



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 2020/029

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Influence de la température de l'eau sur la mortalité du saumon de l'Atlantique remis à l'eau après avoir été pêché à la ligne

Travis E. Van Leeuwen^{1,2}, J. Brian Dempson¹, Chantelle M. Burke¹, Nicholas I. Kelly¹, Martha J. Robertson¹, Robert J. Lennox³, Torgeir B. Havn⁴, Martin-A. Svenning⁵, Ross Hinks⁶, Mathew M. Guzzo⁷, Eva B. Thorstad⁴, Craig F. Purchase⁸, Amanda E. Bates²

¹ Pêches et Océans Canada, Section des salmonidés; 80, chemin East White Hills, St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador), Canada, A1C 5X1

² Université Memorial de Terre-Neuve, Centre des sciences océaniques; 0, route Marine Lab, St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador), Canada, A1C 5S7

³ NORCE Norwegian Research Centre, Laboratoire d'écologie des eaux douces et des pêches intérieures, Bergen, Norvège

⁴ Norwegian Institute for Nature Research, C.P. 5685, Torgarden (Trondheim), Norvège, N-7485

⁵ Norwegian Institute for Nature Research, Département de l'écologie de l'Arctique, Centre Fram, C.P. 6606, Langnes (Tromsø), Norvège, N-9296

⁶ Miawpukek Mi'kamaway Mawi'omi, Conne River (Terre-Neuve-et-Labrador), Canada, A0H 1J0

⁷ University de Guelph, Département de biologie intégrative, Guelph (Ontario), Canada, N1G 2W1

⁸ Université Memorial de Terre-Neuve, Département de biologie; 232, avenue Elizabeth, St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador), Canada, A1B 3X9

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



© Sa Majesté la reine du Chef du Canada, 2020
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Van Leeuwen, T.E., Dempson, J.B., Burke, C.M., Kelly, N.I., Robertson, M.J., Lennox, R.J., Havn, T.B., Svenning, M-A., Hinks, R., Guzzo, M.M., Thorstad, E.B., Purchase, C.F., and Bates, A.E. 2020. Influence de la température de l'eau sur la mortalité du saumon de l'Atlantique remis à l'eau après avoir été pêché à la ligne. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/029. vi + 58 p.

Also available in English:

Van Leeuwen, T.E., Dempson, J.B., Burke, C.M., Kelly, N.I., Robertson, M.J., Lennox, R.J., Havn, T.B., Svenning, M-A., Hinks, R., Guzzo, M.M., Thorstad, E.B., Purchase, C.F., et Bates, A.E. 2020. Influence of water temperature on mortality of Atlantic Salmon after catch and release angling. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/029. vi + 51 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iv
INTRODUCTION	1
MÉTHODES	3
PRÉDIRE LA PROBABILITÉ DE MORTALITÉ DU SAUMON DE L'ATLANTIQUE PÊCHÉ ET REMIS À L'EAU À UNE TEMPÉRATURE D'EAU DONNÉE	3
Modèles 1 et 2 (modèles de synthèse des températures).....	5
Modèles 3 et 4 (modèles de données brutes).....	5
ESTIMATIONS, À L'ÉCHELLE DES RIVIÈRES INDIVIDUELLES, DE LA MORTALITÉ D'UN SAUMON DE L'ATLANTIQUE CAPTURÉ ET REMIS À L'EAU.....	6
TENDANCES RÉGIONALES ET TEMPORELLES RELATIVES À LA TEMPÉRATURE DES RIVIÈRES	7
TENDANCES RÉGIONALES ET TEMPORELLES RELATIVES À LA FERMETURE DE RIVIÈRES POUR DES RAISONS ENVIRONNEMENTALES	7
RÉSULTATS.....	8
PRÉDIRE LA PROBABILITÉ DE MORTALITÉ DU SAUMON DE L'ATLANTIQUE PÊCHÉ ET REMIS À L'EAU À UNE TEMPÉRATURE D'EAU DONNÉE	8
ESTIMATIONS, À L'ÉCHELLE DES RIVIÈRES INDIVIDUELLES, DE LA MORTALITÉ D'UN SAUMON DE L'ATLANTIQUE CAPTURÉ ET REMIS À L'EAU.....	8
TENDANCES RÉGIONALES ET TEMPORELLES RELATIVES À LA TEMPÉRATURE DES RIVIÈRES	9
TENDANCES RÉGIONALES ET TEMPORELLES RELATIVES À LA FERMETURE DE RIVIÈRES POUR DES RAISONS ENVIRONNEMENTALES	9
DISCUSSION.....	10
RÉFÉRENCES CITÉES.....	18
ANNEXE I : TABLEAUX.....	24
ANNEXE II : FIGURES	39
ANNEXE III : RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES.....	50

RÉSUMÉ

À l'échelle mondiale, une augmentation de la température moyenne de l'air au cours des dernières décennies a entraîné des changements dans les températures de l'eau des rivières. Les poïkilothermes, dont le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar L.*), sont vulnérables aux fluctuations de température. Parallèlement, de nombreuses populations de saumon de l'Atlantique sont sujettes à la pêche à la ligne avec remise à l'eau des prises. La mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson pêché dépend des pratiques de pêche à la ligne et de la température de l'eau. Puisque les pêcheurs à la ligne pêchent habituellement le saumon de l'Atlantique durant les mois les plus chauds de l'année, le poisson remis à l'eau risque ensuite d'être exposé à des températures d'eau lui causant un stress physiologique et pouvant lui être fatales. Le présent document examine les interactions entre le réchauffement des rivières et la mortalité du poisson dans le cadre des pêches récréatives du saumon de l'Atlantique. D'abord, pour quantifier la plage des taux de mortalité observés à une température d'eau donnée pour le saumon de l'Atlantique pêché et remis à l'eau, nous analysons les données publiées et non publiées que nous avons compilées sur la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson capturé. Ensuite, en nous concentrant sur la région de Terre-Neuve-et-Labrador, au Canada, nous fournissons des estimations, par rivière, de la mortalité du saumon de l'Atlantique pêché et remis à l'eau, en combinant les données sur la température d'une rivière donnée aux estimations du nombre de saumons pêchés et remis à l'eau, lesquelles s'appuient sur des enquêtes auprès des pêcheurs à la ligne. Enfin, nous mettons à jour et comparons les tendances régionales et temporelles (~1978 à 2018) relatives aux températures des rivières et aux fermetures de rivières en raison de températures élevées de l'eau ou de faibles niveaux d'eau. La mortalité imputable à la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique capturé variait d'une étude à l'autre, la majorité des données publiées (~75 %) présentant une probabilité de mortalité de $< 0,10$. Le taux de mortalité moyenne chez les poissons du groupe témoin s'élevait à 0,004. Nous avons noté que la probabilité de mortalité augmentait avec la température de l'eau et dépendait du cycle de vie du poisson et du type d'engin de pêche utilisé. La mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson capturé (\pm intervalle de confiance de 95 %) oscillait entre 0,01 et 0,05 à des températures d'eau moyennes entre 0 à 12 °C, et oscillait entre 0,04 à 0,14 à des températures entre 12 à 18 °C. De plus, la probabilité de mortalité se situait entre 0,07 à 0,33 à des températures d'eau moyennes de 18 à 20 °C, et entre 0,14 à 0,65 à des températures de 20 à 25 °C. Les rivières de Terre-Neuve ont connu, au fil du temps, une hausse notable des moyennes températures mensuelles en juillet et en août, et une hausse simultanée du pourcentage de jours de fermeture de la pêche à la ligne en raison de températures de l'eau élevées ou de faibles niveaux d'eau au cours des dernières années. Les rivières du Labrador ont connu, au fil du temps, une légère hausse des températures de l'eau en août, alors qu'une seule fermeture de rivière en raison de températures élevées ou de faibles niveaux d'eau a été répertoriée. À l'échelle locale, les rivières faisant l'objet d'une surveillance sur les côtes est et sud-est de Terre-Neuve ont affiché une hausse des températures de l'eau en juillet et en août, tandis que les rivières des côtes sud, ouest et nord n'ont connu aucune hausse ou baisse des températures au fil du temps. Les résultats de la présente étude font ressortir la nécessité d'adopter, en réponse aux changements climatiques, une gestion adaptative des pêches récréatives avec remise à l'eau du saumon de l'Atlantique capturé.

INTRODUCTION

À l'échelle mondiale, la température moyenne de l'air a augmenté de 0,74 °C depuis 1906, et 17 des 18 années les plus chaudes jamais observées ont été enregistrées depuis 2001 (GIEC 2018). De plus, on prévoit des hausses de l'ordre de 1,8 à 4,0 °C d'ici 2100 (Hein *et al.* 2012; Taylor *et al.* 2018). Il est bien connu que le changement climatique a pour effet d'accroître la fréquence d'événements extrêmes, touchant notamment la durée des vagues de chaleur (Stillman 2019) et des périodes de sécheresse (Lennox *et al.* 2019). Étant donné la variation spatiale des régimes de température à l'échelle mondiale, les conditions météorologiques et les espèces animales ne sont pas distribuées de façon uniforme, de sorte que les effets du changement climatique seront considérablement plus élevés ou plus faibles dans certaines régions du monde par rapport aux prévisions mondiales (Stillman 2019). Proportionnellement, le changement climatique touche de façon beaucoup plus importante les environnements à des latitudes élevées qu'à des latitudes plus faibles (Prowse *et al.* 2006), soulignant sur la nécessité d'évaluer les conséquences potentielles du changement climatique à une échelle régionale. Les poïkilothermes, comme la plupart des poissons, ne peuvent pas réguler leur température corporelle et subissent donc directement l'incidence des fluctuations de la température ambiante (Brett 1971).

