., Afflerbach, J., Dickey-Collas, M., Kleisner, K.M., Longo, C. and Osio, G.C. 2017. Improving estimates of population status and trend with superensemble models. *Fish and Fisheries*, 18: 732-741.
- AORA (2017). Working Group on the Ecosystem Approach to Ocean Health and Stressors. January 2017, Reykjavik, Iceland: 53p.
- ASMFC American Lobster Stock Assessment Review Panel (2015). American Lobster Stock Assessment Peer Review Report 2015, Atlantic States Marine Fisheries Commission, NOAA: 493p.
- ASMFC Scup Working Group (2015). 60th SAW Assessment Report for Scup, Atlantic States Marine Fisheries Commission: 13-334.
- Augustyn, J., A. Cockcroft, S. Kerwath, S. Lamberth, J. Githaiga-Mwicigi, G. Pitcher, M. Roberts, C. D. van der Lingen and L. Auerswald 2017. South Africa. *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis*. M. P.-R. B.F. Philips, Wiley Publishing: 479-522.

-
- Bindoff, N.L., Stott, P.A., AchutaRao, K.M., Allen, M.R., Gillett, N., Gutzler, D., Hansingo, K., Hegerl, G., Hu, Y., Jain, S., Mokhov, I.I., Overland, J., Perlwitz, J., Sebbari, R. and Zhang, X. 2013. Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional. *In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Edited by Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P.M. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Chapter 10, pages 867-952.
- Blasiak, R., Spijkers, J., Tokunaga, K., Pittman, J., Yagi, N. and Osterblom, N. 2017. Climate change and marine fisheries: Least developed countries top global index of vulnerability. *PLoS One* 12(6): 15.
- Boldt, J. 2008. Ecosystem Considerations for 2008. Alaska Fisheries Sciences Centre, 7600 Sand Point Way NE, Seattle, WA 98115: 261p.
- Borja, A., Uriarte, A. S., Egaña, J., Motos, L. and Valencia, V. 1998. Relationships between anchovy (*Engraulis encrasicolus*) recruitment and environment in the Bay of Biscay (1967–1996). *Fisheries Oceanography* 7: 375-380.
- Borja, A., Uriarte, A., Valencia, V., Motos, L. and Uriarte, A. 1996. Relationship between anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) recruitment and the environment in the Bay of Biscay. *Scientia Marina* 60(Suppl. 2): 179-192.
- Burden, M., Kleisner, K., Landman, J., Priddle, E. and Ryan, K. E. 2017. Workshop report: Climate-related impacts on fisheries management and governance in the North East Atlantic: 38p.
- Commission for the Conservation of the Southern Bluefin Tuna 2016. Assessment of the Southern Bluefin Tuna Fishery December 2016, Commonwealth of Australia: 27p.
- Commission for the Conservation of the Southern Bluefin Tuna 2017. Report of the Twenty Fourth Meeting of the Scientific Committee. 2 September, Yogyakarta, Indonesia: 124p.
- Cox, S., Kronlund, A.R. and Lacko, L. 2011. Management procedures for the multi-gear sablefish (*Anoplopoma fimbria*) fishery in British Columbia, Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/063. viii + 45 p.
- CISRO, 2018. Australian fisheries stocks under climate change. Non-technical summary, 8p.
- DAFF 2016. Climate Change Adaptation and Mitigation Plan for South African Agriculture, Forestry, and Fisheries. Pretoria, South Africa, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries: 90p.
- de Lestang, S., Caputi, N., How, J., Melville-Smith, R., Thomson, A. and Stephenson, P. 2012. Stock Assessment for the West Coast Rock Lobster Fishery, Department of Fisheries, Western Australia: 200p.
- Department of Environmental Affairs 2016. South Africa National Adaptation Strategy (draft), Department of Environmental Affairs, Republic of South Africa: 122p.
- Dorn, M., Aydin, K., Fissel, B., Jones, D., McCarthy, A., Palsson, W. and Spalinger, K. 2017. Chapter 1: Assessment of the Walleye Pollock Stock in the Gulf of Alaska. NPFMC Gulf of Alaska SAFE, North Pacific Fishery Management Council: 47-182.

-
- Duplisea, D., Roux, M.-J., Hunter, K. et Rice, J. 2020. Gestion des ressources en période de changements climatiques : stratégie fondée sur les risques pour l'élaboration d'avis scientifiques qui tiennent compte du climat. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2019/044. v +50. p.
- Ecosystem Assessment Program 2012. Ecosystem Status Report for the Northeast Shelf Large Marine Ecosystem - 2011. National Marine Fisheries Service, 166 Water Street, Woods Hole, MA 02543-1026: 32p.
- Edeline, E., Carlson, S.M., Stige, L.C., Winfield, I.J., Fletcher, J.M., Ben James, J., Haugen, T.O., Vollestad, L.A., and Stenseth, N.C. 2007. Trait changes in a harvested population are driven by a dynamic tug-of-war between natural and harvest selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:15799-15804.
- Edwards, A.M., Haigh, R., Tallman, R., Swain, D.P., Carruthers, T.R., Cleary, J.S., Stenson, G. and Doniol-Valcroze, G..2017. Proceedings of the Technical Expertise in Stock Assessment (TESA) National Workshop on 'Incorporating an ecosystem approach into single-species stock assessments' 21-25 November 2016, Nanaimo, British Columbia. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 3213. vi+53p.
- Essington, T.E., Ciannelli, L., Heppell, S.S., Levin, P.S., McClanahan, T.R., Micheli, F., Plagányi, E.E., van Putten, I.E. 2017. Empiricism and Modeling for Marine Fisheries: Advancing an Interdisciplinary Science. *Ecosystems* 20:237-244.
- Eveson, J. P., Hobday, A. J., Hartog, J. R., Spillman, C. M. and Rough, K. M. 2015. Seasonal forecasting of tuna habitat in the Great Australian Bight. *Fisheries Research* 170: 39-49.
- Gaichas, S., DePiper, G., Seagraves, R., Colburn, L., Loftus, A., Sabo, M. and Muffley, B. 2017. DRAFT Mid-Atlantic EAFM Risk Assessment Documentation and Results, Mid-Atlantic Fisheries Management Council: 34p.
- Garcia, S.M., Kolding, J., Rice, J., Rochet, M.J., Zhou, S., Arimoto, T., Beyer, J.E., Borges, L., Bundy, A., Dunn, D., Fulton, E.A., Hall, M., Heino, M., Law, R., Makino, M., Rijnsdorp, A.D., Simard, F., and Smith, A.D.M. 2012. Reconsidering the consequences of selective fisheries. *Science* 335:1045-1047.
- García Molinos, J., Halpern, B.S., Schoeman, D.S. Brown, C.J., Kiessling, W., Moore, P.J., Pandolfi, J.M., Poloczanska, E.S., Richardson, A.J. and Burrows M.T. 2015. Climate velocity and the future global redistribution of marine biodiversity. *Nature Climate Change* 6: 83.
- Gattuso, J.-P., Magnan, A., Bille, R., Cheung, W.W.L., Howes, E.L., Joos, F., Allemand, D., Bopp, L., Cooley, S.R., Eakin, C.M., Hoegh-Guldberg, O., Kelly, R.P., Portner, H.-O., Rogers, a. D., Baxter, J.M., Laffoley, D., Osborn, D., Rankovic, A., Rochette, J., Sumaila, U.R., Treyer, S. and Turley, C. 2015. [Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios](#). *Science*, 349(6243): aac4722-1-aac4722-10.
- Githaiga-Mwicigi, J. (South African Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, personal communication). Email: South African stock assessments using climate indices. H. Gurney-Smith: 3p.
- Hammill, M. O. and Stenson, G. B. 2010. A preliminary evaluation of the performance of the Canadian management approach for harp seals using simulation studies. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/093. iv + 47 p.

