



AVIS SCIENTIFIQUE À L'APPUI DE L'ÉLABORATION D'UN CADRE DE PRÉCAUTION VISANT L'ANGUILLE D'AMÉRIQUE DANS LES EAUX CANADIENNES



Anguille d'Amérique (Anguilla rostrata).

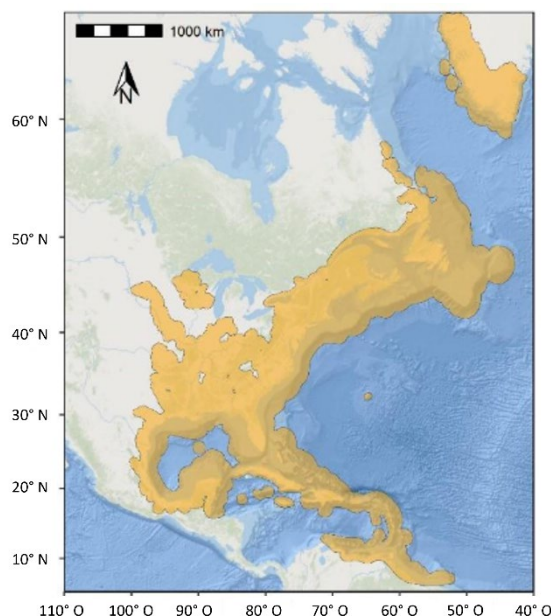


Figure 1. Répartition mondiale de la population panmictique de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Source des données : UICN (2022).

CONTEXTE

Les anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) forment une seule population panmictique à l'échelle de leur aire de répartition continentale, qui s'étend depuis le Groenland jusqu'en Amérique du Sud. Au Canada, l'anguille d'Amérique est largement répartie dans les six provinces de l'Est, et la gestion est géographiquement fragmentée. De nombreux appels ont été lancés en faveur d'efforts coordonnés à l'échelle internationale en vue d'une évaluation du stock à l'échelle de l'aire de répartition, mais un tel objectif se heurte à des obstacles en raison de la variation du cycle vital et des limites des données.

On a demandé au Secteur des sciences de Pêches et Océans Canada (MPO) de fournir un avis sur la gestion et la conservation de l'anguille d'Amérique au Canada afin d'éclairer la prise de décisions en matière de gestion des pêches et d'assurer la durabilité des stocks de poissons. Finalement, la formulation d'un avis fiable en matière de conservation nécessitera la réalisation de progrès à l'égard d'un cadre d'évaluation pour l'ensemble de l'aire de répartition, qui fournira une orientation appropriée pour la nature panmictique de la population de l'espèce. Pour éclairer l'élaboration d'un cadre de précaution pour l'anguille d'Amérique, des conseils

sont actuellement nécessaires sur les points de référence de la mortalité et une analyse des tendances à l'échelle du Canada.

Le présent avis scientifique découle de l'examen national par les pairs du 16 au 19 septembre 2024 sur l'élaboration d'un cadre fondé sur l'approche de précaution pour l'anguille d'Amérique dans les eaux canadiennes. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

SOMMAIRE

- L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) forme une seule population panmictique avec un seul site de frai sur son aire de répartition continentale, s'étendant du Groenland à l'Amérique du Sud. Au Canada, l'anguille d'Amérique est largement répartie dans les six provinces de l'Est et la gestion est géographiquement fragmentée. Après évaluation, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a déterminé que cette espèce était menacée.
- Afin d'éclairer l'élaboration d'un cadre d'approche de précaution pour la gestion de la mortalité anthropique dans les régions localisées, des conseils ont été demandés sur les points de référence de mortalité fondés sur les différences dans les caractéristiques du cycle biologique au Canada et une analyse des tendances à l'échelle du Canada.
- La démarche de modélisation a été élaborée et utilisée pour estimer une tendance à l'échelle du Canada de l'abondance de l'anguille d'Amérique. Douze indices d'abondance normalisés ont été combinés en un seul modèle à l'aide de plusieurs procédures de transformation et de plusieurs périodes dans l'analyse.
- Douze séries chronologiques d'eau douce de l'anguille d'Amérique qui ont déjà été catégorisées comme utiles dans quatre écozones, définies en fonction de différentes caractéristiques du cycle vital, ont été incluses dans l'analyse des tendances jusqu'en 2018. Cinq séries chronologiques représentant l'anguille jaune, provenant de plusieurs zones géographiques, ont présenté des tendances négatives importantes dans les prises au fil du temps. Chacune de ces séries chronologiques comprenait des données antérieures à 1990. Les autres séries chronologiques de l'anguille jaune, qui ont toutes commencé après 1990, n'ont pas connu de tendances significatives dans les prises au fil du temps. Un ensemble de données représentant le stade d'anguillette avait une tendance positive, mais non significative, et un ensemble de données représentant l'anguille argentée avait une tendance négative, mais non significative.
- La tendance à l'échelle du Canada a donné lieu à des tendances négatives des ajustements aux données de la série chronologique complète (1956 à 2018) et de 1980 à 2018. Il y avait une probabilité de déclin de 100 % et une probabilité de baisse d'au moins 50 % de 69,2 % à 99,6 % depuis 1980. Lorsque les données étaient limitées à 2000 à 2018, les tendances étaient moins négatives et ne différaient pas de 0. Au Canada, l'abondance de l'anguille jaune est demeurée relativement stable au cours des deux dernières décennies, mais des déclinés statistiquement significatifs se sont probablement produits auparavant dans les zones où les données antérieures à 1990 sont limitées.
- Des modèles de population matriciels dépendants de la densité ont été utilisés pour déterminer les points de référence de mortalité (F) pour les sous-populations d'anguille d'Amérique, en supposant que les sous-populations étaient stables et indépendantes les unes des autres. Les points de référence prospectifs ont été déterminés en fonction de

l'échappée de l'anguille argentée, le point de référence limite et les points de référence supérieurs du stock fixés à 30 % et 50 %, respectivement. Les points de référence de mortalité (F_{30} et F_{50}) ont été établis pour les pêches d'anguillettes et d'anguilles (anguilles jaunes et argentées) indépendamment.

- Les estimations des points de référence de la mortalité ont été influencées par les mécanismes de dépendance à la densité inclus dans le modèle. L'hypothèse la plus simple, selon laquelle la dépendance à la densité agit au début de la vie avant l'activité de pêche, a donné lieu aux points de référence les plus prudents. Les points de référence pour la pêche de l'anguillette étaient uniformes d'une zone à l'autre, avec une mortalité par pêche de 1,2 et de 0,67, représentant le F_{30} et le F_{50} , respectivement. Les points de référence pour la pêche de l'anguille variaient d'une zone à l'autre : avec une taille minimale de pêche de 350 mm, la mortalité de F_{30} variait de 0,13 à 0,36 et la mortalité de F_{50} variait de 0,073 à 0,21.
- Si la dépendance à la densité agit après l'activité de pêche de l'anguillette, la population pourrait être plus résiliente à la mortalité par pêche de l'anguillette. Cependant, les points de référence de mortalité (fondés sur 30 % et 50 % de l'échappée de l'anguille argentée) seront proches de la surmortalité qui entraînerait l'extinction, et le suivi de l'abondance de l'anguillette par sous-population pourrait ne pas être en mesure de détecter les effets de la mortalité par pêche de l'anguillette tant qu'elle n'est pas excessive.
- Les estimations des points de référence de mortalité propres à la population pourraient être prédites en fonction des objectifs d'échappée de l'anguille argentée à partir des estimations locales de la mortalité provoquée par des turbines, de la longueur de l'anguille argentée et de la taille minimale de pêche (le cas échéant).
- La présence de mortalité par turbine a nécessité une réduction des points de référence de mortalité due à la pêche pour atteindre les objectifs de gestion. Lorsque la mortalité par turbine de l'anguille argentée a été incluse dans les modèles, selon certaines hypothèses du modèle, la mortalité cumulative élevée par l'anguille argentée signifiait qu'il n'y avait pas de marge de manœuvre pour la mortalité par pêche qui permettrait d'atteindre la taille cible du stock. La mortalité cumulative provoquée par des turbines représente l'effet moyen des turbines sur les populations d'anguilles dans une zone, y compris celles qui ne sont pas touchées par les turbines et celles qui traversent plusieurs turbines.
- Un modèle de métapopulation a été utilisé pour étudier l'efficacité de la gestion des sous-populations locales dans le contexte de la population reproductrice panmictique plus large. Le modèle a exploré d'autres hypothèses sur la survie et la dispersion des leptocéphales, ce qui a eu des répercussions sur les prédictions de la structure de la population entre les zones.
- Les résultats indiquent que l'établissement de points de référence de mortalité des pêches en fonction des sous-populations locales serait en grande partie compatible avec l'atteinte d'objectifs similaires en matière de population panmictique. Cependant, l'incertitude entourant les mécanismes de dispersion des leptocéphales suggère que certaines sous-populations pourraient être moins susceptibles d'atteindre les objectifs en matière de population.
- Les sous-populations des zones situées à de plus grandes distances des frayères étaient plus susceptibles d'être touchées par la surmortalité dans d'autres zones selon certaines hypothèses. Cela peut également créer des conditions où le rétablissement de ces zones dépend de la protection et du rétablissement à l'échelle de l'aire de répartition.