Originaire de la côte est de l'Amérique du Nord et de l'Europe occidentale, le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar* L.) est une espèce importante sur le plan des pêches commerciales, récréatives et de subsistance (MacCrimmon et Gots 1979). Les saumons juvéniles demeurent en eau douce pendant une période d'un an à huit ans (ou environ deux à cinq ans à Terre-Neuve et trois à sept ans au Labrador) avant de subir une transformation physiologique et morphologique en vue de la migration vers la mer au printemps (c.-à-d. le processus d'adaptation à l'eau salée; Thorpe 1994). Le saumon de l'Atlantique peut ensuite demeurer en mer pendant un à cinq hivers, arrivant à maturité, puis revenant dans son cours d'eau d'origine en vue de se reproduire à l'automne (Klemetsen *et al.* 2003). Les stocks de Terre-Neuve se composent principalement de saumons unibermarins (un seul hiver en mer), tandis que les stocks du Labrador se composent plus souvent de saumons pluribermarins (plus d'un hiver en mer) [O'Connell *et al.* 2006]. Le saumon pluribermarin migre le plus souvent vers l'ouest du Groenland, tandis que le saumon unibermarin se dirige, une fois le processus d'adaptation à l'eau salée terminé, sur le Grand Banc ou dans la mer du Labrador pour y passer un hiver (Reddin et Shearer 1987; Reddin et Short 1991). Après la période de frai, certains saumons ayant survécu (le « saumon vide » ayant frayé au cours de l'automne précédent) effectuent de nouveau la dévalaison vers la mer (Klemetsen *et al.* 2003). De plus, certains saumons de l'Atlantique ne migrent jamais vers la mer, demeurant plutôt en eau douce toute leur vie sous forme de ouananiche (résidant habituellement dans les lacs; Hutchings *et al.* 2019) ou sous forme de tacon mâle prématuré (Dalley *et al.* 1983).

Au cours des dernières décennies, l'abondance de saumon dans l'Atlantique a connu un déclin à l'échelle de l'Atlantique Nord (Chaput 2012; Friedland *et al.* 2014; Soto *et al.* 2018; Lehnert *et al.* 2019). Le nombre total de captures nominales déclarées est passé de 10 000 tonnes en 1970 à 1 000 tonnes au cours des dernières années (Nicola *et al.* 2018; CIEM 2019). À Terre-Neuve, de tels déclinés se sont produits en dépit des diverses mesures de gestion visant à réduire l'exploitation de la pêche récréative (tableau 1) et de la fermeture de la pêche commerciale au saumon de l'Atlantique depuis les années 1990 (Dempson *et al.* 2004). Malgré l'augmentation de certains stocks en raison de la fermeture de la pêche commerciale, les populations de la côte sud de Terre-Neuve ont continué de décliner, et le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) les désigne actuellement comme étant « menacées » (Dempson *et al.* 2004; COSEPAC 2010). En 2017, 15 des 19 rivières surveillées

à Terre-Neuve ont connu un déclin du nombre d'adultes anadromes, soit une diminution de plus de 30 % dans 12 de ces rivières par rapport à la moyenne de la génération précédente (les cinq et six années précédentes pour Terre-Neuve, respectivement; MPO 2018).

Bien que certaines pêches récréatives de saumon de l'Atlantique prévoient, encore aujourd'hui, de conserver les prises, la remise à l'eau volontaire du saumon pêché est parfois encouragée. Compte tenu des données antérieures indiquant le faible taux de mortalité attribuable à la remise à l'eau du poisson pêché, même lorsque les stocks sont faibles, les gestionnaires des pêches et des organismes de conservation sont désormais d'avis que la remise à l'eau du poisson pêché constitue une mesure de gestion (Brownscombe *et al.* 2017). En effet, la remise à l'eau permet aux activités de la pêche récréative de se poursuivre tout en continuant à générer les avantages sociaux et économiques connexes (boutiques de pêche, propriétaires de gîtes, frais de licence, frais de guide) [Tufts *et al.* 1991; Booth *et al.* 1995; Brobbel *et al.* 1996; Wilkie *et al.* 1996, 1997; Lennox *et al.* 2017a].

On estime que, dans les pêches récréatives, la proportion de saumon de l'Atlantique remis à l'eau après avoir été capturé varie : 22 % du total des prises en Norvège, 54 % à Terre-Neuve, et jusqu'à 90 % en Écosse. On obtient ainsi, en 2017, un total estimatif de 57 357 saumons de l'Atlantique remis à l'eau dans l'est du Canada, 20 000 en Islande, 26 000 en Norvège et plus de 44 000 en Écosse. Compte tenu de la réduction des limites de prises pouvant être conservées dans de nombreuses pêches au saumon de l'Atlantique, du nombre élevé de remises à l'eau du poisson qui en résulte et de la diminution de l'abondance du saumon de l'Atlantique, le recours à la remise à l'eau du poisson pêché comme outil de gestion de cette espèce est parfois remis en question et réévalué (CIEM 2019).

Alors qu'une grande partie de la mortalité attribuable à la remise à l'eau du poisson pêché dépend des pratiques de pêche à la ligne (p. ex. type d'engin, type d'appât) et de l'expérience du pêcheur (p. ex. manipulation et exposition à l'air; Cooke et Wilde 2007; Lennox *et al.* 2017a), il a été démontré que la température de l'eau au moment de la capture influe également sur la survie après la remise à l'eau (Wilkie *et al.* 1996; Havn *et al.* 2015; Lennox *et al.* 2017a).

Comme de nombreux saumons de l'Atlantique sont pêchés par des pêcheurs à la ligne durant les mois les plus chauds de l'année (juillet et août), le saumon remis à l'eau s'expose à des températures d'eau lui causant un stress physiologique et pouvant lui être fatales (Huntsman 1942; Breau 2013). Selon des observations, le taux de mortalité du saumon de l'Atlantique attribuable à la remise à l'eau du poisson pêché se situerait entre 0 % et 12 % lorsque la température de l'eau est égale ou inférieure à 18 °C (Dempson *et al.* 2002; Thorstad *et al.* 2007). Il est probable que la mortalité augmente de façon considérable à des températures d'eau supérieures à 18 °C (Gale *et al.* 2011; Havn *et al.* 2015; Lennox *et al.* 2017a), car les effets synergiques d'une température élevée de l'eau, d'une dissolution plus faible de l'oxygène qui en résulte et de l'effort exténuant du poisson capturé à la ligne peuvent nuire à la récupération du poisson sur le plan aérobie et anaérobie (Wilkie *et al.* 1996; 1997; Arlinghaus *et al.* 2007; Breau 2013).

Pour assurer une gestion efficace de la remise à l'eau des captures, et pour assurer la conservation des stocks, les décisions relatives à la gestion devraient tenir compte de la hausse prévue des températures des rivières. Bien que, dans une certaine mesure, les décisions en tiennent déjà compte, comme les gestionnaires des pêches procèdent à des fermetures de la pêche à la ligne dans les rivières lorsque la température de l'eau dépasse un seuil prédéterminé, la valeur d'un tel seuil est souvent variable et subjective (tableau 1).

Bien que les seuils de température appropriés pour procéder à une fermeture de la pêche en rivière varient d'un endroit à l'autre en fonction des éléments probants biologiques – de tels écarts pouvant être attribués à des différences prédéterminées de sensibilité thermique des

populations adaptées à une région (Beitinger *et al.* 2000; Finstad *et al.* 2004) – les données historiques de certaines études limitées sont disponibles pour estimer la mortalité attribuable à la remise à l'eau du poisson capturé à des températures d'eau égales ou supérieures à 18 °C (Havn *et al.* 2015; Lennox *et al.* 2015, 2016, 2017 b).

Puisque l'on prévoit une hausse de la fréquence et de l'intensité des épisodes de température élevée des rivières (Stillman 2019), cela s'ajoutant au déclin bien documenté de l'abondance du saumon de l'Atlantique et au débat continu sur l'utilisation d'un système de remise à l'eau des captures de la pêche à la ligne en tant qu'outil de gestion efficace, nous examinons le rôle de la température de l'eau et de certains autres facteurs de stress par rapport à la gestion de la pêche récréative à la ligne du saumon de l'Atlantique. Notre objectif global est de fournir des avis plus éclairés aux gestionnaires responsables de la conservation du saumon de l'Atlantique. Nous avons examiné les données publiées et non publiées disponibles, y compris l'information pertinente sur le saumon des lacs (la ouananiche) afin de fournir une synthèse complète de la mortalité potentielle imputable à la remise à l'eau des prises. D'abord, pour quantifier la plage des taux de mortalité observés à une température d'eau donnée pour le saumon de l'Atlantique pêché et remis à l'eau, nous analysons les données publiées et non publiées que nous avons compilées sur la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson capturé. Ensuite, en nous concentrant sur la région de Terre-Neuve-et-Labrador, au Canada, nous fournissons des estimations, par rivière, de la mortalité du saumon de l'Atlantique pêché et remis à l'eau, en combinant les données sur la température d'une rivière donnée aux estimations du nombre de saumons pêchés et remis à l'eau, lesquelles s'appuient sur des enquêtes auprès des pêcheurs à la ligne. Enfin, nous mettons à jour et comparons les tendances régionales et temporelles (~1978 à 2018) relatives aux températures des rivières et aux fermetures de rivières en raison de températures élevées de l'eau ou de faibles niveaux d'eau.