-
- Hampton, I., Githaiga-Mwicigi, J., Lamberth, S. J., Pitcher, G. C., Pretorius, M., Samodien, F., Van der Lingen, C. and Yemane, D. 2017. Report on the DAFF Workshop on Fisheries Vulnerability to Climate Change. 2-3 September 2015, Foretrust House, Cape Town: 39.p
- Hanke, A. R. 2017. On developing an Ecosystem Report card for ICCAT.
- Hare, J. A., Morrison, W. E., Nelson, M. W., Stachura, M. M., Teeters, E. J., Griffis, R. B., Alexander, M. A., Scott, J. D., Alade, L., Bell, R. J., Chute, A. S., Curti, K. L., Curtis, T. H., Kircheis D., Kocik, J. F., Lucey, S. M., McCandless, C. T., Milke, L. M., Richardson, D. E., Robillard, E., Walsh, H. J., McManus, M. C., Marancik, K. E. and Griswold, C. A. 2016. [A Vulnerability Assessment of Fish and Invertebrates to Climate Change on the Northeast U.S. Continental Shelf](#). PLOS ONE 11(2): e0146756.
- Herring, S.C., Christidis, N., Hoell, A., Kossin, J.P., Schreck III, C.J. & Stott, P.A. 2018. Explaining Extreme Events of 2016 from a Climate Perspective. Bulletin of the American Meteorological Society, 99: S1–S157.
- Hilborn, R. 2016. Correlation and Causation in Fisheries and Watershed Management. Fisheries 41:18-25
- Hill, K. T., Crone, P. R. and Zwolinski, J. P. 2017. Assessment of the Pacific sardine resource in 2017 for U.S. management in 2017-2018. Briefing Book, Agenda Item G.5.a. Portland, Oregon, Pacific Fishery Management Council: 146p.
- Hobday, A. J. 2018. Email correspondance: climate strategy. H. Gurney-Smith: 3p.
- Hobday, A. J., Hartog, J. R., Spillman, C. M. and Alves, O. 2011. Seasonal forecasting of tuna habitat for dynamic spatial management. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 68: 898-911.
- Hobday, A. J., Dowling, N., Evans, K., Fulton, B., Kenyon, R., Lenton, A., Matear, R., Smith, D. C., Thompson, P. and van Putten, I. 2016. Inquiry into the impacts of climate change on marine fisheries and biodiversity. Senate Standing References Committee on Environment and Communications, CISRO Oceans and Atmosphere: 39p.
- Holsman, K.K., Samhuri, J., Cook, G., Hazen, E., Olsen, E., Dillard, M., Kasperski, S., Gaichas, S., Kelble, C.R., Fogarty, M., and Andrews, K. 2017. [An ecosystem-based approach to marine risk assessment](#). *Ecosystem Health and Sustainability* 3(1):e01256.
- Hunter, K. and Wade, J. 2015. Pacific large aquatic basin climate change impacts, vulnerabilities and opportunities assessment – marine species and aquaculture. Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 3049, viii + 252 p.
- Ianelli, J. N., Kotwicki, S., Honkalehto, T., Holsman, K. and Fissel, B. 2017. Chapter 1: Assessment of the Walleye Pollock Stock in the Eastern Bering Sea (draft). North Pacific Fishery Management Council Bering Sea and Aleutian Islands SAFE: 55-183.
- ICCAT Secreteriat 2017a. Report of the 2017 ICCAT Atlantic Swordfish Stock Assessment Session. 3-7 July, Madrid: 85p.
- ICCAT Secreteriat 2017b. Report of the 2017 ICCAT Bluefin Stock Assessment Meeting. 20-28 July, Madrid: 106p.
- ICES 2001. Report of the Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy. 4-13 September 2001, Copenhagen, Denmark: 360-421.
- ICES 2005. Report of the Working Group on the Assessmnet of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy (WGMHSA). 6-15 September 2005: 615p.