- Le présent avis applique des méthodes de modélisation pour élaborer des points de référence et une analyse des tendances pour le Canada. Pour créer ces modèles, plusieurs hypothèses ont été nécessaires en raison des inconnues de la biologie de l'anguille d'Amérique ainsi que des données et des incertitudes environnementales. Des efforts ont été déployés pour mettre à l'essai bon nombre des hypothèses, mais l'incertitude demeure.
- Les modèles produits ont utilisé des données existantes provenant de sources documentaires et n'ont pas pu faire l'essai de tous les scénarios pour l'avenir (p. ex. les changements climatiques) ou toutes les sources ou conséquences potentielles de la mortalité.
- Les ensembles de données existants sur l'anguille d'Amérique au Canada sont inégalement répartis en ce qui concerne les processus du cycle vital et la répartition géographique. Afin de mieux évaluer les pratiques de gestion futures, des programmes de surveillance de l'anguille ciblant les principaux stades du cycle vital (anguillette, jaune, argentée) dans l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce seront nécessaires.

INTRODUCTION

L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) est une espèce catadrome à large aire de répartition que l'on trouve le long de la côte est de l'Amérique du Nord (figure 1). Au Canada, l'anguille d'Amérique occupe tous les habitats accessibles à partir de l'océan Atlantique, dans les Maritimes jusqu'à la côte du Labrador et en amont du Fleuve Saint-Laurent jusqu'au lac Ontario (figure 2). Les caractéristiques de leur histoire de vie sont tout aussi larges, avec des différences spectaculaires dans le taux de croissance, la durée à maturité, la fécondité, le rapport des sexes, etc. dans l'ensemble de son aire de répartition géographique. Les leptocéphales (larves d'anguille) migrent des frayères de la mer des Sargasses le long de la côte est de l'Amérique du Nord, où elles se transforment en civelle (petite anguille transparente) lorsqu'elles atteignent le plateau côtier, puis en anguilles pigmentées plus à l'intérieur des terres. Les anguilles passent la majeure partie de leur vie au stade d'anguilles jaunes, vivant dans des milieux d'eau douce, saumâtres ou salins, jusqu'à ce qu'elles arrivent à maturité et se métamorphosent en anguille argentée. Les anguilles argentées, de tous les endroits, retournent dans la mer des Sargasses pour se reproduire, après quoi elles meurent. L'absence de structure génétique de la population dans l'ensemble de son aire de répartition géographique appuie les conclusions selon lesquelles l'anguille d'Amérique est une espèce panmictique (Ulmo Diaz *et al.* 2023). Bien que la panmixie suggère de considérer l'espèce entière comme une seule population avec des sous-populations locales, peu de choses sont connues sur la façon dont les leptocéphales se répartissent dans les eaux continentales.

Au Canada, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a évalué que l'anguille d'Amérique était une espèce menacée (COSEWIC 2012). Cependant, elle n'a pas été inscrite à l'Annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril*, et elle est pêchée à plusieurs endroits au Québec et le long de la côte est. La gestion des pêches par Pêches et Océans Canada (MPO) utilise un cadre de pêche durable qui comprend des points de référence pour le prélèvement et l'état des stocks. Les points de référence de prélèvement peuvent être les taux de mortalité par pêche instantanés (F) qui se traduisent par une taille de population qui atteint ou dépasse les points de référence de l'état du stock. Pour l'anguille d'Amérique, le géniteur par recrue (la proportion d'anguille argentée par recrues) a déjà été utilisé comme statut du stock pour estimer les points de référence de mortalité (p. ex. Bradford *et al.* 2022).

Afin d'appuyer les avis scientifiques pour l'élaboration d'un cadre de précaution pour l'anguille d'Amérique au Canada, trois analyses ont été effectuées. Tout d'abord, les séries

chronologiques disponibles à long terme, indépendantes des pêches, de l'abondance de l'anguille d'Amérique ont été analysées et synthétisées pour produire une estimation de la trajectoire de l'abondance relative en eau douce à l'échelle du Canada. Cette analyse vise à éclairer l'état des stocks d'anguille d'Amérique au Canada et à servir de base à une analyse des tendances à l'échelle de l'aire de répartition (Van Der Lee et Koops sous presse). Deuxièmement, des modèles de population ont été construits et analysés pour estimer les points de référence de mortalité de l'anguille d'Amérique au Canada en

1. définissant des points de référence de mortalité par pêche pour la diversité des cycles biologiques observés chez l'anguille d'Amérique dans l'aire de répartition canadienne,
2. en déterminant comment les points de référence de mortalité par pêche doivent être ajustés pour tenir compte de la mortalité causée par des turbines, et
3. en déterminant si des relations simples fondées sur un ensemble limité de traits mesurables du cycle biologique pourraient être utilisées pour prédire les points de référence de mortalité par pêche définis (Brook *et al.* sous presse [a]).

Troisièmement, un modèle de métapopulation a été construit pour représenter la structure panmictique de la population d'anguille d'Amérique et analysé pour

1. déterminer si la gestion des zones en tant que populations locales (c.-à-d. les zones de pêche à l'aide de points de référence de mortalité calculés à partir d'hypothèses de population indépendantes) a produit des résultats cohérents lorsqu'elle est appliquée dans une structure de métapopulation,
2. évaluer comment la métapopulation réagit à la surmortalité dans certaines zones; et si la réponse dépend du stade biologique touché (c.-à-d. anguille ou anguillette), et
3. étudier comment la métapopulation réagit si la mortalité est réduite dans une ou plusieurs zones (Brook *et al.* sous presse [b]).

ANALYSE

Trajectoire pancanadienne

Van Der Lee et Koops (sous presse) ont utilisé douze ensembles de données qui avaient déjà été ciblés comme potentiellement instructifs sur la trajectoire de l'anguille d'Amérique au Canada (Cairns 2020). Les ensembles de données proviennent de divers endroits dans l'aire de répartition en eau douce de l'anguille d'Amérique au Canada (figure 2). Quatre des cinq zones canadiennes sont représentées par quatre ensembles de données de la zone Scotia-Fundy, deux de la zone sud du Golfe, un de la zone nord du Golfe, cinq de la zone du bassin du Saint-Laurent et aucun ensemble de données de la zone du Labrador. Il y avait un écart important entre les ensembles de données en ce qui concerne l'objectif des programmes de surveillance, les méthodes d'échantillonnage, la durée des séries chronologiques et la qualité. De plus, dix des séries chronologiques ont capturé des anguilles jaunes, une a capturé des anguilles argentées et une, des anguillettes.

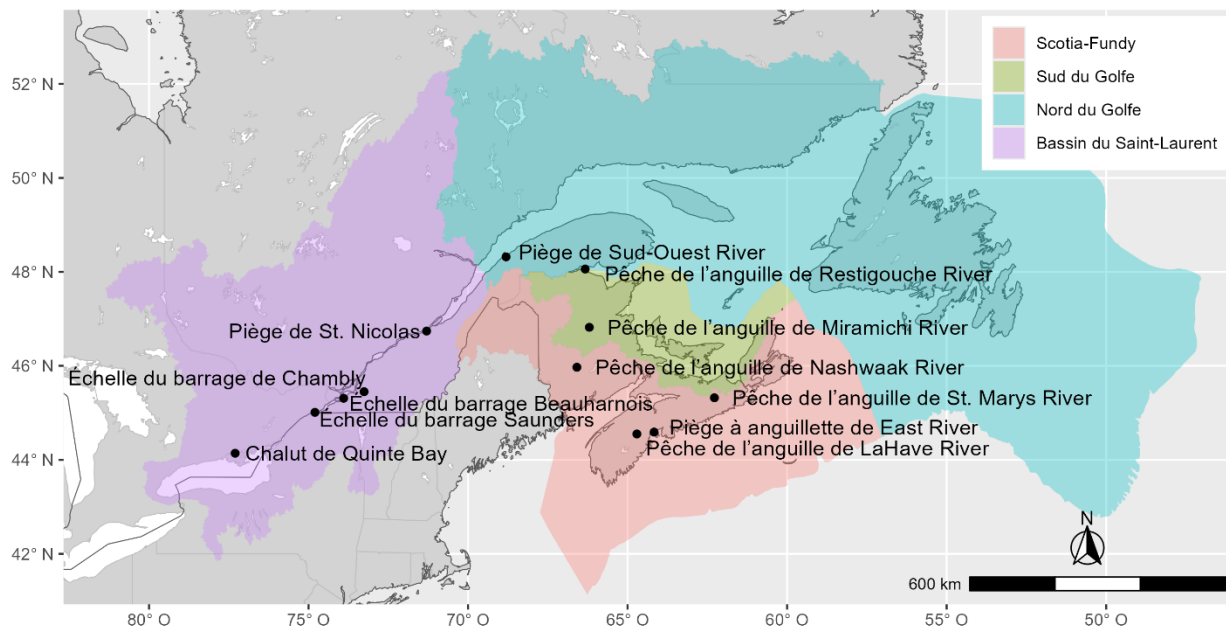


Figure 2. Répartition canadienne de l'anguille d'Amérique divisée en zones (couleurs). Les emplacements des séries chronologiques indépendantes de la pêche sont indiqués. Données de Cairns et al. (2014) et Cairns (2020).