MÉTHODES

PRÉDIRE LA PROBABILITÉ DE MORTALITÉ DU SAUMON DE L'ATLANTIQUE PÊCHÉ ET REMIS À L'EAU À UNE TEMPÉRATURE D'EAU DONNÉE

En nous appuyant sur les travaux antérieurs de Dempson *et al.* (2002), Havn *et al.* (2015) et Lennox *et al.* (2017a), nous présentons plusieurs variations de modèles servant à prédire la probabilité de mortalité du saumon de l'Atlantique pêché et remis à l'eau à différentes températures données. Les données initiales ont été recueillies à partir d'études publiées sur les effets de la remise à l'eau des prises de la pêche récréative sur la survie, la physiologie et le comportement du saumon de l'Atlantique (tableau 2). Toutefois, les auteurs des études ci-mentionnées nous ont informés de la disponibilité d'autres données non publiées sur le devenir du saumon de l'Atlantique après sa remise à l'eau (tableau 3). Nous avons donc communiqué avec les chercheurs en question, qui nous ont fourni lesdites données supplémentaires. Il convient de souligner que certaines des études publiées sur la remise à l'eau des prises excluaient des résultats expérimentaux le saumon ayant subi une blessure grave lors de la capture. Il en était ainsi pour tenir compte d'une réglementation régionale interdisant la remise à l'eau du poisson blessé. Le cas échéant, une telle méthode était décrite dans la section appropriée de chacun des articles publiés, et nous l'indiquons au tableau 2 au moyen d'un astérisque.

Pour chaque étude, les renseignements suivants ont été consignés : date d'échantillonnage; pays; rivière; température minimale de l'eau lors de l'étude; température moyenne de l'eau lors de l'étude; température maximale de l'eau lors de l'étude; emplacement de l'étude (laboratoire ou sur le terrain); cycle biologique (unibermarin, pluribermarin ou les deux [si l'étude englobe les deux types], saumon vide, ouananiche); type d'engin (à la mouche, aux leurres, poursuite); type

d'hameçon (simple, double, triple); hameçon avec ou sans ardillon; durée de la surveillance des poissons remis à l'eau pour en évaluer le devenir (environ trois jours avant le frai); et méthodologie utilisée pour le processus de capture et pour évaluer le devenir du poisson après sa remise à l'eau (tableaux 2 et 3). Les protocoles de la capture par poursuite, où le poisson est pourchassé dans une arène circulaire jusqu'à épuisement, sont parfois utilisés pour simuler la nature épuisante d'une capture dans le cadre de la pêche à la ligne (Wilkie *et al.* 1997; Lennox *et al.* 2019). Des études ont été menées dans divers pays (Canada, Norvège, États-Unis, Finlande, Royaume-Uni, Irlande) englobant une grande partie de la distribution naturelle du saumon de l'Atlantique sauvage. Bien que d'autres pays aient aussi mené des études sur les captures et les remises à l'eau (p. ex. la Russie – Whoriskey *et al.* 2000), leurs données sur la température de l'eau n'étaient pas facilement accessibles.

Dans les cas où les études ne précisaient pas s'il s'agissait d'un saumon unibermarin ou pluribermarin, nous avons utilisé la longueur du poisson pour le déduire (le poisson de ≤ 63 cm en Amérique du Nord et de ≤ 70 cm en Norvège étant considéré comme un saumon unibermarin, et le poisson de plus grande taille comme un saumon pluribermarin; O'Connell *et al.* 1992; Norwegian Institute for Nature Research, communication personnelle). Puisque la plupart des études faisaient état du type de cycle biologique, nous avons choisi cette variable plutôt que la longueur du poisson. De plus, la longueur du poisson peut être liée au type de cycle biologique (p. ex. la ouananiche est généralement plus petite que ses homologues anadromes : unibermarins et pluribermarins) et la probabilité de mortalité peut être inférieure à une température d'eau équivalente, en raison d'un potentiel d'acclimatation thermique plus élevé associé aux fréquentes fluctuations de la température des environnements d'alevinage en eau douce.

La plupart des données ont été recueillies dans le cadre d'études faisant appel à des pêcheurs de saumon connaissant bien les bonnes procédures de pêche à la ligne et de manipulation. Les études sur le terrain ont souvent fait appel à une collaboration entre les chercheurs et les pêcheurs à la ligne depuis la rive des rivières, et les chercheurs ont procédé, avant la remise à l'eau des poissons ou leur engagement pour en surveiller le devenir, à un marquage du saumon au moyen d'une étiquette interne ou externe de type acoustique, radio ou gastrique (tableaux 2 et 3). Les études en laboratoire comprenaient principalement des simulations, en réservoir, du processus de capture et de remise à l'eau, soit en poursuivant le poisson jusqu'à l'épuisement (poursuite), soit en hameçonnant manuellement le poisson à la mâchoire et en extrayant le poisson de l'eau à l'aide d'une ligne à pêche standard. Pour tenir compte de la variation des minimums et des maximums de la température de l'eau enregistrés dans chacune des études, et de la possibilité que les poissons aient été capturés et remis à l'eau au moment où la température de l'eau correspondait aux seuils inférieurs et supérieurs, les valeurs relatives à la mortalité ont été analysées séparément dans des modèles statistiques utilisant la température minimale, moyenne et maximale de l'eau enregistrée lors de chaque étude comme mesure unique de la température de l'eau au moment de la capture. Pour examiner l'incidence des méthodes employées dans le cadre des études par rapport aux aspects qui ne concernent pas précisément la capture et la remise à l'eau (p. ex. la manipulation considérable liée aux procédures expérimentales, au marquage, à l'anesthésie ou au confinement), nous avons aussi indiqué si les études comprenaient ou non un groupe témoin (tableau 4; figure 1). Les autres données enregistrées par chacune de ces études sont notamment les suivantes : méthode de capture (senne, filets à poche, pêche à la ligne sept mois auparavant), environnement et procédure de manipulation (confinement, marquage interne/externe/gastrique; tableau 4).

Modèles 1 et 2 (modèles de synthèse des températures)

Les modèles 1 et 2, qui s'appuyaient uniquement sur une synthèse des données provenant des études publiées (tableau 2), sont présentés avec la ouananiche (modèle 1; tableaux 2 et 5; figures 2 et 3; figures supplémentaires 1 et 2) et sans la ouananiche (modèle 2; tableau 2; figures 4 et 5 respectivement; figures supplémentaires 3 et 4). Même si toutes les études ont fait état de la température de l'eau, d'autres facteurs ont varié d'une étude à l'autre, nous empêchant d'inclure tous les paramètres revêtant un possible intérêt. Par conséquent, les modèles avec et sans la ouananiche sont présentés à des fins de comparaison. Les modèles 1 et 2 ont été analysés au moyen d'un modèle linéaire généralisé à effets mixtes fondé sur une distribution binomiale (nombre de poissons morts par rapport au nombre de poissons vivants; tableau 5; figures 2, 3, 4 et 5; figures supplémentaires 1, 2, 3 et 4) en utilisant la fonction « `glmmadmb` » du module `glmmADMB` (Skaug *et al.* 2014) du logiciel R (R Core Team 2017). Une distribution binomiale a permis de pondérer les études en fonction de la taille de l'échantillon de poissons (une taille d'échantillon plus élevée équivalant à un effet plus important dans le modèle). La température – modélisée séparément en tant que températures d'eau minimale, moyenne et maximale de l'étude ayant servi à mesurer la température au moment de la capture – a été modélisée en tant que terme polynomial de façon à permettre le tracé d'une courbe marquant la relation entre la probabilité de mortalité et la température de l'eau. Nous avons également inclus la référence – c'est-à-dire la source documentaire – en tant qu'effet aléatoire pour tenir compte des différences de méthodologie entre les études et pour contrôler, au sein d'une même étude, les diverses estimations de la mortalité à différentes températures d'eau (non-indépendance des paramètres).

Modèles 3 et 4 (modèles de données brutes)

Les modèles 3 et 4 comprenaient des données provenant d'études publiées (tableau 2) et d'études non publiées (tableau 3) qui examinaient les effets de la remise à l'eau des prises des pêches récréatives à la ligne sur la survie, la physiologie et le comportement du saumon de l'Atlantique. Dans la mesure du possible, ces modèles ont utilisé les données brutes propres à chaque saumon de l'Atlantique capturé et remis à l'eau à une température d'eau connue. Là où il était impossible de le faire, les données étaient toujours entrées sous forme individuelle pour chaque poisson, mais avec la température de l'eau minimale, moyenne et maximale de l'étude en tant que mesure de la température de l'eau au moment de la capture. Dès lors, les données sur un poisson donné s'accompagneront normalement d'une température équivalente à la température de l'eau minimale, moyenne et maximale de l'étude au moment de la capture, tandis que les poissons individuels pour lesquels des données brutes ne sont pas disponibles s'accompagneront de différentes valeurs reflétant la plage de température de l'eau que le poisson aurait pu connaître au cours de l'étude.

Les modèles 3 et 4 ont été analysés au moyen d'un modèle linéaire généralisé fondé sur une distribution binomiale (mort ou vie du poisson individuel). Afin de permettre une comparaison des résultats entre les modèles ayant utilisé une synthèse des données publiées (modèles 1 et 2) et ceux s'appuyant sur des données publiées et non publiées sur le poisson à l'échelle individuelle, nous avons d'abord modélisé la température de l'eau en tant que facteur unique (modèle 3; tableau 6; figure 6; figure supplémentaire 5). Toutefois, compte tenu de l'ajout de données publiées et non publiées relatives au poisson à l'échelle individuelle ($n = 2\ 700$ poissons individuels), nous avons tenté d'évaluer, en plus de la température de l'eau, l'effet du type de cycle biologique, du type d'engin et du type d'hameçon avec ou sans ardillon afin de prédire la probabilité de mortalité d'un saumon de l'Atlantique capturé et remis à l'eau. Les facteurs du modèle 4 comprenaient la température de l'eau, le type d'engin, le type d'hameçon avec ou sans ardillon, et le cycle biologique. Au moyen du critère d'information d'Akaike (AIC),

la sélection du modèle le plus adéquat était suggérée en fonction des éléments suivants : la température de l'eau, le type d'engin et le cycle biologique (tableau 6). Pour éviter tout biais éventuel associé à l'utilisation des températures d'eau minimales, moyennes et maximales de l'étude en tant que mesure de la température de l'eau au moment de la capture, chacune de ces températures a été incluse séparément dans les modèles définitifs (tableaux 6 et 7; tableau supplémentaire 1; figures 6 et 7; figures supplémentaires 5 et 6).