-
- ICES 2016a. ICES Ecosystems Overview: Barents Sea Ecoregion. ICES Advice 2016, Book 9: 12p.
- ICES 2016b. ICES Ecosystems Overview: Bay of Biscay and the Iberian Coast Ecoregion. ICES Advice 2016, Book 7: 15p.
- ICES 2016c. ICES Ecosystems Overview: Celtic Seas Ecoregion. ICES Advice 2016, Book 5: 16p.
- ICES 2016d. ICES Ecosystems Overview: Great North Sea Ecoregion. ICES Advice 2016, Book 6: 22p.
- ICES 2016e. AORAC - SA FAO workshop: Making the ecosystem approach operational. Copenhagen, DK, 21-22 January: 55p.
- ICES 2017a. Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group. ICES Advisory Committee. ICES CM 2017/ACOM:11. 810 p.
- ICES 2017b. ICES Ecosystems Overview: Icelandic Waters Ecoregion. ICES Advice 2017, 3107: 19p.
- ICES 2017c. ICES Ecosystems Overview: Norwegian Sea Ecoregion. ICES Advice 2017, 3108: 15p.
- Kaplan, I. C., Williams, G. D., Bond, N. A., Hermann, A. J. and Siedlecki, S. A. 2016. Cloudy with a chance of sardines: forecasting sardine distributions using regional climate models. *Fisheries Oceanography* 25: 15-27.
- Karnauskas, M., Kelble, C. R., Regan, S., Quenée, C., Allee, R., Jepson, M., Freitag, A., Craig, J. K., Carollo, C., Barbero, L., Trifonova, N., Hanisko, D. and Zapfe, G. 2017. 2017 Ecosystem status report update for the Gulf of Mexico: 51p.
- King, J.R., McFarlane, G.A., and Punt, A.E. 2015. Shifts in fisheries management: adapting to regime shifts. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 370 10.1098/rstb.2013.0277.
- Kleisner, K.M., Fogarty, M.J., McGee, S., Hare, J.A., Moret, S., Perretti, C.T. and Saba, V.S. 2017. Marine species distribution shifts on the US Northeast Continental Shelf under continued ocean warming. *Progress in oceanography*, 153: 24-36.
- Kronlund, A.R., Cox, S.P., and Cleary, J.S. 2012. Management strategy evaluation in R (mseR): user's guide and simulation exercises. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3001: vii + 52 p.
- Kumar, R., Pitcher, T. J. and Varkey, D. A. 2017. Ecosystem approach to fisheries: Exploring environmental and trophic effects on Maximum Sustainable Yield (MSY) reference point estimates. *PLoS One* 12(9): 19.
- Laugen, A.T., Engelhard, G.H., Whitlock, R., Arlinghaus, R., Dankel, D.J., Dunlop, E.S., Eikeset, A.M., Enberg, K., Jorgensen, C., Matsumura, S., Nussle, S., Urbach, D., Baulier, L., Boukal, D.S., Ernande, B., Johnston, F.D., Mollet, F., Pardoe, H., Therkildsen, N.O., Uusi-Heikkila, S., Vainikka, A., Heino, M., Rijnsdorp, A.D., and Dieckmann, U. 2014. Evolutionary impact assessment: accounting for evolutionary consequences of fishing in an ecosystem approach to fisheries management. *Fish and Fisheries* 15:65-96.
- de Lestang, S., Caputi, N., How, J., Melville-Smith, R., Thomson, A. and Stephenson, P. 2012. Stock Assessment for the West Coast Rock Lobster Fishery, Department of Fisheries, Western Australia: 200p.

-
- Levin, P. S., Wells, B. K. and Sheer, M. B. E. 2013. California Current Integrated Ecosystem Assessment: Phase II Report.
- Lindegren, M. and Brander, K. 2018. Adapting fisheries and their management to Climate Change: a review of concepts, tools, frameworks, and current progress toward implementation. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*: DOI:10.1080/23308249.2018.1445980.
- Link, J. S., Griffis, R. B. and Busch, S. E. 2015. NOAA Fisheries Climate Science Strategy, U.S. Dept. of Commerce, 70 p.
- MPO. 2011. Évaluation de la stratégie de gestion de la goberge de la composante Ouest (4Xopqrs5). *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.* 2011/054.
- MPO. 2013a. Évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour l'infrastructure et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – grand bassin aquatique de l'Arctique. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci.* 2012/042.
- MPO. 2013b. Évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour l'infrastructure et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – Grand bassin aquatique de l'Atlantique. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci.* 2012/044.
- MPO. 2013c. Évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour l'infrastructure et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – Grand bassin aquatique d'eau douce. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci.* 2013/011.
- MPO. 2013d. Évaluation fondée sur les risques des impacts et des menaces que les changements climatiques présentent pour les infrastructures et les systèmes biologiques qui relèvent du mandat de Pêches et Océans Canada – Grand Bassin Aquatique du Pacifique. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci.* 2013/016.
- MPO. 2015. Rapport de mise à jour sur la règle de contrôle des prises de goberge dans la composante Ouest (4Xopqrs5). *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci.* 2015/003.
- MPO. 2016a. Modèles de période de montaison et du taux de déviation pour le saumon rouge du fleuve Fraser. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.* 2016/008.
- MPO. 2016b. Évaluation du Stock de Morue du Nord (Divisions 2J3KL de l'OPANO) en 2016. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.* 2016/026.
- MPO. 2017a. Prévisions d'avant-saison concernant le volume de la montaison du saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*) et du saumon rose (*O. gorbuscha*) du fleuve Fraser en 2017. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci.* 2017/016.
- MPO 2017b. Prévisions du saumon du Pacifique pour 2018 Dec. 2017.
- MPO. 2017c. Évaluation de la crevette nordique de l'est du plateau néo-écossais (ZPC 13-15). *Secr. de consult. sci. du MPO. Avis sci.* 2017/005.
- MPO. 2017d. Un modèle révisé d'exploitation de la morue charbonnière (*Anoplopoma fimbria*) en Colombie-Britannique, au Canada, pour 2017-2018. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.* 2017/017.
- MPO. 2017e. Évaluation du crabe des neiges de Terre-Neuve-et-Labrador (divisions 2HJ3KLNOP4R). *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.* 2017/023.
-