En raison de facteurs tels que les changements dans l'effort d'échantillonnage, le moment, les conditions environnementales, etc., qui se produisent tout au long d'un programme de surveillance, la capacité de détecter et de capturer l'anguille d'Amérique peut varier d'une année à l'autre et d'une année à l'autre. À ce titre, chaque ensemble de données a été normalisé, ce qui vise à contrôler ces facteurs de confusion potentiels afin que l'abondance relative puisse être comparée au fil du temps. Les estimations annuelles de l'abondance relative ont été extraites du modèle de normalisation pour chaque ensemble de données, fournissant un indice normalisé de l'abondance relative pour chaque ensemble de données. Les indices d'abondance relative normalisés ont été compilés, transformés de manière à être à une échelle commune et ajustés à un modèle linéaire mixte généralisé (MLMG) pour produire une estimation pancanadienne de la trajectoire de la population. Enfin, un certain nombre de vérifications ont été effectuées pour examiner l'influence de la normalisation des données, des ensembles de données individuels et de la représentation inégale des zones sur la trajectoire estimée à l'échelle du Canada.

Les modèles de normalisation ont produit une estimation de la trajectoire de la population pour chaque série chronologique. Parmi les ensembles de données, cinq (38 %) présentaient des tendances significativement négatives pour l'année et aucune n'avait de tendances significativement positives. En général, les ensembles de données contenant plus de données historiques présentaient des tendances annuelles plus négatives (figure 3). Cinq des six (83 %) ensembles de données contenant des données antérieures à 1990 présentaient des pentes négatives importantes. Cela comprenait des ensembles de données dans les zones suivantes : Scotia-Fundy, sud du Golfe et bassin du Saint-Laurent. Les déclin les plus importants ont été

observés dans la zone du bassin du Saint-Laurent. Parmi les ensembles de données qui ont commencé après 1990 (sept ensembles de données), trois avaient des estimations positives de la tendance de l'année, bien qu'aucun ne différerait de zéro sur la base d'intervalles crédibles à 95 %.

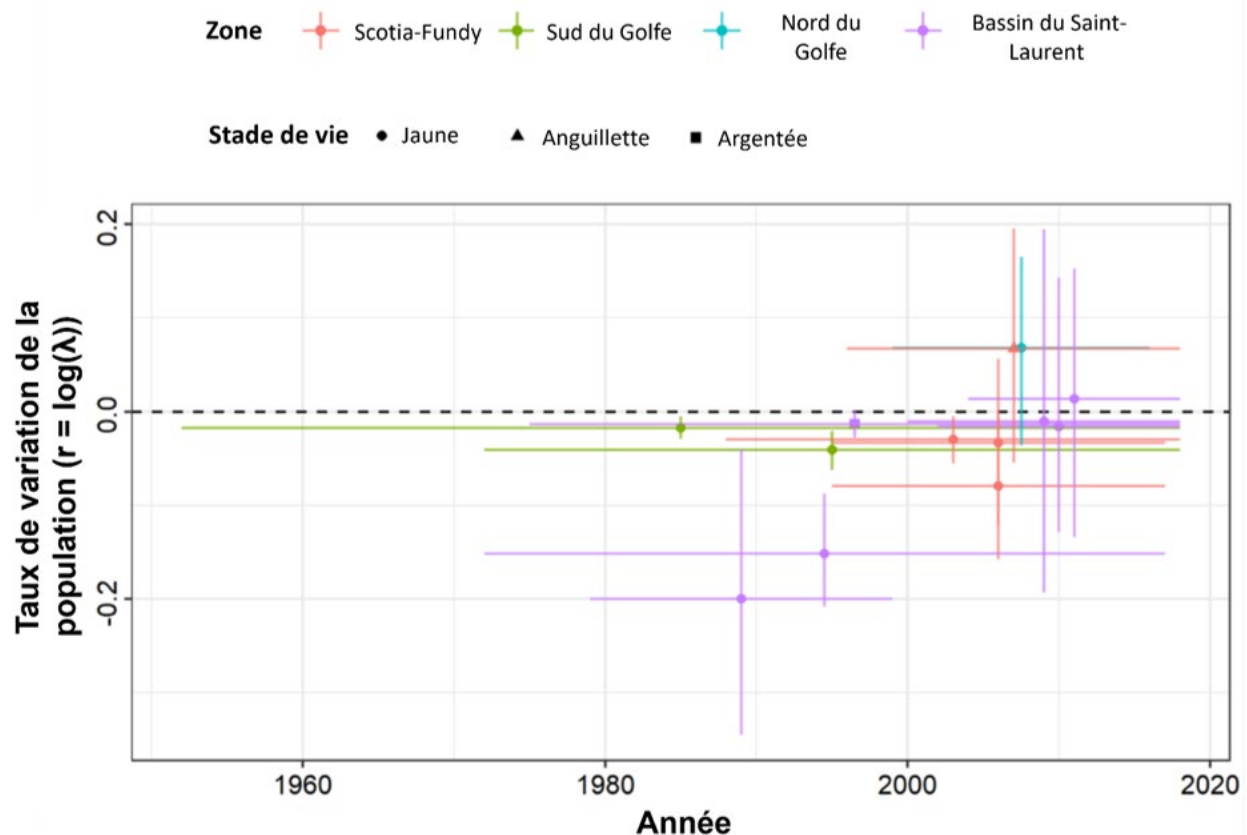


Figure 3. Estimations du taux de variation de la population à partir de modèles de normalisation pour chacune des séries chronologiques de l'anguille d'Amérique. Les points représentent le point médian de la série chronologique et l'estimation moyenne de r (pente de l'année). Les lignes représentent la fourchette d'années d'échantillonnage (axe des x) et les intervalles de crédibilité à 95 % des estimations r (axe des y). La couleur indique la zone de l'ensemble de données et la forme du symbole représente le stade biologique.

Pour l'analyse des tendances à l'échelle du Canada, trois méthodes ont été utilisées pour transformer les indices à une échelle commune, y compris la transformation logarithmique, la mise à l'échelle et la normalisation. Un modèle distinct a été ajusté à chaque méthode de transformation. Les modèles ont été ajustés indépendamment pour inclure toutes les séries chronologiques, quel que soit le stade biologique ciblé, et pour n'inclure que les séries chronologiques ciblant l'anguille jaune. Les modèles ont également été ajustés aux indices bruts (non normalisés) d'abondance dérivés des séries chronologiques. Enfin, trois périodes ont été isolées pour l'analyse en raison de la variance de la couverture temporelle entre les ensembles de données et pour évaluer comment la trajectoire de l'anguille d'Amérique a changé au fil du temps. Les périodes étaient l'ensemble de la période : 1956 à 2018, les données depuis 1980 : 1980 à 2018 et les données depuis 2000 : 2000 à 2018.

Les ajustements des modèles de tendance à l'échelle du Canada ont produit des résultats similaires pour les trois méthodes utilisées pour transformer les ensembles de données et entre

les modèles d'ajustement aux indices d'abondance normalisés et bruts (tableau 1). En ce qui concerne les séries chronologiques spécifiques à l'anguille jaune, les tendances annuelles étaient plus négatives que lorsque toutes les séries chronologiques étaient incluses. Toutes les tendances temporelles, pour les modèles ajustés à l'ensemble de la série chronologique et à partir de 1980 à 2018, ont produit des pentes négatives significatives. Les pentes moyennes variaient de -0,022 à -0,047. Étant donné que tous les ensembles de données ont été inclus, il y avait une probabilité de 69,2 à 99,6 % que l'abondance de l'anguille d'Amérique ait diminué de plus de 50 % depuis 1980 pour les ajustements de données normalisés et bruts. Lorsqu'elle est limitée aux séries chronologiques de l'anguille jaune, la probabilité augmente de 92,8 à 100 %. La probabilité que le déclin depuis 1980 ait été de plus de 70 % était de 6,0 à 66,8 % avec tous les ensembles de données inclus et de 40,3 à 97,7 lorsque l'accent était mis sur l'abondance relative de l'anguille jaune. Lorsque l'ajustement était limité aux données des années 2000 à 2018, les pentes de tendance de l'année étaient moins négatives et cinq des six résultats ne différaient pas de 0. Pour les ajustements aux données de 2000 à 2018, les estimations du déclin étaient les plus probables, mais il existe la possibilité d'une augmentation de l'abondance relative avec une probabilité de 1 à 5 % pour les ajustements aux données normalisées et de 11 à 21 % pour les ajustements aux données brutes pour toutes les séries chronologiques et de 1 à 4 % et de 17 à 27 % pour les séries chronologiques de l'anguille jaune. Les diverses vérifications de modèles effectuées n'ont révélé aucun biais ou écart significatif dans les conclusions tirées des analyses.

Tableau 1. Résultats de l'analyse des tendances à l'échelle du Canada. Les estimations de la pente annuelle moyenne (intervalles de crédibilité à 95 %) pour les modèles correspondent aux indices d'abondance relative générés par les modèles de normalisation et les données brutes. Les résultats sont présentés pour trois méthodes de transformation des données et s'ajustent à trois périodes temporelles pour les douze séries chronologiques et les dix séries chronologiques ciblant le stade de l'anguille jaune. Les pentes moyennes de l'année en gras mettent en évidence les valeurs qui diffèrent de zéro.