ESTIMATIONS, À L'ÉCHELLE DES RIVIÈRES INDIVIDUELLES, DE LA MORTALITÉ D'UN SAUMON DE L'ATLANTIQUE CAPTURÉ ET REMIS À L'EAU

Le nombre de saumons de l'Atlantique conservés ou remis à l'eau à Terre-Neuve-et-Labrador a été estimé au moyen des données du programme de talons de permis de Pêches et Océans Canada (MPO) [O'Connell *et al.* 1998; Veinott *et al.* 2018]. Les pêcheurs à la ligne reçoivent, à l'achat de leur permis de pêche, un journal de bord dans lequel inscrire les renseignements sur leurs activités de pêche. Le journal de bord dûment rempli contient les renseignements suivants : la date, le nom de la rivière, le nombre de poissons conservés ou remis à l'eau, et le nombre d'heures de pêche. Ces registres sur la pêche à la ligne sont soumis de façon volontaire, par la poste, par téléphone ou en ligne. Les corrections en vue d'assurer l'exactitude (c.-à-d. le nombre de permis retournés au MPO en proportion du nombre total de permis vendus) se sont conformées aux procédures décrites dans Veinott *et al.* (2018).

En nous appuyant sur les données relatives au nombre quotidien de poissons remis à l'eau (selon les journaux de bord des pêcheurs à la ligne), sur les températures quotidiennes de l'eau et sur les résultats du modèle de synthèse 2 relatifs à la mortalité attendue selon diverses températures d'eau, nous avons estimé, pour une sélection de rivières de Terre-Neuve-et-Labrador et sur une base quotidienne au cours d'une saison donnée (2016), le nombre total de poissons pêchés que l'on estimait être morts après avoir été remis à l'eau. Les données sur les prises de la pêche à la ligne qui ont été utilisées sont celles de 2016, en raison de l'incertitude liée à la participation des pêcheurs compte tenu du déclin sans précédent de l'abondance de saumon en 2017 (MPO 2018) et des changements apportés au coût des permis et aux mesures de gestion (p. ex. protocoles relatifs à l'eau chaude, réduction du nombre de poissons conservés) en 2018. Par conséquent, 2016 était l'année la plus récente où les mesures de gestion de la pêche récréative, de même que l'abondance du saumon, étaient comparables à celles des dernières décennies. Nous utilisons le modèle 2, où la température moyenne de l'eau enregistrée au cours d'une étude sert à déterminer la température de l'eau au moment de la capture, car ce modèle contient des données publiées provenant d'études ayant été examinées par des pairs et excluant la ouananiche, un poisson qui n'est généralement pas ciblé par les pêches au saumon de l'Atlantique. Les données des journaux de bord qui ont été incluses sont uniquement celles concernant la rivière, la date et le nombre de poissons remis à l'eau (tableau 8). Le nombre estimé de poissons capturés qui sont morts après leur remise à l'eau a été additionné afin d'obtenir des estimations mensuelles de la mortalité (tableau 9). Pour effectuer une mise à l'échelle des données – c'est-à-dire un ajustement tenant compte des talons de permis retournés par les pêcheurs sans avoir été dûment remplis et n'indiquant pas toutes les dates des captures et remises à l'eau – et pour fournir les estimations approximatives de la mortalité pour l'ensemble de la saison de pêche, nous avons utilisé le nombre total de poissons remis à l'eau au cours de la saison de pêche au saumon de 2016, que nous avons multiplié par la proportion mensuelle de poissons remis à l'eau en 2016 (voir le calcul au tableau 8). Les estimations ont été comparées au protocole établi par la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, en supposant un taux de mortalité de 10 % pour le saumon de l'Atlantique remis à l'eau après avoir été capturé (tableau 9).

TENDANCES RÉGIONALES ET TEMPORELLES RELATIVES À LA TEMPÉRATURE DES RIVIÈRES

Les données sur la température de l'eau de certaines rivières ont été obtenues à partir des dossiers archivés du MPO dans le cadre du programme de surveillance de l'abondance de saumon de l'Atlantique de Terre-Neuve-et-Labrador, qui sert à déterminer, chaque année, le nombre de saumons de l'Atlantique participant à la montaison (Moore et Ash 1984). Dans le cadre de ce programme, les installations de dénombrement sont vérifiées plusieurs fois par jour pour consigner les données sur la montaison du saumon, la température de l'eau et d'autres variables abiotiques. Nous avons ici utilisé les températures d'eau enregistrées le matin (~ 8 h) et l'après-midi (~ 16 h), qui correspondaient habituellement aux valeurs minimales et maximales quotidiennes.

Les tendances relatives à la température des rivières en juillet et en août ont été modélisées, d'une année à l'autre, pour une sélection de rivières de Terre-Neuve (figure 8) et du Labrador (figure 9), au moyen d'un modèle additif généralisé à effets mixtes utilisant la fonction « gamm » du modèle mcgv (Wood 2011) du logiciel R (R Core Team 2017). La rivière a été incluse comme un effet aléatoire (sachant que les rivières ont été échantillonnées à répétition au fil du temps) avec un terme d'autocorrélation temporelle au fil des ans. Nous avons inclus l'heure de la journée (matin ou après-midi) comme covariable, modélisée en tant que déformation sur une courbe où la valeur k équivaut à 4. En outre, nous avons analysé les données en excluant les années ≤ 2010 afin de vérifier une tendance récente significative concernant la température des rivières, au moyen d'une méthode de régression générale des moindres carrés en tenant compte de l'heure de la journée comme covariable (les pentes sont présentées dans le coin inférieur gauche de chaque graphique des figures 8 et 9).

TENDANCES RÉGIONALES ET TEMPORELLES RELATIVES À LA FERMETURE DE RIVIÈRES POUR DES RAISONS ENVIRONNEMENTALES

Depuis plus de 40 ans, les rivières à saumon de l'Atlantique de Terre-Neuve-et-Labrador sont périodiquement fermées aux pêcheurs à la ligne en raison de températures élevées ou de faibles niveaux d'eau. Les données sur la fermeture des rivières pour la période antérieure à 1982 sont tirées des registres de gestion archivés du MPO. Les données sur les fermetures de 1982 à 2018 ont été obtenues à partir des avis du MPO à l'intention des pêcheurs à la ligne et des rapports annuels respectifs sur la situation des stocks, lesquels comprenaient souvent les raisons détaillées et les dates des fermetures de rivière. Le nombre potentiel de jours d'ouverture de la pêche à la ligne dans les rivières à saumon, chaque année (de 1975 à 2018) et pour chaque zone de pêche du saumon (ZPS), a été calculé à partir du nombre de rivières à saumon d'une ZPS donné où une ouverture de la pêche à la ligne était prévue, multiplié par le nombre de jours de la saison, y compris pour les rivières ouvertes où le poisson pêché devait être remis à l'eau (comme cela est décrit dans Dempson *et al.* 2001). Le pourcentage de jours de fermeture des rivières à saumon a été déterminé en divisant le nombre de jours de fermeture des rivières à saumon par le nombre potentiel de jours de fermeture pour une saison entière et en le multipliant par 100. Aux fins de la présente étude, une fermeture de rivière désigne une rivière ayant été fermée à la pêche en raison d'une température d'eau élevée ou d'un faible niveau d'eau, c'est-à-dire pour des raisons environnementales et non pour des raisons liées à des mesures de conservation des stocks. À ce jour, nous avons été informés d'une seule fermeture de rivière au Labrador (la rivière Shinney – ZPS 2 en 1999) pour des raisons environnementales.

Les tendances relatives aux fermetures pour des raisons environnementales (pourcentage des journées de fermeture à la pêche) au cours de la saison du saumon dans les rivières de Terre-Neuve sont modélisées au moyen d'un modèle additif généralisé à effets mixtes

(figure 10). Pour déterminer si une tendance significative est observable à l'échelle des ZPS depuis 2010, nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé à effets mixtes (GLMM) du module MASS (Venables et Ripley 2002) du logiciel R (R Core Team 2017) fondé sur une distribution des petites probabilités (pour les dénombrements) et une modélisation des ZPS en tant que point d'intersection aléatoire. Des modèles ont été exécutés pour l'ensemble des séries chronologiques de données et pour les années depuis 2010 afin de comparer les tendances globales aux tendances plus récentes touchant les fermetures pour des raisons environnementales.

RÉSULTATS

PRÉDIRE LA PROBABILITÉ DE MORTALITÉ DU SAUMON DE L'ATLANTIQUE PÊCHÉ ET REMIS À L'EAU À UNE TEMPÉRATURE D'EAU DONNÉE

La mortalité imputable à la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique capturé variait considérablement d'une étude à l'autre, allant d'une probabilité de mortalité de 0 à 0,80 dans les températures d'eau moyennes comprises entre 1,2 et 23,0 °C (tableaux 2 et 3), quoique la majorité des données publiées (~75 %) indiquent une mortalité de < 0,10 (tableau 2). La mortalité moyenne au sein des groupes témoins était de 0,004 (tableau 4; figure 1). Les résultats de nos modèles de mortalité liée à la remise à l'eau du poisson capturé étaient uniformes (tableau supplémentaire 2), indiquant que la probabilité de mortalité après la remise à l'eau du poisson capturé augmentait de façon significative avec l'augmentation de la température de l'eau (modèle 1, GLMMADMB : $z = 5,50$, $n = 53$, $p < 0,001$, tableau 5, figures 2 et 3; modèle 2, GLMMADMB : $z = 5,07$, $n = 32$, $p < 0,001$, tableau 5, figures 4 et 5; modèle 3, GLM, $z = 9,26$, $n = 2\ 700$, $p < 0,001$, tableau 6, figure 6; modèle 4, GLM : $z = 6,58$, $n = 2\ 700$, $p < 0,001$, tableaux 6 et 7, figure 7).