-
- Mullon, C., Steinmetz, F., Merino, G., Fernandes, J. A., Cheung, W. W. L., Butenschön, M. and Barange, M. 2016. Quantitative pathways for Northeast Atlantic fisheries based on climate, ecological–economic and governance modelling scenarios. *Ecological Modelling* 320: 273-291.
- Myers, R.A. 1998. When do environment-recruitment correlations work? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 8:285-305.
- National Oceanic and Atmospheric Administration 2018. [The California Current Integrated Ecosystem Assessment](#). Retrieved 20 March 2018.
- North Pacific Fishery Management Council 2007. Draft Report of the Scientific and Statistical Committee. Anchorage, Alaska North Pacific Fishery Management Council: 31p.
- Northeast Fisheries Science Center 2014. 58th Northeast Regional Stock Assessment Workshop (58th SAW) Assessment Report. National Marine Fisheries Service, 166 Water Street, Woods Hole, MA 02543-1026, US Department of Commerce: 784p.
- Northeast Fisheries Science Centre 2017a. 62nd Northeast Regional Stock Assessment Summary Report. National Marine Fisheries Service, 166 Water Street, Woods Hole, MA 02543-1026, US Dept Commer, Northeast. Fish. Sci. Cent. Ref. Doc: 1-261.
- Northeast Fisheries Science Centre 2017b. [Ecosystem Status Report for the Northeast Large Marine Ecosystem](#). NOAA Fisheries Service, 166 Water Street, Woods Hole, MA 02543. File modified on Dec 12, 2017. Accessed 28 Mar, 2018.
- Ogier, E. M., Davidson, J., Fidelman, P., Haward, M., Hobday, A. J., Hollbrook, N. J., Hoshino, E. and Pecl, G. T. 2016. Fisheries management approaches as platforms for climate change adaptation: Comparing theory and practice in Australian fisheries. *Marine Policy* 71: 82-93.
- Pacific Fishery Management Council 2013. Pacific Coast Fishery Ecosystem Plan for the U.S. Portion of the California Current Large Marine Ecosystem. 7700 NE Ambassador Place, Suite 101, Portland, Oregon 97220, Pacific Fishery Management Council: 190p.
- Payne, M. 2018. [Blue Whiting Spawning Habitat Forecast Sheet, ICES WGS2D Forecast Sheet 01-v03.0](#).
- Pestal, G., Huang, A-M., Cass, A. and the FRSSI Working Group. 2012. Updated Methods for Assessing Harvest Rules for Fraser River Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/133. viii + 175 p.
- Peterson, W.T., Fisher, J. L., Morgan, C.A., Burke, B. J., Zeman, S. M., and Jacobson, K. C. 2017. [Ocean Ecosystem Indicators of Salmon Marine Survival in the Northern California Current](#). Accessed March 29, 2018.
- PIFSC 2016. West Hawa'i'i Integrated Ecosystem Assessment: Ecosystem Trends and Status Report., NOAA Fisheries Pacific Science Center: 47p.
- Pinsky, M.L. and Fogarty, M. 2012. Lagged social-ecological responses to climate and range shifts in fisheries. *Climatic change*, 115:883-891.
- Plagányi, É. E., van Putten, I., Hutton, T., Deng, R. A., Dennis, D., Pascoe, S., Skewes, T. and Campbell, R. A. 2013. Integrating indigenous livelihood and lifestyle objectives in managing a natural resource. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 3639-3644.
- Plagányi, É., Skewes, T., Dowling, N. and Haddon, M. 2013. Risk management tools for sustainable fisheries management under changing climate: a sea cucumber example. *Climatic Change* 119: 181-197.

-
- Poloczanska, E.S., Brown, C.J., Sydeman, W.J., Kiessling, W., Schoeman, D.S., Moore, P.J., Brander, K., Bruno, J.F., Buckley, L.B., Burrows, M.T., Duarte, C.M., Halpern, B.S., Holding, J., Kappel, C. V., O'Connor, M.I., Pandolfi, J.M., Parmesan, C., Schwing, F., Thompson, S.A. and Richardson, A.J. 2013. Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change*, 3: 919–925.
- Punt, A. E., A'mar, T., Bond, N. A., Butterworth, D. S., de Moor, C. L., De Oliveira, J. A. A., Haltuch, M. A., Hollowed, A. B. and Szuwalski, C. S. 2014. "Fisheries management under climate and environmental uncertainty: control rules and performance simulation. *ICES Journal of Marine Science* 71: 2208-2220.
- Rosenberg, A.A., Kleisner, K.M., Afflerbach, J., Anderson, S.C., Dickey-Collas, M., Cooper, A.B., Fogarty, M.J., Fulton, E.A., Gutiérrez, N.L., Hyde, K.J. and Jardim, E. 2018. Applying a new ensemble approach to estimating stock status of marine fisheries around the world. *Conservation Letters*, 11:1-9.
- Sagar, H., Larsen, K., Osgood, K. and Ford, M. E. 2016. NOAA Fisheries Ecosystem-Based Fisheries Management Road Map: 50p.
- Saha, S., Moorthi, S., Pan, H.-L., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., Kistler, R., Woollen, J., Behringer, D., Liu, H., Stokes, D., Grumbine, R., Gayno, G., Wang, J., Hou, Y.-T., Chuang, H.-y., Juang, H.-M. H., Sela, J., Iredell, M., Treadon, R., Kleist, D., Delst, P. V., Keyser, D., Derber, J., Ek, M., Meng, J., Wei, H., Yang, R., Lord, S., Dool, H. v. d., Kumar, A., Wang, W., Long, C., Chelliah, M., Xue, Y., Huang, B., Schemm, J.-K., Ebisuzaki, W., Lin, R., Xie, P., Chen, M., Zhou, S., Higgins, W., Zou, C.-Z., Liu, Q., Chen, Y., Han, Y., Cucurull, L., Reynolds, R. W., Rutledge, G. and Goldberg, M. 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society* 91: 1015-1058.
- Saha, S., Nadiga, S., Thiaw, C., Wang, J., Wang, W., Zhang, Q., Dool, H. M. V. D., Pan, H.-L., Moorthi, S., Behringer, D., Stokes, D., Peña, M., Lord, S., White, G., Ebisuzaki, W., Peng, P. and Xie, P. 2006. The NCEP Climate Forecast System. *Journal of Climate* 19: 3483-3517.
- Senate Environment and Communications References Committee 2017. In hot water: the impacts of climate change on marine fisheries and biodiversity. PO Box 6100, Parliament House, Canberra ACR 2600, The Senate: 144p.
- Shackell, N.L., Greenan, B.J.W., Pepin, P., Chabot, D., and Warburton, A. 2013. Editors. Climate change impact, vulnerabilities and opportunities analysis of the marine Atlantic Basin. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3012: xvi + 366 p.
- Shackell, N. L., Ricard, D., and Stortini, C. 2014. Thermal habitat index of many Northwest Atlantic temperate species stays neutral under warming projected for 2030 but changes radically by 2060. *PLoS ONE*, 9: e90662.
- Siddon, E. and Zador, S. E. 2017. Ecosystem Considerations 2017: Status of the Eastern Bering Sea Marine Ecosystem. Auke Bay Laboratories, 17109 Pt. Lena Loop Road, Juneau, AK 99801, Alaska Fisheries Science Centre, National Marine Fisheries Service, NOAA: 231p.
- Skern-Mauritzen, M., Ottersen, G., Handegard, N. O., Huse, G., Dingsør, G.E., Stenseth, N. C. and Kjesbu, O. S. 2016. Ecosystem processes are rarely included in tactical fisheries management. *Fish and Fisheries* 17: 165–175.