Modèle	Séries chronologiques		
	Tous	1980 à 2018	2000 à 2018
Tous les ensembles de données			
Données normalisées			
Transformées en logarithme	-0,035 (-0,045; -0,024)	-0,035 (-0,046; -0,023)	-0,012 (-0,028; 0,004)
À l'échelle	-0,035 (-0,044; -0,025)	-0,032 (-0,043; -0,021)	-0,012 (-0,028; 0,004)
Normalisées	-0,037 (-0,047; -0,027)	-0,035 (-0,047; -0,023)	-0,027 (-0,049; -0,006)
Données brutes			
Transformées en logarithme	-0,029 (-0,042; -0,015)	-0,027 (-0,041; -0,012)	-0,010 (-0,03; 0,011)
À l'échelle	-0,028 (-0,039; -0,018)	-0,025 (-0,039; -0,011)	-0,011 (-0,036; 0,015)
Normalisées	-0,024 (-0,034; -0,015)	-0,021 (-0,034; -0,009)	-0,014 (-0,035; 0,008)
Ensembles de données sur l'anguille jaune			
Données normalisées			
Transformées en logarithme	-0,047 (-0,059; -0,034)	-0,046 (-0,06; -0,032)	-0,015 (-0,033; 0,003)
À l'échelle	-0,042 (-0,052; -0,033)	-0,042 (-0,055; -0,028)	-0,016 (-0,033; 0,001)
Normalisées	-0,043 (-0,055; -0,033)	-0,045 (-0,06; -0,03)	-0,027 (-0,051; -0,003)

Modèle	Séries chronologiques		
	Tous	1980 à 2018	2000 à 2018
Tous les ensembles de données			
Données brutes			
Transformées en logarithme	-0,039 (-0,055; -0,023)	-0,037 (-0,054; -0,019)	-0,010 (-0,033; 0,014)
À l'échelle	-0,032 (-0,044; -0,021)	-0,033 (-0,049; -0,015)	-0,009 (-0,038; 0,02)
Normalisées	-0,03 (-0,042; -0,018)	-0,03 (-0,045; -0,014)	-0,012 (-0,036; 0,013)

Le poids de la preuve porte à croire que, dans l'ensemble de l'aire de répartition canadienne d'eau douce où des données étaient disponibles, l'abondance de l'anguille d'Amérique a diminué. Bien que les déclin les plus marqués et les plus spectaculaires aient été observés dans la zone du bassin du Saint-Laurent, des déclin plus faibles, mais tout de même importants ont également été observés dans les zones Scotia-Fundy et le sud du Golfe. Le principal facteur contribuant à la constatation d'un déclin important de l'abondance relative était la date de début de la série chronologique. Tous les ensembles de données pour lesquels un déclin important a été estimé comprenaient des années d'échantillonnage antérieures à 1990. Aucun déclin significatif n'a été relevé dans les ensembles de données commençant après 1990 et les estimations des tendances à l'échelle du Canada pour les années 2000 à 2018 n'étaient, principalement, pas différentes de 0. Cela indique que, dans l'eau douce du Canada, l'abondance de l'anguille d'Amérique est demeurée relativement stable au cours des deux dernières décennies, mais que des déclin importants se sont probablement produits auparavant et ne se sont pas limités à la zone du bassin du Saint-Laurent.

Points de référence de la mortalité propres à la population

Brook *et al.* (sous presse [a]) ont élaboré un modèle matriciel de population fondé sur l'âge pour estimer les points de référence de mortalité pour les zones canadiennes (Scotia-Fundy [SF], sud du Golfe [SG], nord du Golfe [NG] et Saint-Laurent [SL] à la figure 2). À titre d'hypothèse simplifiée, il a été supposé que chaque sous-population (zone) était entièrement indépendante (c.-à-d. que toutes les recrues retournent dans cette zone). En raison de l'incertitude dans les traits du cycle biologique, la stochasticité parmi les simulations a été incluse dans la croissance somatique annuelle, la longueur de l'anguille argentée, la fécondité, la mortalité, etc. Les zones ont été définies par la plage de longueur de l'anguille argentée et le taux de croissance tiré pour une simulation donnée. Pour tenir compte de l'incertitude dans les effets de la dépendance à la densité, de multiples options de dépendance à la densité ont été incluses dans le modèle, avec un nombre croissant de mécanismes : la dépendance à la densité dans la survie de l'anguillette (« DD de l'anguillette »), la dépendance à la densité dans la survie de l'anguillette et la probabilité d'argente (« anguillette + argentée DD »), ou la dépendance à la densité dans la survie de l'anguillette, la probabilité d'argente et la mortalité de l'anguille jaune (« anguillette + argentée + mort. DD ») Étant donné qu'il y avait une dépendance à la densité au stade de l'anguillette, deux modèles possibles de mortalité dépendante de la densité ont été étudiés : soit la dépendance à la densité se produit avant l'activité de pêche, soit elle a lieu après.

Les points de référence de mortalité, représentés par le taux de pêche instantané F , ont été calculés en fonction de l'échappée de l'anguille argentée. Cette mesure est un rapport entre le nombre d'anguilles argentées qui survivent pour migrer vers la mer des Sargasses lorsqu'il n'y a pas de mortalité anthropique (c.-à-d. à la capacité de charge K) et le nombre d'anguilles argentées qui migrent après la mortalité anthropique. Plus la valeur de l'échappée de l'anguille argentée est près de 1, plus elle est proche de sa capacité de charge. Bien que les analyses

précédentes de l'anguille d'Amérique aient utilisé le nombre de géniteurs par recrue comme mesure de l'état du stock, cette valeur n'a pas réagi à la mortalité par pêche dans certains des scénarios modèles examinés dans les analyses actuelles. Par ailleurs, les estimations fondées sur l'échappée de l'anguille argentée et le nombre de géniteurs par recrue étaient similaires et fortement corrélées. Le point de référence limite a été fixé à une échappée de l'anguille argentée de 30 % et le point de référence supérieur a été fixé à une échappée de 50 % avec les points de référence de mortalité F_{30} et F_{50} correspondants, respectivement. $F_{extinction}$ a également été calculé, qui est la mortalité par pêche (F) la plus faible qui entraîne l'extinction d'une sous-population, comme point de comparaison avec les points de référence de mortalité.

À mesure que de plus en plus de mécanismes dépendants de la densité étaient inclus dans le modèle, les points de référence de mortalité estimés augmentaient (tableau 2). Les points de référence de mortalité les plus prudents (les plus petits) ont découlé de simulations avec une dépendance à la densité uniquement pour la survie de l'anguillette et une dépendance à la densité survenant avant l'activité de pêche. Pour la pêche de l'anguillette, il n'y avait pas de différence notable dans les points de référence de mortalité entre les zones (p. ex. les points de référence de mortalité par NG ne différaient pas systématiquement de ceux de SF). Cependant, les points de référence de mortalité de l'anguille ont montré une tendance constante où la zone SL avait les plus petits points de référence de mortalité, et SF avait toujours le plus élevé (tableau 2). Cela est probablement dû aux différences de longueur d'argent entre les zones, SL ayant les anguilles argentées les plus longues de toutes les zones.

Le moment de la dépendance de la densité de survie de l'anguillette par rapport à la pêche de l'anguillette a eu une incidence importante sur les points de référence de mortalité pour cette pêche. Lorsque la dépendance à la densité s'est produite après l'activité de pêche, l'échappée de l'anguille argentée a été moins touchée par les faibles niveaux de mortalité anthropique, ce qui a fait que les points de référence de mortalité étaient plus élevés, mais très proches des valeurs $F_{extinction}$ (tableau 2; figure 4), quel que soit le nombre de mécanismes dépendants de la densité dans la simulation. Lorsque la dépendance à la densité se produit après l'activité de pêche, la dépendance à la densité compense une grande partie de la perte de pêche de l'anguillette jusqu'à ce que la mortalité par pêche approche de $F_{extinction}$, moment où la sous-population est susceptible de s'éteindre rapidement. Dans ce scénario, une sous-population ne montre pas de déclin important de l'échappée tant qu'il n'y a pas de niveaux élevés (presque $F_{extinction}$) de mortalité par pêche (figure 4, panneaux du haut) et que la surveillance de la sous-population peut ne pas être en mesure de détecter quand la mortalité par pêche de l'anguillette est excessive.