Les résultats des modèles, qui s'appuient à la fois sur les données publiées et non publiées (tableaux 2 et 4), laissent supposer qu'en plus de dépendre de la température de l'eau, la probabilité de mortalité d'un saumon de l'Atlantique remis à l'eau dépend de son cycle biologique et du type d'engin de pêche utilisé (tableau 6; figure 7). La plus faible probabilité de mortalité était observée chez la ouananiche et dans les études utilisant un protocole de poursuite pour simuler la capture et la remise à l'eau des pêches à la ligne, alors que la plus haute probabilité de mortalité était observée chez le saumon unibermarin pêché aux leurres (tableau 6).

ESTIMATIONS, À L'ÉCHELLE DES RIVIÈRES INDIVIDUELLES, DE LA MORTALITÉ D'UN SAUMON DE L'ATLANTIQUE CAPTURÉ ET REMIS À L'EAU

L'estimation de 10 % de la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson capturé, qui est l'estimation actuellement utilisée par la Direction des sciences du MPO dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, était généralement représentative des estimations inférieures (intervalle de confiance de 95 %) et moyennes prédites par nos modèles 1 et 2 de synthèse des températures pour certaines rivières de Terre-Neuve-et-Labrador pendant la saison de pêche de 2016 (tableau 9). Toutefois, à l'échelle de certaines rivières précises, le niveau de mortalité (nombre de poissons) obtenu au moyen de l'estimation de 10 % était probablement une surestimation pour la rivière Torrent (ZPS 14A) en juin 2016 et une sous-estimation pour la rivière Middle Brook (ZPS 5) en juillet 2016. Il est possible d'en déduire que la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson capturé est très variable (même à l'échelle régionale) entre les rivières et les périodes (c.-à-d. le mois) où les poissons sont pêchés et remis à l'eau pendant la saison de pêche à la ligne.

TENDANCES RÉGIONALES ET TEMPORELLES RELATIVES À LA TEMPÉRATURE DES RIVIÈRES

Les températures mensuelles moyennes pendant la saison de la pêche au saumon dans les 13 rivières surveillées à Terre-Neuve-et-Labrador, assorties d'une série chronologique suffisante pour appuyer une analyse, ont été les plus élevées en juillet et en août. Elles ont aussi révélé une tendance au réchauffement dans les régions plus au sud. Les rivières de Terre-Neuve étaient, en moyenne, plus chaudes que celles du Labrador. Les températures quotidiennes moyennes, prises le matin et en après-midi, variaient considérablement (figures 8 et 9) selon l'emplacement des rivières et le mois. Dans les rivières de Terre-Neuve-et-Labrador, en juillet et en août, les températures quotidiennes de l'eau augmentaient généralement entre 8 h et 16 h, alors que la température de certaines rivières de la côte est de Terre-Neuve (p. ex. la rivière Rocky) augmentait même de plus de 5 °C au cours de la journée (figure 8), bien qu'il soit possible que la différence entre les températures minimales et maximales de l'eau soit encore plus grande en utilisant les données des thermographes horaires.

Les températures mensuelles moyennes de l'eau en juillet et en août pour les neuf rivières surveillées à Terre-Neuve, selon une série chronologique suffisante pour les analyses, ont affiché une augmentation significative au fil du temps (juillet, GAMM, $t = 30,07$, $n = 29\ 861$, $p < 0,001$; août, GAMM, $t = 34,79$, $n = 25\ 124$, $p < 0,001$). En limitant les données aux années depuis 2010, les températures de l'eau des rivières en juillet n'ont pas affiché d'augmentation ou de diminution notable (GAMM, $t = 0,65$, $n = 5\ 084$, $p = 0,51$), tandis que les températures de l'eau des rivières en août ont affiché une tendance à la hausse notable (GAMM, $t = 9,62$, $n = 3\ 971$, $p < 0,01$). Toutes les rivières surveillées de la ZPS 5 de la côte est (trois sur trois) et de la ZPS 9 de la côte sud-est (une sur une) à Terre-Neuve ont affiché une augmentation importante des températures des rivières en juillet et en août pour les années depuis 2010 (figure 8). D'un autre côté, les rivières surveillées de la ZPS 11 de la côte sud, de la ZPS 13 de la côte ouest et de la ZPS 14A de la côte nord ont soit affiché aucune tendance importante (ZPS 11), soit affiché une tendance notable de refroidissement (ZPS 13 et 14A; figure 8).

Dans l'ensemble, pour les quatre rivières surveillées du Labrador, les températures de l'eau des rivières en juillet n'ont pas connu d'augmentation ou de diminution notable au fil du temps (GAMM, $t = 0,92$, $n = 5\ 090$, $p = 0,36$), tandis que les températures de l'eau des rivières en août ont connu une légère augmentation au fil du temps (GAMM, $t = 7,97$, $n = 5\ 012$, $p < 0,001$). En limitant les données aux années depuis 2010, les températures de l'eau des rivières en juillet (GAMM, $t = -6,50$, $n = 1\ 640$, $p < 0,001$) et en août (GAMM, $t = -13,02$, $n = 1\ 442$, $p < 0,001$) ont, dans les deux cas, affiché une tendance de refroidissement notable, la moitié des rivières (deux sur quatre) étant considérablement plus froides (ZPS 2; figure 9) en juillet et toutes les rivières (quatre sur quatre) étant considérablement plus froides en août (ZPS 1 et 2; figure 9).

TENDANCES RÉGIONALES ET TEMPORELLES RELATIVES À LA FERMETURE DE RIVIÈRES POUR DES RAISONS ENVIRONNEMENTALES

À Terre-Neuve, le pourcentage de jours de fermeture de la pêche à la ligne dans les rivières pour des raisons environnementales variait d'une année à l'autre, touchant plus de 30 % de tous les jours de pêche à la ligne au cours de certaines années. Dans certaines ZPS, les pourcentages de jours de fermeture pouvaient atteindre de 40 % à 60 %, voire plus encore, en raison de faibles niveaux d'eau ou des températures d'eau élevées. Dans l'ensemble, aucune tendance significative au fil du temps ne peut être observée (figure 10; GLMM, $t = 0,69$, $df = 512$, $p = 0,49$). En limitant les données aux années depuis 2010, on constate une augmentation importante du pourcentage de jours de fermeture de la pêche à la ligne (GLMM, $t = 5,68$, $df = 83$, $p < 0,01$), et ce sont les rivières de la côte est de l'île (ZPS 4, 5 et 6) qui affichent la plus forte augmentation du nombre de jours de fermeture (figure 10). À l'échelle de

toutes les ZPS, les fermetures de 2017 et 2018 ont été les plus importantes depuis 1987. Ce résultat semble correspondre aux tendances régionales des températures de l'eau des rivières décrites ci-dessus pour les mois de juillet et août à Terre-Neuve (figure 11).

S'inscrivant dans la tendance de refroidissement des rivières du Labrador surveillées au cours des mois de juillet et août des années décrites ci-dessus, il y a eu, à notre connaissance, une seule fermeture de rivière au Labrador pour des raisons environnementales (rivière Shinney – ZPS 2 en 1999).

DISCUSSION

Selon des observations, le taux de mortalité moyen du saumon de l'Atlantique attribuable à la remise à l'eau du poisson pêché se situerait entre 0 % et 12 % lorsque la température de l'eau est égale ou inférieure à 18 °C (Dempson *et al.* 2002; Thorstad *et al.* 2007). Il est toutefois probable que la mortalité augmente à des températures de l'eau supérieures à 18 °C (Gale *et al.* 2011; Lennox *et al.* 2017a). Faisant écho à la documentation publiée, les résultats de nos modèles de la mortalité attribuable à la remise à l'eau du poisson capturé indiquent que plus la température de l'eau augmente, plus la probabilité de mortalité du saumon de l'Atlantique remis à l'eau augmente elle aussi. Plus le poisson se débat longtemps lors de la capture, plus augmentent les niveaux d'acidose extracellulaire, mais aussi de lactate dans le sang et les muscles. Ces réactions physiologiques provoquent une diminution du pH extracellulaire, du bicarbonate plasmatique, de l'adénosine triphosphate et du glycogène, qui, ensemble, diminuent de façon significative la probabilité de rétablissement après la remise à l'eau (Tufts *et al.* 1991; Booth *et al.* 1995; Brobbel *et al.* 1996; Wilkie *et al.* 1996; Wilkie *et al.* 1997). Lorsque le processus de capture et de remise à l'eau se combine à des températures élevées de l'eau et à la plus faible dissolution de l'oxygène qui en résulte, cette combinaison forme une synergie pouvant entraîner l'épuisement total, sur le plan aérobique et anaérobique, de l'énergie musculaire, de l'amplitude et des fonctions cardiaques (Wood *et al.* 1983; Wilkie *et al.* 1996; Anderson *et al.* 1998; Breau 2013). Après la remise à l'eau du poisson, l'épuisement de l'énergie musculaire et de l'amplitude aérobique et anaérobique peut entraîner une vulnérabilité accrue à la prédation (Raby *et al.* 2014), l'apparition d'une maladie (Breau 2013) et, globalement, une probabilité de mortalité plus élevée (Muoneke et Childress 1994; Bartholomew et Bohnsack 2005; Arlinghaus *et al.* 2007).