-
- Slater, W. L., DePiper, G., Gove, J. M., Harvey, C. J., Hazen, E. L., Lucey, S. M., Karnauskas, M., Regan, S. D., Siddon, E. C., Yasumiishi, E. M., Zador, S. G., Brady, M. M., Ford, M. D., Griffis, R. B., Shuford, R. L., Townsend, H. M., O'Brien, T. D., Peterson, J. O., Osgood, K. E. and Link, J. S. 2017. Challenges, Opportunities and Future Directions to Advance NOAA Fisheries Ecosystem Status Reports (ESRs): Report of the National ESR Workshop: 66p.
- Spies, I. T., Wilderbuer, D., Nichol D., Hoff, J. and Palsson, W. 2016. Chapter 6. Assessment of the Arrowtooth flounder stock in the Eastern Bering Sea and Aleutian Islands. NPFMC Bering Sea and Aleutian Island SAFE, North Pacific Fishery Management Council: 1015-1090.
- Standing Committee on Research and Statistics 2014. 2015-2020 SCRS Science Strategic Plan. Strategic Plan Report: 323-343.
- Stortini, C. H., Shackell, N. L., Tyedmers, P., and Beazley, K. 2015. Assessing marine species vulnerability to projected warming on the Scotian Shelf, Canada. *ICES Journal of Marine Science*, 72: 1731–1743.
- Szuwalski C.S. and Hollowed A.B. 2016. Climate change and non-stationary population processes in fisheries management. *ICES Journal of Marine Sciences* 73:1297-1305.
- Thompson, G. G. 2017. 2. Assessment of the Pacific Cod Stock in the Eastern Bering Sea. North Pacific Fishery Management Council Bering Sea and Aleutian Islands SAFE: 229-516.
- Tommasi, D., Stock, C. A., Alexander, M. A., Yang, X., Rosati, A. and Vecchi, G. A. 2017. Multi-Annual Climate Predictions for Fisheries: An Assessment of Skill of Sea Surface Temperature Forecasts for Large Marine Ecosystems. *Frontiers in Marine Science* 4(201): 13p
- Trenberth, K. E. and Hurrell, J. W. 1994. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Climate Dynamics* 9: 303-319.
- Wertheimer, A. C., Orsi, J. A. and Fergusson, E. A. 2015. Forecasting pink salmon harvest in southeast Alaska from juvenile salmon abundance and associated biophysical parameters: 2014 returns and 2015 forecast. Auke Bay Laboratories, Ted Stevens Marine Research Institute, National Marine Fisheries Service (NMFS), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), NPFAC Doc 1618: 25p.
- Whitehouse, A. and Zador, S. 2016. Ecosystem Considerations 2015: Preliminary Assessment of the Alaska Arctic. 7600 Sand Point Way NE, Seattle, WA 98115, Alaska Fisheries Science Centre, National Marine Fisheries Service, NOAA: 58-66.
- Zador, S. E. 2016. Ecosystem Considerations 2016: Status of the Aleutian Islands Marine Ecosystem. 7600 Sand Point Way NE, Seattle, WA 98115, Alaska Fisheries Science Centre, National Marine Fisheries Service, NOAA: 110p.
- Zador, S. and Yasumiishi, E. 2017. Ecosystem Considerations 2017: Status of the Gulf of Alaska Marine Ecosystem. North Pacific Fishery Management Council, 605 West 4th Ave., Suite 306, Anchorage, AK 99501. 213 p.
- Zwolinski, J.P. and Demer, D.A. 2014. Environmental and parental control of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) recruitment. *ICES Journal of Marine Science* 71: 2198–2207.

ANNEXES

Annexe A. Liste des évaluations de stocks considérées dans cette revue. Les régions du MPO sont Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.), le Québec (Q), le Golfe (G), les Maritimes (M), le Centre et l'Arctique (CA) et le Pacifique (P). Les stocks transfrontaliers (TRAC) pour lesquels le MPO fournit des conseils ont également été inclus.

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Anadromes	CA	Ombles chevaliers	<i>Salvelinus alpinus</i>	Territoires du Nord-Ouest	2016
Anadromes	CA	Ombles chevaliers	<i>Salvelinus alpinus</i>	Nunavut	2014
Anadromes	CA	Ombles chevaliers	<i>Salvelinus alpinus</i>	Baie Cambridge	2013
Anadromes	CA	Ombles chevaliers	<i>Salvelinus alpinus</i>	Pêche exploratoire dans la baie Cumberland	2010
Anadromes	CA	Ombles chevaliers	<i>Salvelinus alpinus</i>	Baie Cumberland	2018
Anadromes	CA	Ombles chevaliers	<i>Salvelinus alpinus</i>	Baie Cambridge	2018
Anadromes	CA	Ombles chevaliers	<i>Salvelinus alpinus</i>	Rivière Lauchaln	2018
Anadromes	T.-N.-L.	Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	ZPC 1-14	2017
Anadromes	G	Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	ZPC 15-18	2014
Anadromes	T.-N.-L., M, G, Q	Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	ZPC 1-21, partie du ZPC23, régions du Québec 1-10	2017
Anadromes	P	Saumon chinook	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	sud de la Colombie-Britannique	2016
Anadromes	P	Saumon chinook	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Rivière Cowichan, Baie Barkley	2017
Anadromes	P	Saumon coho	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	sud de la Colombie-Britannique	2017
Anadromes	P	Saumon coho	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	L'intérieur du fleuve Fraser-évaluation de statut	2017
Anadromes	P	Saumon coho	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	L'intérieur du fleuve Fraser-évaluation d'options de récolte	2017