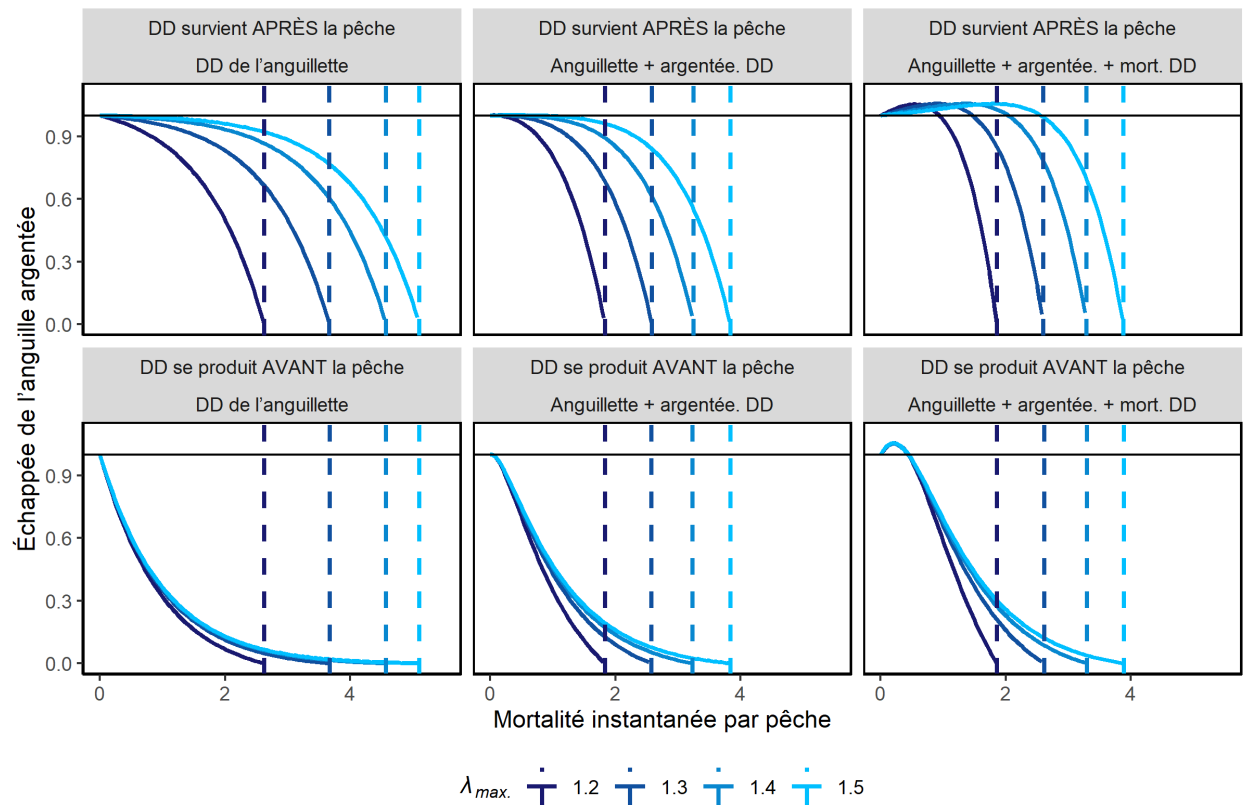


Figure 4. Relations d'une seule simulation de cycle biologique entre les taux de croissance maximaux de la population (λ_{max}). Les lignes verticales pointillées représentent le $F_{extinction}$ pour chaque λ_{max} , où des valeurs λ_{max} plus élevées sont associées à un $F_{extinction}$ plus grand. Les panneaux représentent différentes hypothèses sur les stades biologiques qui sont touchés par la dépendance à la densité (colonnes) et sur le moment où elle agit au stade de l'anguillette (lignes).

Tableau 2. Comparaison des valeurs de référence de la mortalité par pêche entre les zones, les pêches et les options dépendantes de la densité. $F_{extinction}$, F_{30} et F_{50} représentent les valeurs médianes tout au long du cycle biologique pour chaque zone avec une taille minimale de pêche de 350 mm.

Modèle de densité	Type de poisson	Zone	$F_{extinction}$	F_{30}	F_{50}
DD de l'anguillette	DD de l'anguillette après la pêche	À l'échelle du Canada	3,9	3,9	3,5
		SF	3,9	3,5	3,5
		SG	4,1	4,1	3,1
		NG	3,8	3,8	3,0
		SL	4,1	3,7	3,5
	DD de l'anguillette avant la pêche	À l'échelle du Canada	3,9	1,2	0,67
		SF	3,9	1,2	0,67
		SG	4,1	1,2	0,67
		NG	3,8	1,2	0,67
		SL	4,1	1,2	0,67
	Anguille	À l'échelle du Canada	0,78	0,18	0,091
		SF	1,0	0,36	0,21
		SG	0,83	0,20	0,10

**Avis pour un cadre de précaution visant l'anguille
d'Amérique dans les eaux canadiennes**

Région de la capitale nationale

Modèle de densité	Type de poisson	Zone	$F_{\text{extinction}}$	F_{30}	F_{50}
Anguilette + argentée. DD	DD de l'anguillette après la pêche	NG	0,75	0,17	0,092
		SL	0,68	0,13	0,073
		À l'échelle du Canada	2,9	2,7	2,5
		SF	2,9	2,5	2,6
		SG	2,9	2,6	2,4
		NG	2,8	2,6	2,4
		SL	3,0	2,7	2,4
	DD de l'anguillette avant la pêche	À l'échelle du Canada	2,9	1,3	0,84
		SF	2,9	1,4	0,89
		SG	2,9	1,3	0,89
		NG	2,8	1,2	0,80
		SL	3,0	1,3	0,83
	Anguille	À l'échelle du Canada	0,62	0,21	0,11
		SF	0,93	0,41	0,23
		SG	0,68	0,23	0,12
		NG	0,59	0,18	0,11
		SL	0,51	0,17	0,093
Anguilette + argentée. + mort. DD	DD de l'anguillette après la pêche	À l'échelle du Canada	2,9	2,7	2,4
		SF	2,8	2,6	2,7
		SG	2,9	2,8	2,3
		NG	2,8	2,6	2,4
		SL	3,1	2,5	2,6
	DD de l'anguillette avant la pêche	À l'échelle du Canada	2,9	1,7	1,2
		SF	2,8	1,8	1,3
		SG	2,9	1,8	1,3
		NG	2,8	1,6	1,1
		SL	3,1	1,6	1,2
	Anguille	À l'échelle du Canada	0,64	0,25	0,14
		SF	0,97	0,48	0,20
		SG	0,71	0,26	0,15
		NG	0,57	0,22	0,13
		SL	0,51	0,20	0,12

Des régressions linéaires multiples ont été utilisées pour prédire les points de référence de mortalité en fonction de l'objectif de l'échappée de l'anguille argentée, de la mortalité instantanée causée par des turbines (T), et pour la pêche de l'anguille, la longueur de l'anguille argentée (LAa en mm) et la taille minimale de la pêche (TM en mm) ont également été utilisées comme covariables. La variable de réponse est le logarithme naturel du taux de pêche instantané F , qui peut être réarrangé de manière à ce que :

$$F = e^{(\alpha + \beta_{\text{Échappée de l'anguille argentée}} + \beta_T + \beta_{LAa} + \beta_{TM})}, \quad (1)$$

Où α est l'intersection et β_i sont les pentes de chaque variable. Pour les régressions de la pêche de l'anguillette, la LAa a constamment entraîné de très petits changements dans le R^2 , ce qui indique qu'il ne s'agissait pas d'un prédicteur important et qu'il a été supprimé des

régressions de l'anguillette. L'équation de régression de la pêche de l'anguillette était la suivante :

$$F = e^{(1,50 - 4,85(\text{Échappée de l'anguille argentée}) - 1,13(T))}, \quad (2)$$

et l'équation de régression de la pêche de l'anguille était la suivante :

$$F = e^{(0,173 - 5,65(\text{échappée de l'anguille argentée}) - 0,994(T) - 0,00189(LAa) + 0,00291(TM))}, \quad (3)$$

Dans l'ensemble, les régressions ont bien prédit les points de référence de mortalité ($R^2 > 0,8$). L'importance de la longueur et de la taille minimale de pêche de l'anguille argentée dans les régressions de la pêche de l'anguille met en évidence l'importance d'établir des points de référence de mortalité en fonction des caractéristiques du cycle biologique local.