La fermeture de la pêche à ligne dans une rivière est parfois mise en œuvre lorsque la température de l'eau dépasse un seuil prédéterminé. Dans les rivières de Terre-Neuve-et-Labrador où il est permis de conserver les prises, la fermeture d'un jour de pêche à la ligne s'applique lorsque la température de l'eau est demeurée supérieure à 20,0 °C pendant deux ou trois jours (tableau 1). Dans les rivières qui permettent uniquement la pêche avec remise à l'eau, la fermeture d'un jour de pêche à la ligne s'applique lorsque la température de l'eau est demeurée supérieure à 18 °C pendant deux ou trois jours (tableau 1). Dans les rivières du Nouveau-Brunswick, la fermeture de la pêche à la ligne s'applique lorsque la température de l'eau est demeurée égale ou supérieure à 20 °C pendant deux jours consécutifs (DFO 2012; Breau 2013). En Irlande, où la pêche au saumon de l'Atlantique demeure ouverte dans les rivières lorsque la température de l'eau est supérieure à 18 °C, la remise à l'eau des prises est néanmoins déconseillée, bien que cette pratique s'applique au cas par cas selon les rivières. En Norvège, les rivières sont parfois fermées à la pêche à la ligne lorsque la température de l'eau augmente et que les niveaux d'eau diminuent, ou lorsque la remise à l'eau du poisson pêché est déconseillée, mais comme en Irlande, il s'agit de décisions subjectives, au cas par cas selon les rivières.

La méthode de fermeture d'une rivière en raison de températures d'eau élevées ou de faibles niveaux d'eau demeure aujourd'hui un élément de débat. Selon certains, le saumon est réticent à mordre à une mouche ou à un leurre à des températures d'eau supérieures à 20 °C, ce qui laisse croire que les fermetures de rivières n'aident guère à la conservation et nuisent inutilement à l'économie. Les résultats de la littérature scientifique sont toutefois mitigés, alors que certaines études indiquent (Mowbray et Locke 1999) ou non (Breau 2013) qu'un nombre important de poissons sont pêchés dans les rivières à des températures supérieures à 20 °C. Il peut s'avérer difficile de déterminer les causes des variations de la survie des prises remises à l'eau à différentes températures d'eau. À Terre-Neuve-et-Labrador les périodes où les températures des rivières sont les plus élevées coïncident souvent avec la fin de la saison de pêche et sont corrélées négativement avec la proportion de poissons en migration qui sont disponibles à la pêche à la ligne. Des diminutions de l'effort de pêche sont également courantes vers la fin de la saison et durant les épisodes de haute température de l'eau, ce qui rend difficile la comparaison des statistiques de pêche entre les mois plus froids et plus chauds. Certaines recherches ont également fait valoir la nécessité des fermetures pour des raisons environnementales, puisque les concentrations accrues de poissons se réfugiant dans les zones et les bassins d'eau froide lors d'épisodes de températures d'eau élevées et de faibles niveaux d'eau (Huntsman 1942) rendent les poissons plus vulnérables à la capture.

Malgré la poursuite du débat sur l'efficacité des fermetures pour des raisons environnementales, les estimations de la mortalité prédites par notre modèle de synthèse des températures (modèle 2), s'appuyant sur divers renseignements provenant d'études publiées excluant la ouananiche, laissent supposer qu'à des températures moyennes de l'eau comprises entre 0 et 12 °C (IC \pm 95 %), la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson capturé varie entre 0,01 et 0,05, alors qu'elle varie entre 0,04 et 0,14 et à des températures entre 12 et 18 °C. De plus, la probabilité de mortalité se situait entre 0,07 à 0,33 à des températures d'eau entre 18 à 20 °C, et de 0,14 à 0,65 à des températures variant entre 20 à 25 °C. Le modèle 4, qui intègre des données publiées et non publiées, donne à penser que la probabilité de mortalité pourrait être plus élevée pour le saumon de l'Atlantique unibermarin en particulier, surtout à des températures d'eau plus élevées. Fait intéressant, le saumon unibermarin présentait la plus grande probabilité de mortalité après avoir été pêché et remis à l'eau, comparativement aux cycles biologiques de la ouananiche et du saumon pluribermarin. Cependant, en raison d'une variation relativement importante de la mortalité entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C, les prévisions propres à ces températures élevées doivent être interprétées dans le contexte d'une importante marge d'erreur due à une variabilité inhérente (p. ex. différences des moments de la montaison entre les différents pays) des processus entraînant une mortalité relativement plus élevée (voir la discussion ci-dessous [page 15] sur la déduction des résultats se rattachant à des emplacements précis).

Les variations entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C indiquent que certaines procédures expérimentales pourraient elles-mêmes avoir une relation synergique avec la température de l'eau (Wilkie *et al.* 1996, 1997; Anderson *et al.* 1998), car les mortalités étaient beaucoup plus élevées à des températures plus élevées qu'à des températures plus basses selon les observations de diverses procédures équivalentes (p. ex. insertion d'une étiquette captant le rythme cardiaque). Les études d'Anderson *et al.* (1998) ont observé un taux de mortalité de 0 % à des températures moyennes de 8,0 °C (point n° 7) et de 16,5 °C (point n° 35), mais un taux de mortalité de 80 % à 20,0 °C (point n° 39), semblable à celui observé par Wilkie *et al.* (1996, 1997), qui ont constaté une mortalité de 0 % à 12,0 °C (point n° 18) et 18,0 °C (point n° 37), mais une mortalité de 40 % à 20,0 °C (point n° 40) et de 30 % à 23 °C (point n° 44). D'autres sources de variation peuvent s'expliquer par la sensibilité différentielle des populations à une mortalité attribuable à la remise à l'eau après capture (Gargan *et al.* 2015; points 16, 19 et 20) ou simplement par la faible taille des échantillons à des

températures d'eau plus élevées. Par exemple, l'étude de Dempson *et al.* (2002) a constaté un taux de mortalité de 0 % à une température moyenne de l'eau de 11,7 °C (point n° 14) avec une taille d'échantillon de huit individus, un taux de mortalité de 10 % à 16,0 °C (point n° 30) et de 20,0 °C (point n° 38) avec des tailles d'échantillon de 20 individus, mais aussi un taux de mortalité de 0 % à 22,0 °C (point n° 43) avec une taille d'échantillon d'un seul individu.

Bien que le débat persiste à savoir quelles sont les études les plus représentatives de la pêche à la ligne avec remise à l'eau, notre étude s'accompagne de deux éléments pouvant aussi susciter le débat :

1. l'inclusion des résultats de l'étude d'Anderson *et al.* (1998);
2. une hausse de la mortalité associée à l'ajout de poissons grièvement blessés, destinés à être remis à l'eau, mais qui ont plutôt été euthanasiés après leur capture en raison d'une réglementation régionale (points 10, 23, 36).

Cela étant dit, les prédictions du modèle, en tenant compte ou non de l'étude d'Anderson *et al.* (1998) et des poissons grièvement blessés, ont révélé des différences minimales (voir le tableau supplémentaire 2 aux fins de comparaisons). Ces résultats semblent indiquer que ces valeurs ont peu d'incidence sur les prédictions du modèle et sur l'ajout de données brutes non publiées, et que le cycle biologique et le type d'engin de pêche sont les principaux facteurs expliquant une variation entre les modèles.

Alors qu'une variation considérable a été constatée entre les études et entre les plages de température au sein d'une même étude, les prévisions de nos modèles s'accompagnent également de plusieurs restrictions. Prenons, par exemple, notre utilisation des températures d'eau minimales, moyennes et maximales enregistrées pour chaque étude en tant que mesure de la température de l'eau au moment de la capture. Même si la plupart des études comportaient des températures d'eau minimales et maximales ne variant que de ± 2 °C, certaines comportaient une plage plus étendue (Richard *et al.* 2014; Lennox *et al.* 2015; Gargan *et al.* 2015), un tel écart pouvant poser problème au moment de déduire les estimations de la mortalité sur des plages de températures plus étroites. Selon les prévisions de nos modèles, les estimations de la mortalité étaient semblables à des températures d'eau minimales ou moyennes. Toutefois, en utilisant la température d'eau maximale de l'eau déclarée par les études pour prédire la mortalité, nous avons obtenu des estimations considérablement inférieures qu'en utilisant les températures minimales ou moyennes, ou encore les températures propres à la période et à l'emplacement d'un échantillonnage donné. Puisque peu de poissons étaient pêchés à la ligne lorsque la température de l'eau était à son maximum dans le cadre d'une étude, la mortalité enregistrée est mal assortie à la température maximale. Par conséquent, nous avons sélectionné la température moyenne de l'eau en tant que variable explicative la plus représentative, mais nous présentons aussi, aux fins de transparence, les estimations utilisant les températures minimales et maximales de l'eau. Malgré tout, nos prévisions estimatives représentent l'évaluation la plus exhaustive à ce jour de la mortalité imputable à la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique capturé. À l'avenir, les études expérimentales devraient moins se concentrer sur les effets de la manipulation et de l'exposition à l'air (qui, de toute façon, ne constitueront pas un facteur significatif si les pêcheurs à la ligne s'y prennent de la bonne façon), et mettre plutôt l'accent sur la compréhension des profils de température de l'eau des rivières à l'étude, la précision et l'exactitude de la manière dont les données sur la température de l'eau sont recueillies à une échelle précise, la manière d'intégrer ces données aux modèles, les tolérances thermiques du saumon de l'Atlantique adulte, et la façon dont les températures de l'eau – jusqu'au moment de la capture, au moment de la capture et après la remise à l'eau (cette dernière température pouvant être plus importante que celle au moment de la capture), en particulier pour les températures de l'eau égales ou

supérieures à 19 °C, influencent la capturabilité du poisson et sa mortalité après la remise à l'eau.