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Anadromes	CA	Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>	Territoires du Nord-Ouest	2015
Anadromes	P	Saumon rose	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	Fleuve Fraser	2017
Anadromes	P	Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Fleuve Fraser- prévision de la montaison	2017
Anadromes	P	Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Fleuve Fraser- prévision du moment de montaison et taux de détournement	2017
Anadromes	P	Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Fleuve Fraser- prévision des pertes de poissons en rivière	2016
Anadromes	P	Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Fleuve Fraser- évaluation de statut	2013
Anadromes	P	Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Fleuve Fraser-évaluation des règles d'exploitation	2012
Anadromes	P	Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Riviere Okanagan-prévision de la taille de montaison	2017
Anadromes	P	Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Riviere Okanagan- prévision de la période de remonte	2003
Anadromes	P	Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Baie Barkley/Inlet Alberni- prévision de la taille de montaison	2017
Anadromes	P	Saumon rouge	<i>Oncorhynchus nerka</i>	Baie Barkley/Inlet Alberni-récolte en saison	2017
-	-	-	-	-	-
Elasmobranches	P	Raie biocellée	<i>Bathyraja bionculata</i>	4B; 3CD, 5AB; 5CDE	2013
Elasmobranches	P	Pocheteau long-nez	<i>Raja rhina</i>	4B; 3CD, 5AB; 5CDE	2013
Elasmobranches	P	Aiguillat du Pacifique	<i>Squalus suckleyi</i>	À l'intérieur (4B); À l'extérieur (3CD5ABCDE)	2010
Elasmobranches	M	Maraîche	<i>Lamna nasus</i>	Sous-zones 3-6	2005

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Elasmobranches	M	Aiguillat commun	<i>Squalus acanthias</i>	4VWX5+3P	2014
Elasmobranches	T.-N.-L.	Raie épineuse	<i>Amblyraja radiata</i>	3Ps	2013
Elasmobranches	T.-N.-L.	Raie épineuse	<i>Amblyraja radiata</i>	3Ps et 3LNO	2012
Poissons de fond	T.-N.-L.	Plie canadienne	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	3LNO	2010
Poissons de fond	T.-N.-L.	Plie canadienne	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	3Ps	2014
Poissons de fond	T.-N.-L.	Plie canadienne	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	2J3K	2003
Poissons de fond	G	Plie canadienne	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	Sud du golfe du Saint-Laurent (4T)	2016
Poissons de fond	P	Plie à grande bouche	<i>Atheresthes stomias</i>	Toute la côte (sauf 4B)	2017
Poissons de fond	Q	Flétan atlantique	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	4RST	2015
Poissons de fond	M	Flétan atlantique	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	3NOPS4VWX5Zc	2015
Poissons de fond	T.-N.-L., M, G, Q, CA	Loup atlantique	<i>Anarhichus lupus</i>	Atlantique Nord-Ouest et l'Arctique	2015
Poissons de fond	P	Sébaste canari	<i>Sebastes pinniger</i>	Toute la côte	2006
Poissons de fond	T.-N.-L.	Morue	<i>Gadus morhua</i>	2J3KL	2016
Poissons de fond	T.-N.-L.	Morue	<i>Gadus morhua</i>	3NO	2010
Poissons de fond	T.-N.-L.	Morue	<i>Gadus morhua</i>	3Ps	2017

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Poissons de fond	G	Morue	<i>Gadus morhua</i>	Sud du golfe du Saint-Laurent (4T et 4Vn)	2015
Poissons de fond	Q	Morue	<i>Gadus morhua</i>	3Pn, 4RS	2015
Poissons de fond	M	Morue	<i>Gadus morhua</i>	4X5Y	2016
Poissons de fond	TRAC	Morue	<i>Gadus morhua</i>	5Zjm; 551, 552, 561, 562	2016
Poissons de fond	TRAC	Flétan du Groenland	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	23KLMNO	2010
Poissons de fond	TRAC	Flétan du Groenland	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	OPANO sous-zone 0	2016
Poissons de fond	Q	Flétan du Groenland	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	4RST	2014
Poissons de fond	T.-N.-L.	Aiglefin	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	3LNO	2014
Poissons de fond	T.-N.-L.	Aiglefin	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	3Ps	2014
Poissons de fond	M	Aiglefin	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	4X5Y	2017
Poissons de fond	TRAC	Aiglefin	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	5Zjm; 551, 552, 561, 562	2016
Poissons de fond	NL	Myxine	<i>Myxine glutonosa</i>	3Px	
Poissons de fond	P	Morue-lingue	<i>Ophiodon elongatus</i>	4B	2014
Poissons de fond	P	Morue-lingue	<i>Ophiodon elongatus</i>	3CD; 5AB; 5CD; 5E	2009

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Poissons de fond	Q	Grosse poule de mer	<i>Cyclopterus lumpus</i>	3Pn, 4Rs	2016
Poissons de fond	Q	Grosse poule de mer	<i>Cyclopterus lumpus</i>	3Pn, 4RS	2016
Poissons de fond	NL	Baudroie commune	<i>Lophius americanus</i>	3LNOPs	2003
Poissons de fond	M	Baudroie commune	<i>Lophius americanus</i>	4VWX5Zc	2002
Poissons de fond	T.-N.-L., M, G, Q, CA	Loup à tête large	<i>Anarhichus denticulatus</i>	Atlantique Nord-Ouest et l'Arctique	2015
Poissons de fond	P	Morue du Pacifique	<i>Gadus macrocephalus</i>	5AB et 5CD	2014
Poissons de fond	TRAC	Merlu du Pacifique	<i>Merluccius productus</i>	Californie- Stock migratoire actuel	2016
Poissons de fond	TRAC	Flétan du Pacifique	<i>Hippoglossus stenolepsis</i>	Toute la côte (Can- É-U)	2017
Poissons de fond	P	Sébaste à longue mâchoire	<i>Sebastes alutus</i>	5ABC	2017
Poissons de fond	P	Sébaste à longue mâchoire	<i>Sebastes alutus</i>	5CDE	2013
Poissons de fond	P	Sébaste à longue mâchoire	<i>Sebastes alutus</i>	3CD	2013
Poissons de fond	T.-N.-L.	Goberge	<i>Pollachius virens</i>	3Ps	
Poissons de fond	M	Goberge	<i>Pollachius virens</i>	4VWX+5	2009