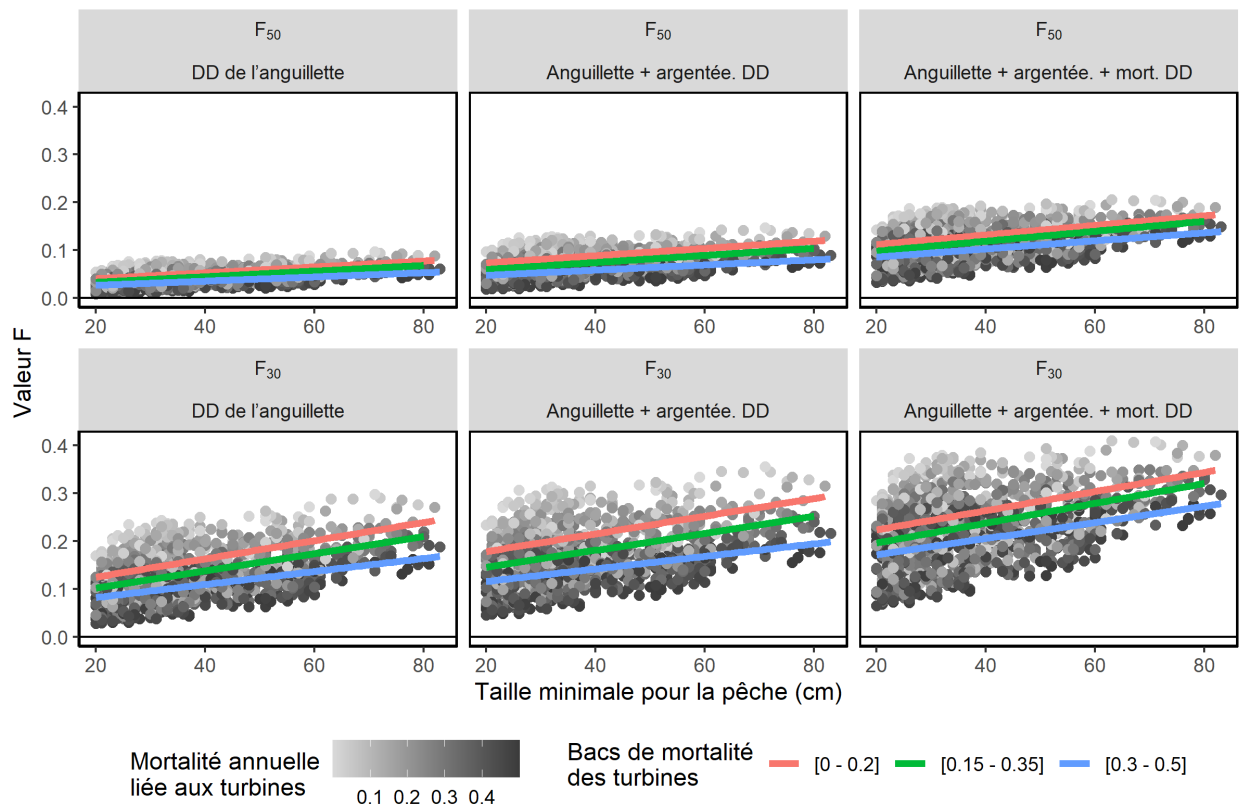


Figure 5. Relation entre la taille minimale de pêche, les points de référence de mortalité et la mortalité annuelle causée par des turbines pour la pêche de l'anguille, dérivée de régressions linéaires multiples. Les lignes d'ajustement sur le graphique sont des ajustements de régression linéaire aux mortalités annuelles par des turbines, montrant les différentes réponses liées à la mortalité par des turbines. Les panneaux représentent les limites de référence de mortalité (lignes) et différentes hypothèses sur les stades biologiques touchés par la dépendance à la densité (colonnes).

La relation entre la mortalité causée par des turbines et les points de référence de mortalité F_{50} et F_{30} a été déterminée à partir des régressions. Pour la pêche de l'anguillette et de l'anguille, les points de référence de mortalité doivent diminuer à mesure que la mortalité causée par des turbines augmente pour atteindre l'objectif de l'échappée de l'anguille argentée (figure 5). Pour la pêche de l'anguille, cette relation est compliquée par l'inclusion d'une taille de pêche minimale ajustable, qui a une incidence sur les points de référence de mortalité, bien que la

relation négative sous-jacente entre la mortalité par turbine et les points de référence de mortalité soit constante (figure 5). À forte mortalité des turbines, il n'y a pas de place pour la pêche de l'anguille ($F \sim 0$).

Atteindre les objectifs panmictiques en matière de population

La structure panmictique de la population d'anguille d'Amérique suggère qu'il est important d'évaluer les points de référence de mortalité générés pour des zones individuelles à l'intérieur d'une structure de métapopulation. Brook et al. (sous presse [b]) ont supposé que chaque sous-population ou zone avait un cycle biologique donné en fonction des valeurs de la littérature, et les points de référence de mortalité ont été calculés comme si chaque zone était une population indépendante. Ces points de référence de mortalité ont ensuite été appliqués dans un modèle de matrice métapopulation structuré par âge, où les leptocéphales pouvaient se disperser dans les zones le long de la côte est de l'Amérique du Nord (figure 6).

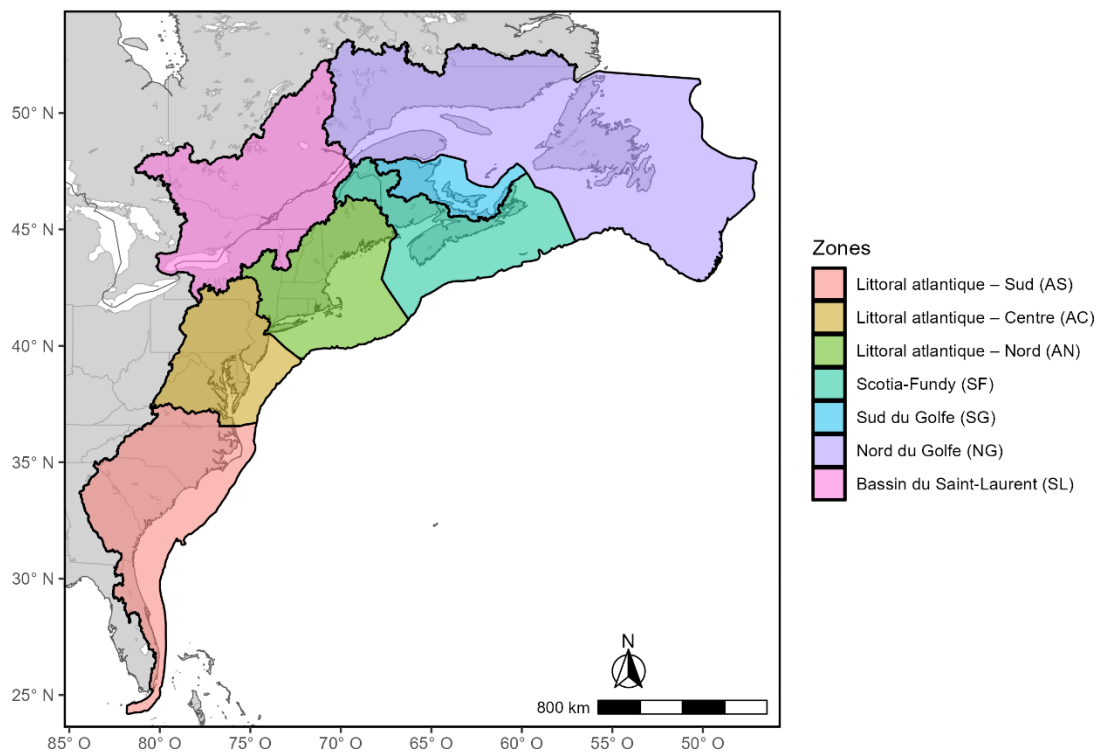


Figure 6. Limites utilisées pour définir les zones dans le modèle de métapopulation (données de Cairns et al., 2014).

Malgré son importance pour la dynamique des populations, la façon dont les leptocéphales se dispersent dans leur aire de répartition n'est pas bien comprise, pas plus que leurs taux de survie. En raison de cette incertitude, divers scénarios possibles ont été mis à l'essai. La survie des leptocéphales pourrait être spécifique à une zone ou commune à l'ensemble de la métapopulation (qui a été mise à l'échelle en fonction de la distance par rapport aux frayères). Trois scénarios de dispersion des leptocéphales ont été envisagés; les effets maternels avec un degré élevé de retour de la mère (les leptocéphales retournent au lieu d'élevage de la mère); l'attraction de l'eau, qui suppose que la quantité d'habitats d'eau douce dans une zone est directement proportionnelle au nombre de leptocéphales dispersés dans cette zone; et le remblayage, où la distance de migration dépendait de la densité dans les zones plus proches,

ce qui faisait en sorte que moins de leptocéphales se rendaient vers des endroits plus éloignés et nordiques.

Dans la majorité des scénarios, les points de référence de mortalité propres à la zone ont permis d'atteindre les objectifs de l'échappée de l'anguille argentée (c.-à-d. que la pêche à F_{50} a donné lieu à une échappée de 50 % pour cette zone). Cela était constant pour les pêches de l'anguillette et de l'anguille, bien que la pêche à l'anguille ait été plus variable dans l'ensemble (figure 7). Cependant, pour les deux pêches, le scénario de dispersion du remblayage a donné lieu à plusieurs zones avec des valeurs d'échappée de l'anguille argentée constamment inférieures à l'objectif. Selon cette hypothèse, les points de référence de mortalité dérivés indépendamment et propres à la zone ne convenaient pas à la structure de la métapopulation. Les zones constamment inférieures à la cible de l'échappée étaient les zones canadiennes les plus septentrionales : SF, SG, NG et SL. Pour que ces zones atteignent l'objectif de 50 % de l'échappée de l'anguille argentée, la mortalité cumulative de la métapopulation devrait être réduite pour s'assurer que les localités les plus septentrionales reçoivent encore suffisamment de recrues de leptocéphales.