Bien que, pour toutes les pêches, le niveau acceptable de mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson capturé puisse faire l'objet d'un débat (sur les questions d'ordre éthique par rapport à celles d'ordre économique), la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO utilise actuellement une estimation de la mortalité s'établissant à 10 %, tandis que les estimations annuelles des prises et des remises à l'eau dans la région du Golfe du MPO appliquent un pourcentage de 3 % et 6 %, respectivement, pour les rivières Miramichi et Restigouche (Breau 2013). Pour des raisons éthiques se rattachant au bien-être animal, la législation de certains pays du monde (p. ex. en Norvège) permet uniquement la remise à l'eau de poissons non blessés et viables, les poissons blessés devant être euthanasiés. La remise à l'eau obligatoire du poisson pêché fait davantage partie de la réglementation au Canada qu'en Norvège, où aucune rivière ni période de pêche au saumon à la ligne n'est visée exclusivement par un régime de remise à l'eau obligatoire. Cependant, dans plusieurs rivières où la remise à l'eau de certains types de saumon (p. ex. les femelles de grande taille) est obligatoire, un poisson blessé qui est euthanasié par le pêcheur pour des raisons de bien-être animal doit être remis au propriétaire de l'emplacement de la rivière, et est souvent donné sous forme de don. Comme le pêcheur à la ligne n'en retire aucun avantage (ne pouvant conserver le poisson), l'évaluation parfois subjective d'un poisson grièvement blessé demeure représentative.

Selon les estimations prédites par nos modèles de synthèse des températures, le niveau de mortalité attribuable à la remise à l'eau des prises qu'utilise actuellement le MPO continuera d'être représentatif, en moyenne, si les températures des rivières pendant la saison de pêche du saumon demeurent égales ou inférieures à 17 °C. L'estimation de 10 % utilisée par la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO est représentative des estimations faibles à moyennes de la mortalité prédites au moyen du modèle de capture avec remise à l'eau. Toutefois, à l'échelle de certaines rivières précises, le niveau de mortalité (nombre de poissons) obtenu au moyen de l'estimation de 10 % était probablement une surestimation pour la rivière Torrent (ZPS 14A) en juin 2016, mais une sous-estimation pour la rivière Middle Brook (ZPS 5) en juillet 2016. Néanmoins, l'exercice de modélisation fait ressortir la variation, entre les rivières, de la pêche avec conservation des prises, de même que l'importante variation pouvant exister, d'une rivière à l'autre, dans la prédiction de la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson pêché, et la nécessité d'améliorer les registres des pêcheurs et les données sur la température de la rivière afin d'affiner les estimations de la mortalité imputable à la remise à l'eau des prises. On s'attend à une grande variabilité (même à l'échelle régionale) de la mortalité prévue entre les rivières en fonction des différences géographiques, des températures saisonnières de l'air, du moment et de la durée de la fonte des neiges, de l'hydrologie, de la période et de la durée des épisodes de températures élevées de l'eau des rivières, du moment de la montaison, de la pression exercée par la pêche à la ligne, du type de pêcheurs à la ligne (consommation ou non-consommation du poisson), de l'expérience des pêcheurs, du débit d'eau, de la densité de poissons et de la disponibilité de refuges ou bassins d'eau froide (p. ex. Frechette *et al.* 2018). Par exemple, si le débit d'eau est faible et que la température d'une rivière est uniformément élevée, le risque de mortalité est probablement plus grand que lorsqu'il existe des bassins plus froids et plus profonds où le poisson peut se réfugier. Aussi, le risque de mortalité peut s'avérer plus élevé dans les rivières où des obstacles, partiels ou complets, nuisent au passage du poisson, ou dans les rivières où la densité de poissons est plus élevée lorsque les poissons doivent davantage lutter pour l'espace dans les bassins plus profonds et les refuges d'eau froide.

Un autre aspect dont notre exercice de modélisation ne tient pas compte, mais qui se produit assurément dans la réalité, concerne les situations où le saumon mord à l'hameçon et se débat pendant un certain temps avant de s'échapper, et ce, que l'hameçon reste ou non logé dans le

poisson. Dans des cas comme celui-ci, il est peu probable que les pêcheurs enregistrent l'événement comme étant la remise à l'eau d'un saumon capturé. S'il arrive souvent que les saumons s'échappent ainsi, il est possible que l'impact global de la pêche à la ligne, particulièrement à des températures plus élevées (≥ 18 °C), soit plus important que ce que l'on suppose habituellement. Toutefois, puisque ces poissons qui ont évité une capture avec remise à l'eau n'auront pas été assujettis au stress de la manipulation physique et de l'exposition à l'air, leur probabilité de survie sera probablement beaucoup plus élevée que celle des poissons capturés et remis à l'eau manuellement, avec ou sans hameçon incrusté, et certainement beaucoup plus élevée que celle des poissons conservés.

Même en tenant compte des effets de la température, il peut encore exister une variation considérable de la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson pêché. Par exemple, dans une étude de Warner et Johnson (1978), les estimations de la mortalité de la ouananiche variaient de 0 à 8,3 % d'une année à l'autre, malgré des températures moyennes de l'eau et des types d'engins similaires. Par conséquent, il est important de reconnaître qu'il restera toujours certain niveau d'incertitude entourant la prédiction de la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson pêché, et que les modèles devront être mis à jour à mesure que de plus amples recherches seront disponibles. Pour illustrer cette incertitude dans la présente étude, les valeurs prédites de la mortalité sont présentées sous forme d'estimations des plages de températures de façon à tenir compte de l'incertitude liée à différentes méthodes, du cycle biologique du « saumon frais » étant récemment entré dans la rivière par rapport au « saumon vide » (Brobbel *et al.* 1996), de la taille corporelle (Lennox *et al.* 2017a), de l'expérience des pêcheurs à la ligne et de la durée d'une capture (Booth *et al.* 1995; *et al.* 2017a). Alors que les limites inférieures de l'intervalle de confiance de 95 %, présentées ici, pourraient refléter les événements de pêche à la ligne se conformant aux pratiques exemplaires, les estimations aux limites supérieures de l'IC de 95 % refléteraient plutôt de mauvaises pratiques de pêche à la ligne, essentiellement le « pire scénario » (p. ex. hameçon logé profondément, poisson rejeté sur la rive, utilisation de gants de pêche, exposition à l'air pour la prise de photos ou manipulation maladroite).

Comme la plupart des études expérimentales sur les effets de la remise à l'eau des prises faisaient appel à des pêcheurs à la ligne « supérieurs à la moyenne » ou « expérimentés », il est possible que les résultats rapportés dans les ouvrages scientifiques sous-estiment la « véritable » mortalité associée à cette pêche. À l'opposé, le poisson en milieu sauvage ne serait normalement pas exposé à une manipulation importante ni aux effets potentiels du marquage, de l'anesthésie ou du confinement qui servent à estimer la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson pêché dans le cadre des études expérimentales, ces dernières contribuant probablement à une hausse des taux de mortalité au-delà de ce qui est observé dans les pêches récréatives. Toutefois, là où des études ont tenté d'éliminer ces effets en déterminant une gamme des niveaux de compétence du pêcheur (Dempson *et al.* 2002) ou un groupe témoin (pour le marquage, le confinement ou l'anesthésie), les résultats de notre synthèse laissent supposer que la probabilité moyenne de mortalité chez le groupe témoin était de 0,004 pour des températures d'eau allant de 1,2 à 23,0 °C.

Conformément aux résultats des études antérieures et faisant écho aux objectifs de la réglementation de Terre-Neuve-et-Labrador permettant uniquement la pêche à la mouche, nous avons constaté que la pêche à la mouche au saumon de l'Atlantique s'accompagnait, en moyenne, d'une probabilité de mortalité inférieure à celle du poisson pêché à l'hameçon ou aux leurres. Il est toutefois intéressant de noter que les résultats de la modélisation donnent à penser que la probabilité de mortalité était plus faible pour le saumon assujetti au protocole de simulation de poursuite – utilisé dans certaines études pour simuler la capture et la remise à l'eau du saumon dans le cadre de la pêche à la ligne (Wilkie *et al.* 1997; Lennox *et al.* 2019) –

que pour le poisson pêché à la mouche ou aux leurres. Cette observation donne à penser que les valeurs obtenues dans ces études pourraient être une sous-estimation du processus réel de capture et remise à l'eau du poisson, et que des facteurs allant au-delà de l'épuisement du poisson ayant résisté à sa capture (position de l'hameçon, tension de la ligne, etc.) pourraient aussi s'avérer importants pour prédire la survie du poisson après sa remise à l'eau. En outre, nous avons constaté que la ouananiche avait la plus faible probabilité de mortalité, tandis que le saumon unibermarin avait la plus grande probabilité de mortalité. Ce résultat pourrait être attribuable : à une meilleure acclimatation thermique de la ouananiche, qui est susceptible d'avoir subi, dans son environnement, des changements de température plus importants que ses homologues anadromes; à une quantité disproportionnée d'études en laboratoire ayant uniquement utilisé le saumon unibermarin dans leurs expériences; ou au fait que le saumon unibermarin de certaines régions de l'Europe pénètre dans les rivières plus tard en cours de saison (Reed *et al.* 2017), lorsque les températures de l'eau sont plus élevées, risquant d'avoir connu une acclimatation plus brusque avant d'être pêché et remis à l'eau. Par conséquent, jusqu'à ce que ces effets puissent être pris en compte, ce modèle précis se doit d'être interprété avec prudence, surtout pour la déduction de résultats à des endroits précis (c.-à-d. à Terre-Neuve-et-Labrador).