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Poissons de fond	P	Sébaste à bandes rouges	<i>Sebastes babcocki</i>	Toute la côte (sauf 4B)	2017
Poissons de fond	T.-N.-L.	Sébaste	<i>Sebastes mentella, fasciatus, marinus</i>	Sous-zone2, Div3k	2001
Poissons de fond	T.-N.-L.	Sébaste	<i>Sebastes mentella, fasciatus, marinus</i>	3O	2000
Poissons de fond	T.-N.-L., Q	Sébaste	<i>Sebastes viviparus</i>	Unités 1 et 2 (~3Pn et 4Vn)	2016
Poissons de fond	T.-N.-L., M, G, Q	Sébaste	<i>Sebastes mentella, fasciatus, marinus</i>	Unité 1-3; se concentrer sur Unité 3	2017
Poissons de fond	P	Fausse limande du Pacifique	<i>Lepidopsetta spp.</i>	5AB; 5CD	2016
Poissons de fond	P	Morue charbonnière	<i>Anoplopoma fimbria</i>	Toute la côte	2010
Poissons de fond	P	Morue charbonnière	<i>Anoplopoma fimbria</i>	Toute la côte –notez qu’il s’agit d’une mise à jour de l’AS pour l’ESG de 2011, les analyses déterminant que les anciennes PG ne sont pas robustes et devraient être révisées	2017
Poissons de fond	P	Sébastolobe à courtes épines	<i>Sebastolobus alascanus</i>	Toute la côte (sauf 4B)	2017
Poissons de fond	M	Merlu argenté	<i>Merluccius bilinearis</i>	4VWX	2017
Poissons de fond	P	Sébaste argenté	<i>Sebastes brevispinis</i>	Toute la côte	2014

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Poissons de fond	T.-N.-L., M, G, Q, CA	Loup tacheté	<i>Anarhichus minor</i>	Atlantique Nord-Ouest et l'Arctique	2015
Poissons de fond	T.-N.-L.	Merluche blanche	<i>UROPHYCIS TENUIS</i>	3Ps	2016
Poissons de fond	G	Plie rouge	<i>Pseudopleuronectes americanus</i>	4T	2012
Poissons de fond	T.-N.-L.	Plie grise	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>	3Ps	2013
Poissons de fond	G	Plie grise	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>	4RST	2012
Poissons de fond	P	Sébaste aux yeux jaunes	<i>Sebastes ruberrimus</i>	4B	2010
Poissons de fond	M	Limande à queue jaune	<i>Limanda ferruginea</i>	4VW	2002
Poissons de fond	TRAC	Limande à queue jaune	<i>Limanda ferruginea</i>	5Zjm; 551, 552, 561, 562	2016
Poissons de fond	G	Limande à queue jaune	<i>Limanda ferruginea</i>	4T	2016
Invertébré	T.-N.-L.	Homard américain	<i>Homarus americanus</i>	ZPH 3-14	2016
Invertébré	G	Homard américain	<i>Homarus americanus</i>	ZPH 23, 24, 25, 26A et 26B	2014
Invertébré	Q	Homard américain	<i>Homarus americanus</i>	ZPH 19, 20 and 21 (Gaspé)	2017
Invertébré	Q	Homard américain	<i>Homarus americanus</i>	ZPH 15-18 (Côte-Nord et île d'Anticosti)	2017

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Invertébré	Q	Homard américain	<i>Homarus americanus</i>	ZPH 22 (îles de la Madeleine)	2017
Invertébré	M	Homard américain	<i>Homarus americanus</i>	ZPH 27-33	2011
Invertébré	M	Homard américain	<i>Homarus americanus</i>	ZPH41,4X,5Zc	2017
Invertébré	M	Mactre de Stimpson	<i>Mactromeris Polynyma</i>	Banc Banquereau	2017
Invertébré	M	Mactre de Stimpson	<i>Mactromeris Polynyma</i>	Grand Banc	2011
Invertébré	Q	Mactre de l'Atlantique	<i>Spisula solidissima</i>	4T (Îles-de-la-Madeleine)	2016
Invertébré	P	Crabe dormeur	<i>Metacarcinus magister</i>	Zones de gestion du crabe E, G et H	2015
Invertébré	P	Panope du Pacifique	<i>Panopea generosa</i>		2008
Invertébré	P	Panope du Pacifique	<i>Panopea generosa</i>	Mise à jour des méthodes d'estimation de l'indice des stocks	2017
Invertébré	P	Oursin vert	<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	Zones 12&13; Zones 18&19	2008
Invertébré	Q	Oursin vert	<i>Strongylocentrotus_droebachiensis</i>	Estuaire du Nord et Golfe du Saint-Laurent	2016
Invertébré	M	Oursin vert	<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	ZPH36	2010
Invertébré	M	Oursin vert	<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	ZPH38	2010
Invertébré	M	Crabe nordique	<i>Cancer borealis</i>	ZPH 41	2009
Invertébré	M	Homard	<i>Homaris americanus</i>	ZPH 34	2013
Invertébré	M	Homard	<i>Homaris americanus</i>	ZPH 35-38	2013

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Invertébré	T.-N.-L.	Crevette nordique	<i>Pandalus borealis</i>	ZPC 4-6	2017
Invertébré	CA	Crevette nordique	<i>Pandalus borealis</i>	Zones d'évaluation occidentale et orientale	2017
Invertébré	Q	Crevette nordique	<i>Pandalus borealis</i>	ZPC 8, 9, 10, 12	2015
Invertébré	M	Crevette nordique	<i>Pandalus borealis</i>	ZPC 13-15	2017
Invertébré	P	Pétoncle rose	<i>Chlamys rubida</i>	Toute la côte	2010
Invertébré	G	Crabe commun	<i>Cancer Irroratus</i>	23, 24, 25, 26A & 26B	2008
Invertébré	T.-N.-L.	Pétoncle	<i>Placopecten magellanicus</i>	3Ps	2016
Invertébré	G	Pétoncle	<i>Placopecten magellanicus</i>	Zones 21A-C,22-24	2011
Invertébré	Q	Pétoncle	<i>Placopecten magellanicus</i>	4RST	2016
Invertébré	Q	Pétoncle	<i>Placopecten magellanicus</i>	Sous-domaines 20A (Îles-de-la-Madeleine)	2017
Invertébré	M	Pétoncle	<i>Placopecten magellanicus</i>	5Z, banc de Brown	2016
Invertébré	M	Pétoncle	<i>Placopecten magellanicus</i>	Zone 29	2015
Invertébré	M	Pétoncle	<i>Placopecten magellanicus</i>	(ZPP) 1A, 1B, et 3 to 6	2016
Invertébré	T.-N.-L.	Concombre de mer	<i>Cucumaria frondosa</i>	3Ps	2017
Invertébré	P	Concombre de mer	<i>Parastichopus californicus</i>	Toute la côte	2007
Invertébré	Q	Concombre de mer	<i>Cucumaria frondosa</i>	Eaux côtières	2017
Invertébré	P	Crevette à flancs rayés	<i>Pandalopsis dispar</i>	Eaux côtières	2008