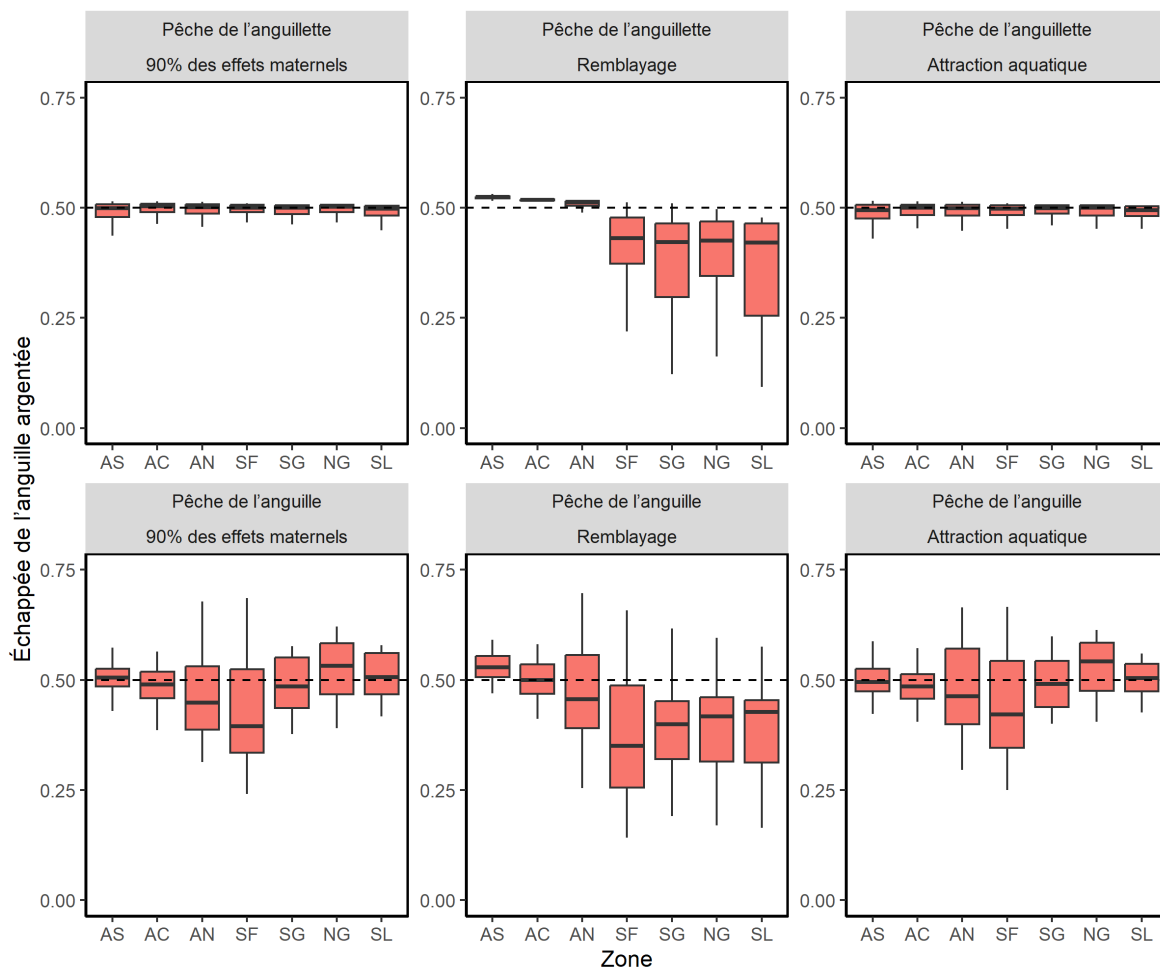


Figure 7. Distribution des valeurs d'échappée de l'anguille argentée pour chaque zone selon différents mécanismes de dispersion des leptocéphales (colonnes) pour les pêches de l'anguillette et de l'anguille (rangs), lorsque chaque zone est pêchée à son F_{50} respectif d'anguillette et d'anguille et que le modèle dépendant de la densité est « DD de l'anguillette ». Ces simulations partent du principe que chaque zone avait une valeur de survie indépendante des leptocéphales.

Sources d'incertitude

L'analyse des tendances a été limitée par la disponibilité des données. Seules douze séries chronologiques de longueur suffisante étaient disponibles avec une représentation temporelle et spatiale inégale entre les zones, inégalement réparties entre les stades biologiques, et les données étaient limitées aux localités d'eau douce. Les protocoles d'échantillonnage différaient d'une série chronologique à l'autre, de nombreux ensembles de données provenant de relevés qui ne ciblaient pas l'anguille d'Amérique et les capturaient plutôt fortuitement tout en ciblant d'autres espèces, comme le saumon atlantique. Des méthodes normalisées et statistiques ont été utilisées pour minimiser les effets de ces limites sur les résultats des modèles.

Le présent avis applique des approches de modélisation pour élaborer des points de référence et une analyse des tendances à l'échelle du Canada. Ces modèles nécessitaient plusieurs hypothèses en raison d'inconnues dans la biologie de l'anguille d'Amérique, ainsi que des données et des incertitudes environnementales. Des efforts ont été déployés pour mettre à l'essai bon nombre des hypothèses, mais l'incertitude demeure.

Bien que des tentatives aient été faites pour couvrir une gamme réaliste de cycles biologiques dans le modèle de population, plusieurs incertitudes importantes demeurent. La mortalité naturelle de l'anguille jaune et de l'anguille argentée a été estimée à l'aide d'équations fondées sur le poids, en raison d'un manque général de données empiriques sur la mortalité naturelle au Canada. Il est très difficile d'estimer avec précision la mortalité naturelle de l'anguille jaune (par opposition à un taux de perte général), car lorsqu'elle arrive à maturité, elle quitte la sous-population, même si elle n'est pas morte. De plus, le modèle de population ne comprenait que des données sur les anguilles femelles d'eau douce, pour lesquelles le plus de données étaient disponibles. Le cycle biologique de l'anguille en milieu salé ou de l'anguille mâle n'était pas représenté dans les modèles, bien que les anguilles femelles d'eau douce puissent être les plus vulnérables à la pêche de l'anguille au Canada. Des renseignements supplémentaires sur le cycle biologique de l'anguille en eaux salines et de l'anguille mâle seraient utiles pour les inclure dans les futurs travaux de modélisation.

Comment et quand la dépendance à la densité agit dans les populations d'anguilles d'Amérique est mal compris, et le moment par rapport à la pêche était très important pour le résultat du modèle. Les points de référence les plus prudents en matière de mortalité ont été dérivés du scénario où la dépendance à la densité n'agit que pendant le stade de l'anguillette avant l'activité de pêche. Cependant, il est également possible qu'une dépendance importante à la densité se produise après la pêche, ce qui a des répercussions sur la façon dont les limites de référence sont établies et la façon dont les données de surveillance sont interprétées.

Les points de référence de mortalité ont été estimés en supposant que la population partait de sa capacité de charge stable. Cependant, l'anguille d'Amérique au Canada a probablement diminué depuis les années 1980 (Van Der Lee et Koops, sous presse). Il peut être nécessaire de réduire les points de référence de mortalité pour tenir compte du déclin et favoriser le rétablissement de la population.

La variabilité environnementale n'a pas été prise en compte dans les simulations, car il n'y avait pas de stochasticité interannuelle dans les taux vitaux. L'inclusion de la stochasticité interannuelle dans la mortalité naturelle favoriserait une réduction supplémentaire des points de référence de mortalité, afin d'assurer une confiance élevée dans l'atteinte de la cible de 50 % ou de 30 % de l'échappée de l'anguille argentée (Brook *et al.* sous presse [a]).

Les projections sur les changements climatiques n'ont pas non plus été examinées directement. En raison de son cycle de vie catadrome, l'anguille d'Amérique est touchée par les

changements dans les milieux d'eau douce et marins, et peut donc être particulièrement sensible aux effets des changements climatiques (Drouineau *et al.* 2018). En particulier, les changements dans les migrations des leptocéphales dus aux changements dans le Gulf Stream pourraient avoir des répercussions importantes sur les populations d'anguilles d'Amérique en touchant la façon dont la population se répartit le long de la côte est de l'Amérique du Nord. Étant donné que la répartition des leptocéphales n'est pas bien comprise à l'heure actuelle, il sera difficile de prédire comment les changements climatiques pourraient toucher leur dispersion. D'après les résultats de l'analyse des métapopulations, les perturbations de la dispersion des leptocéphales peuvent avoir des répercussions importantes sur les sous-populations et limiter le rétablissement de la population.

CONCLUSION

L'abondance de l'anguille d'Amérique en eau douce a diminué dans l'ensemble de son aire de répartition canadienne. L'observation de déclin importants nécessite que les séries chronologiques de données remontent à avant 1990. Il est fort probable que l'anguille jaune au Canada ait connu un déclin de plus de 50 % depuis 1980, à un taux moyen de 2 à 4 % par année, et il est possible que le déclin soit de plus de 70 %. L'abondance de l'anguille d'Amérique est demeurée relativement stable au cours des deux dernières décennies, mais des déclin importants se sont probablement produits auparavant et ne se sont pas limités au bassin du Saint-Laurent.

L'échappée de l'anguille argentée est recommandée comme mesure de l'état du stock, avec des points de référence à 30 % et 50 % d'échappée, car cette mesure répond à la pêche dans tous les scénarios de modèle explorés. Les points de référence de la mortalité sont sensibles aux hypothèses du modèle sur le type et le moment de la dépendance à la densité. Pour les emplacements où les données sont limitées, les points de référence de mortalité peuvent être prédits en fonction de l'échappée de l'anguille argentée cible, de la mortalité causée par des turbines, de la taille minimale de pêche et de la longueur de l'anguille argentée. Il est possible que la mortalité des turbines soit suffisamment élevée pour qu'il n'y ait pas de place pour la pêche de l'anguille.