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Invertébré	P	Crevette océanique	<i>Pandalus jordani</i>	Eaux du large	2008
Invertébré	P	Crevette océanique	<i>Pandalus jordani</i>	Eaux côtières	2008
Invertébré	T.-N.-L.	Crabe des neiges	<i>Chionoecetes opilio</i>	2J3KLNOPs	2016
Invertébré	G	Crabe des neiges	<i>Chionoecetes opilio</i>	Golfe du Saint-Laurent- Zones 12, 19, 12E, 12F (4T)	2017
Invertébré	G	Crabe des neiges	<i>Chionoecetes opilio</i>	Zones 12, 19, 12E et 12F	2014
Invertébré	Q	Crabe des neiges	<i>Chionoecetes opilio</i>	Zone 12a, 12b, 12c, 16a, et 13-17	2017
Invertébré	Q	Crabe des neiges	<i>Chionoecetes opilio</i>	Zones 13 TO 17, 12A, 12B, 12 et 16A	2016
Invertébré	M	Crabe des neiges	<i>Chionoecetes opilio</i>	4VWX	2015
Invertébré	Q	Mye	<i>Mya arenaria</i>	Eaux côtières du Québec	2017
Invertébré	P	Crevette nordique	<i>Pandalus borealis</i>	Eaux côtières	2008
Invertébré	P	Pétoncle épineux	<i>Chlamys hastata</i>	Toute la côte	
Invertébré	P	Crevette tachetée	<i>Pandalus playceros</i>	Toute la côte	2008
Invertébré	Q	Mactre de Stimpson	<i>Mactromeris polynyma</i>	Côte nord des Îles-de-la-Madeleine	2015
Invertébré	T.-N.-L.	Crevette Ésope	<i>Pandalus montagui</i>	ZPC4	2017
Invertébré	CA	Crevette Ésope	<i>Pandalus montagui</i>	Zones d'évaluation de l'ouest et de l'est	2017

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Invertébré	T.-N.-L.	Buccin	<i>Buccinum undatum</i>	3Ps	2013
Mammifère	CA	Morse de l'Atlantique	<i>Odobenus rosmarus rosmarus</i>	Le détroit de West Jones	2013
Mammifère	CA	Morse de l'Atlantique	<i>Odobenus rosmarus rosmarus</i>	baie de Baffin	2013
Mammifère	CA	Morse de l'Atlantique	<i>Odobenus rosmarus rosmarus</i>	Détroit Penny – détroit de Lancaster	2013
Mammifère	CA	Morse de l'Atlantique	<i>Odobenus rosmarus rosmarus</i>	Basin Foxe (stock du Nord et du Centre)	2016
Mammifère	CA	Morse de l'Atlantique	<i>Odobenus rosmarus rosmarus</i>	Baie d'Hudson- détroit de Davis	2016
Mammifère	CA	Morse de l'Atlantique	<i>Odobenus rosmarus rosmarus</i>	Sud-est de la baie d'Hudson	2016
Mammifère	CA	Phoque barbu	<i>Erignathus barbatus</i>	Territoires du Nord-Ouest, Nunavut	
Mammifère	Q	Béluga	<i>Delphinapterus leucas</i>	L'estuaire du Saint-Laurent (4S)	2014
Mammifère	CA	Béluga	<i>Delphinapterus leucas</i>	Territoires du Nord-Ouest, Nunavut	2016
Mammifère	CA	Baleine boréale	<i>Balaena mysticetus</i>	Territoires du Nord-Ouest, Nunavut	2008
Mammifère	Q	Phoque gris	<i>Halichoerus grypus</i>	Sud du golfe du Saint-Laurent, Plate-forme Néo-Écossaise	2011
Mammifère	Q	Phoque gris	<i>Halichoerus grypus</i>	Sud du golfe du Saint-Laurent, Plate-forme Néo-Écossaise	2011
Mammifère	TRAC	Phoque du Groenland	<i>Pagophilus groenlandicus</i>	Phoques de l'Atlantique du Nord Ouest	2014
Mammifère	CA	Narval	<i>Monodon monoceros</i>	Nunavut	
Mammifère	TRAC	Otarie à fourrure du Nord	<i>Callorhinus ursinus</i>	Pacifique Nord	2011
Mammifère	P	Phoque commun	<i>Phoca vitulina richardsi</i>	Eaux Pacifique canadiennes	2009

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Mammifère	CA	Phoque annelé	<i>Pusa hispida</i>	Territoires du Nord-Ouest, Nunavut	
Mammifère	P	Loutre de mer	<i>Enhydra lutris</i>	Eaux Pacifique canadiennes	2009
Mammifère	P	Otarie de Steller	<i>Eumetopias jubatus</i>	Eaux Pacifique canadiennes	2008
Poissons pélagique	TRAC	Germon atlantique	<i>Thunnus alalunga</i>	Pacifique Nord	2015
Poissons pélagique	M	Gaspereau	<i>Alosa pseudoharengus</i> ,	Rivière du Gaspereau	2007
Poissons pélagique	Q	Maquereau bleu	<i>Scomber scombrus</i>	Sous-zones 3 et 4 de l'Atlantique Nord-Ouest	2013
Poissons pélagique	P	Bocaccio	<i>Sebastes paucispinis</i>	Toute la côte	2011
Poissons pélagique	T.-N.-L.	Capelan	<i>Mallotus villosus</i>	2J3KL	2016
Poissons pélagique	Q	Capelan	<i>Mallotus villosus</i>	4RST	2013
Poissons pélagique	T.-N.-L.	Hareng	<i>Clupea harengus</i>	Côte sud et est de la T.-N.-L.	2017
Poissons pélagique	G	Hareng	<i>Clupea harengus</i>	4T-Géniteurs du printemps	2016
Poissons pélagique	G	Hareng	<i>Clupea harengus</i>	4T-Géniteurs de l'Automne	2016
Poissons pélagique	Q	Hareng	<i>Clupea harengus harengus</i>	4R (E-GSL)	2014
Poissons pélagique	Q	Hareng	<i>Clupea harengus harengus</i>	4S	2011
Poissons pélagique	M	Hareng	<i>Clupea harengus harengus</i>	4VWX	2015

Catégorie	Région	Nom commun	Nom latin	Stock	Année
Poissons pélagique	P	Hareng du Pacifique	<i>Clupea pallasii</i>	HG; DPR; CC; DDG; COIV; Zone 2W; Zone 27	2014
Poissons pélagique	TRAC	Sardine du Pacifique	<i>Sardinops sagax</i>	Toute la côte	2013