La réaction de la population panmictique à la pression de pêche locale dépend du mécanisme par lequel les leptocéphales se répartissent à partir des frayères de la mer des Sargasses vers les eaux continentales. Lorsque les points de référence de mortalité sont établis localement, la plupart des scénarios du modèle permettaient d'atteindre les mêmes objectifs d'échappée pour la population panmictique. L'exception était le mécanisme de dispersion des leptocéphales en « remblayage », où les localités du sud sont occupées par les recrues avant les localités du nord. Dans ce cas, les objectifs panmictiques en matière de population nécessitaient d'abaisser les points de référence locaux de mortalité.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Il est important de noter que la mesure de la mortalité instantanée par pêche (F) représente l'ampleur totale de la pression de la pêche dans une zone donnée. Le modèle de population ne fait pas de distinction entre la pêche autorisée et la pêche non autorisée, et les points de référence de mortalité (tableau 2) devraient donc être ajustés pour tenir compte des estimations d'autres sources de mortalité par pêche et de prises non déclarées. Cela peut être particulièrement important pour la pêche de l'anguillette, qui a fait face à des niveaux élevés de braconnage au cours des dernières années (Withers 2023).

Dans les modèles de population, la mortalité par turbine représentait une mortalité moyenne à l'échelle de la zone. Cependant, en pratique, cette valeur peut être difficile à déterminer. Dans les endroits où il y a de multiples sources de mortalité par les turbines, seule une partie de la population sera exposée aux deux sources, de sorte que l'utilisation de la mortalité cumulative totale comme moyenne pour la région surestimerait la mortalité moyenne causée par les turbines. Des recherches à l'échelle locale devraient déterminer les déplacements de l'anguille afin d'utiliser une estimation plus précise de la mortalité causée par des turbines par sous-population.

Les menaces sublétales potentielles pour l'anguille d'Amérique n'ont pas fait l'objet d'une enquête. Les changements environnementaux touchant la dispersion des leptocéphales peuvent avoir des répercussions importantes sur les sous-populations de la zone, mais n'ont pas fait l'objet d'analyses directes. De plus, bien que la mortalité par des turbines ait été étudiée, l'incidence potentielle de la réduction de l'habitat (et donc de la diminution de la capacité de charge) causée par les barrages n'a pas été directement prise en compte. Les barrages pourraient également entraîner un gradient d'effets dépendants à la densité au-dessus et au-dessous de l'obstacle, où il y a une densité élevée sous le barrage et une faible densité au-dessus du barrage. Cela pourrait avoir une incidence sur la qualité globale de l'habitat d'une zone donnée. Enfin, la productivité générale de divers habitats n'a pas été prise en compte, bien que les changements dans la productivité puissent avoir une incidence sur les traits du cycle biologique comme les taux de croissance somatique.

Les connaissances autochtones, tant traditionnelles que dirigées par les Autochtones, n'ont pas été incluses dans les analyses actuelles. Les évaluations futures devraient inciter les communautés autochtones à intégrer ces sources de connaissances. Les données sont insuffisantes dans certaines parties de l'aire de répartition canadienne (c.-à-d. le nord du Golfe du Saint-Laurent, Terre-Neuve-et-Labrador), y compris les eaux salées. Les analyses présentées démontrent l'importance des séries chronologiques de surveillance continue et à long terme pour comprendre les tendances. Dans l'ensemble de son aire de répartition, la gestion de l'anguille d'Amérique doit être surveillée et faire l'objet de relevés spécialisés afin d'accroître la couverture des données et de l'information sur les paramètres du cycle biologique.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Affiliation
Adam Van Der Lee	Secteur des sciences du MPO
Alexa Meyer	Peskotomuhkati à Skutik
Alicia O'Neill	Secrétariat canadien des avis scientifiques du MPO
Andrew Taylor	Secteur des sciences du MPO
Beth Guptill	Gestion des ressources du MPO
Chris Hearn	Marketing des moteurs de recherche : Travailler avec la Première Nation de Miawpukek
Daniel Duplisea	Secteur des sciences du MPO
Dave Stanley	Ontario Power Generation
Genna Carey	Canadian Committee for Sustainable Eel Fishery (CCSEF)
Jarrad Sitland	Gestion des ressources du MPO

Nom	Affiliation
Jean-Francois Dumont	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
Jean-Marc Nicolas	Nova Scotia Power
Jennifer Diment	Secteur des sciences du MPO
John Couture	Oceans North
John Sweka	U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS)
Josh Stacey	Secteur de gestion des écosystèmes du MPO
Keith Clarke	Coprésident, Direction des sciences du MPO
Keith Lewis	Secteur des sciences du MPO
Kim Cuddington	Université de Waterloo
Kristen Anstead	Atlantic States Marine Fisheries Commission (ASMFC)
Lisa Settrington	Secrétariat canadien des avis scientifiques du MPO
Lloyd Christmas	Bande des Premières Nations de Membertou
Louis Landry-Massicotte	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
Madison Brook	Secteur des sciences du MPO
Marten Koops	Secteur des sciences du MPO
Martin Castonguay	Secteur des sciences du MPO
Mary Ann Holland	Atlantic Canada Elver Fishers Advisory Council Inc.
Mary Ann Perron	Institut des sciences environnementales du fleuve Saint-Laurent
Matthew Cieri	Department of Marine Resources, Maine
Meagan Kindree	Secteur des sciences du MPO
Yamin Janjua	Secteur des sciences du MPO
Neil Fisher	Secteur de gestion des écosystèmes du MPO
Nick Lapointe	Coprésident, Fédération canadienne de la faune
Paula Smith	Gestion des pêches du MPO
Philippe Brodeur	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
Raymond Christmas	Bande des Premières Nations de Membertou
Rene Dion	Hydro-Québec
Rod Bradford	Secteur des sciences du MPO
Scott Reid	Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario
Scott Roloson	Secteur des sciences du MPO
Thomas Pratt	Secteur des sciences du MPO

Nom	Affiliation
Victoria Cluney	Mi'gmawe'l Tplu'taqnn Inc. (MTI)
Wendy Narvey	Mi'gmawe'l Tplu'taqnn Inc. (MTI)

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

- Bradford, R.G., Cook, A.M., et Smith, S. 2022. [Évaluation des pêches de l'anguille d'Amérique et de la civelle dans la région des Maritimes](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/009. v + 80 p.
- Brook, M.E., Van Der Lee, A.S. et Koops, M.A. Sous presse (a). Prévion des points de référence de mortalité de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.
- Brook, M.E., Van Der Lee, A.S. et Koops, M.A. Sous presse (b). Mise à l'essai de points de référence de mortalité propres à l'emplacement pour l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) dans un modèle de métapopulation. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.
- Cairns, D.K. 2020. Landings, abundance indicators, and biological data for a potential range-wide American eel stock assessment. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 1311: v + 180 p.
- Cairns, D.K., Chaput, G., Poirier, L.A., Avery, T.S., Castonguay, M., Mathers, A., Casselman, J.M., Bradford, R.G., Pratt, T., Verreault, G., Clarke, K., Veinott, G., and Bernatchez, L. 2014. [Recovery Potential Assessment for the American Eel \(*Anguilla rostrata*\) for eastern Canada: life history, distribution, reported landings, status indicators, and demographic parameters](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/134. xiv + 157 p.
- COSEWIC. 2012. COSEWIC assessment and status report on the American Eel *Anguilla rostrata* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. xii + 109 pp.
- Drouineau, H., Durif, C., Castonguay, M., Mateo, M., Rochard, E., Verreault, G., Yokouchi, K., and Lambert, P. 2018. [Freshwater eels: A symbol of the effects of global change](#). Fish. 19(5): 903-930.
- IUCN. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-02. Downloaded on 7/19/2023.
- Ulmo-Diaz, G., Engman, A., McLarney, W.O., Lasso Alcalá, C.A., Hendrickson, D., Bezault, E., Feunteun, E., Prats Léon, F.L., Wiener, J., Maxwell, R., Mohammed, R.S., Kwak, T.J., Benchetrit, J., Bougas, B., Babin, C., Normandeau, E., Djambazian, H.H.V., Chen, S.H., Reiling, S.J., Ragoussis, J., and Bernatchez, L. 2023. [Panmixia in the American eel extends to its tropical range of distribution: Biological implications and policymaking challenges](#). Evolutionary App. 16(12): 1872-1888.
- Van Der Lee, A.S. et Koops, M.A. Sous presse. Anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) Trajectoire de la population au Canada. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.
- Withers, Paul. 2023. Balaclavas, hidden licence plates and midnight violence — why Nova Scotia's baby eel fishery was shut down. CBC News. Accessed: 18 April 2023.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de la capitale nationale
Pêches et Océans Canada
200 Kent Street, Ottawa, ON K1A 0E6

Courriel : DFO.CSAS-SCAS.MPO@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-78818-0 Cat. No. Fs70-6/2025-046F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2025

Ce rapport est publié sous la [Licence du gouvernement ouvert – Canada](#)



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2025. Avis scientifique à l'appui de l'élaboration d'un cadre de précaution visant l'anguille d'Amérique dans les eaux canadiennes. Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2025/046.

Also available in English:

DFO. 2025. Science Advice for the Development of a Precautionary Framework for American Eel in Canadian Waters. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2025/046.