Les blessures physiques causées par hameçonnage dans le cadre de certaines pêches peuvent s'avérer importantes (Muoneke et Childress 1994). Par exemple, au lac Moosehead (États-Unis), le nombre d'épisodes d'hameçonnage fatal (dans l'œil, l'œsophage, les branchies et langue) était neuf fois plus élevé lorsque les pêcheurs utilisaient des appâts comparativement à la mouche (Warner et Johnson 1978). Contrairement à nos attentes, nous n'avons constaté aucune différence significative de la probabilité de mortalité entre les remises à l'eau de saumon de l'Atlantique pêché avec un hameçon simple, double ou triple, avec ou sans ardillon; ce qui porte à croire que l'utilisation de leurres artificiels et de mouches peut entraîner une fixation moins profonde de l'hameçon, tandis que l'utilisation d'appâts peut favoriser la déglutition de l'hameçon et entraîner une plus grande mortalité en raison de la plus grande difficulté à le retirer, peu importe le type d'hameçon et la présence ou l'absence d'ardillon. Même si nous n'avons pas constaté d'effet significatif du type d'hameçon avec ou sans ardillon, on s'attendrait à une plus grande probabilité de survie du poisson pêché avec un hameçon simple et sans ardillon, puisqu'il est alors plus facile de retirer l'hameçon. À Terre-Neuve-et-Labrador, étant donné que la pêche récréative au saumon de l'Atlantique avec la remise à l'eau du poisson exige l'utilisation obligatoire d'hameçons sans ardillon et de mouches artificielles, les effets d'un hameçonnage fatal dans le cadre de ces pêches devraient être minimes, mais le nombre réel d'hameçonnages mortels au cours d'une saison de pêche donnée demeure inconnu et pourrait constituer un intéressant domaine d'étude.

Il a été démontré que la durée d'exposition à l'air influe sur le taux de survie (Ferguson et Tufts 1992) après la remise à l'eau du poisson capturé. Cependant, Dempson *et al.* (2002) n'ont observé aucune différence significative dans la survie du saumon de l'Atlantique ayant été exposé à l'air lorsqu'il était hors de l'eau pour un maximum de 30 secondes. Quoiqu'il en soit, l'exposition à l'air devrait être réduite au minimum dans toutes les pêches prévoyant la remise à l'eau du poisson (Cook *et al.* 2015). En supposant que les pêcheurs manipulent le poisson capturé avec grand soin, l'effet de l'exposition à l'air sur la mortalité du saumon de l'Atlantique à Terre-Neuve-et-Labrador serait également minime, bien qu'ici encore, la durée moyenne de l'exposition à l'air du poisson pêché et remis à l'eau est inconnue, tant pour les pêches de Terre-Neuve-et-Labrador qu'ailleurs.

Enfin, le niveau de responsabilité du pêcheur à la ligne ne devrait pas être sous-estimé (Lennox *et al.* 2015). Il est bien connu que le bon appariement de la canne à pêche, du moulinet et de la ligne par rapport à l'espèce de poisson ciblée joue un rôle important pour réduire au minimum la

durée de la capture et prévenir l'épuisement du poisson. Le fait de laisser le poisson pêché dans l'eau et d'utiliser un filet en caoutchouc, une civière à poisson (et non des gants de pêche ou à mains nues) ou un outil pour retirer l'hameçon peut aider à prévenir l'exposition à l'air, à réduire la manipulation au minimum et à prévenir la perte de mucus et d'écaillés (Cooke et Suski 2005). Sans l'adoption de pratiques exemplaires chez les pêcheurs à la ligne, il est peu probable que la remise à l'eau du poisson pêché constitue une stratégie de gestion qui réponde aux objectifs de conservation, car le taux de mortalité serait incertain et contraire à la conservation, de sorte que les coûts supplanteraient les avantages sociaux et économiques de la pêche. Par conséquent, il est impératif que les pêcheurs adoptent des pratiques exemplaires et procèdent à une auto-évaluation de leurs méthodes actuelles en tenant compte des progrès dans le domaine de la pêche avec remise à l'eau du poisson (Brownscombe *et al.* 2017).

Bien qu'il soit clair qu'un certain nombre de facteurs peuvent contribuer à la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson pêché, il est important de reconnaître que les pêcheurs à la ligne ne verront pas nécessairement les poissons qui sont morts après avoir été remis à l'eau, surtout lorsque les rivières se trouvent dans des régions éloignées (où il y a moins de pêcheurs) ou sont plus difficilement accessibles. Certains poissons remis à l'eau pourraient d'abord partir en nageant, puis commencer peu après à flotter jusqu'en surface avant de couler et d'être emportés en aval de la rivière ou de se retrouver au fond de bassins profonds. Des expériences menées auprès de saumoneaux de l'Atlantique ont révélé que certains poissons morts étaient transportés dans la rivière sur plusieurs kilomètres, la plupart aboutissant à quelques centaines de mètres de la remise à l'eau, mais les résultats étaient variables (Havn *et al.* 2017). Les carcasses de saumon sont aussi bien souvent consommées par une variété de charognards vertébrés, y compris la loutre de rivière, le renard et différents oiseaux (Hewson 1995), et peuvent donc disparaître sans être détectées par les pêcheurs à la ligne. Toutefois, puisque le MPO reçoit relativement peu de signalements de mortalité au cours des saisons de pêche à la ligne dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador, il semble que les estimations de la mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson capturé reflètent davantage les estimations des limites inférieures de l'intervalle de confiance de 95 % prévues par nos modèles.

Même si le succès d'un programme de remise à l'eau du poisson capturé dépend, en grande partie, de la manipulation des pêcheurs à la ligne (Lennox *et al.* 2015) et du fait de ne pas pratiquer la pêche avec remise à l'eau lorsque la température de l'eau est élevée, un autre facteur important concerne le niveau d'engagement des organismes de réglementation envers les pêcheurs. La communication entre les scientifiques, les pêcheurs à la ligne et les gestionnaires des pêches permet de s'assurer que les analyses utilisent les statistiques sur les prises les plus complètes possible, en plus de s'assurer de la disponibilité des plus récentes avancées scientifiques relatives à la pêche avec remise à l'eau. Par contre, on croit trop souvent, à tort, qu'une meilleure participation (p. ex. participation accrue aux programmes de retour des talons de permis de pêche à la ligne, ou registres « véridiques » ou exhaustifs des pêches) entraîne une augmentation des mesures de gestion restrictives. Sachant que la plupart des organismes de réglementation, y compris le MPO, adoptent souvent une approche de précaution en matière de gestion, la disponibilité d'un plus grand nombre de données à l'appui du savoir scientifique relatif à la remise à l'eau des prises peut même avoir l'effet contraire. Des modèles s'accompagnant d'un plus haut degré de certitude peuvent améliorer la compréhension de la façon dont les facteurs de stress sont susceptibles d'influer sur le recrutement des frayeurs (p. ex. le nombre de poissons conservés et les dates de capture et de remises à l'eau des poissons pouvant améliorer les estimations de la mortalité) et peuvent mener à des mesures de gestion autorisant des limites de conservation des prises plus élevées ou plus uniformes.

L'influence de la température de l'eau sur la survie du saumon de l'Atlantique remis à l'eau après avoir été pêché, conjuguée à une augmentation de la température mondiale de l'air au cours des dernières décennies, fait ressortir l'importance de bien comprendre l'effet du changement climatique sur les températures de l'eau des rivières au moment d'évaluer le maintien d'une gestion par remise à l'eau des prises. Dans notre étude, nous avons constaté des différences importantes dans la réaction des rivières aux changements de température liés au climat, à l'échelle régionale et locale. À l'échelle régionale, nous avons constaté une augmentation au fil du temps des températures mensuelles moyennes des rivières de Terre-Neuve en juillet et en août, mais seulement une légère hausse au fil du temps des températures des rivières du Labrador, et seulement au mois d'août. À l'échelle locale, nous avons constaté que les rivières se situant sur les côtes est et sud-est de Terre-Neuve (ZPS 5 et 9) se réchauffaient en juillet et en août, alors que les températures des rivières surveillées se situant sur les côtes sud (ZPS 11), ouest (ZPS 13) et nord (ZPS 14A) n'avaient pas beaucoup changé (ZPS 11) ou avaient même diminué (ZPS 13 et 14A) au cours des dernières années. Sachant que la plus grande partie de la saison du saumon coïncide avec les mois les plus chauds de l'année, alors que la pression exercée par la pêche est la plus élevée en juillet (Veinott *et al.* 2018), de légères augmentations de la température de l'eau durant l'été laissent entendre la probabilité d'une hausse de la mortalité attribuable à la remise à l'eau du poisson pêché (en supposant que la capturabilité du poisson demeure la même), dans un contexte où la température de l'eau risque de continuer à augmenter. Il est aussi à prévoir que les plus nombreuses fermetures de pêche qui en découleraient pour des raisons environnementales (en fréquence et en durée) auraient des perturbations économiques. Dans une certaine mesure, cela semble déjà se produire, comme en témoigne l'augmentation du pourcentage de jours de fermeture de la pêche à la ligne à Terre-Neuve au cours des dernières années, tandis que le Labrador, pour autant que nous le sachions, n'a connu qu'une seule fermeture de rivière pour des raisons environnementales malgré le même protocole environnemental. Bien qu'une partie de l'augmentation des fermetures pour des raisons environnementales à Terre-Neuve puisse s'expliquer par le récent changement apporté au seuil de température de l'eau exigeant la fermeture de la pêche d'une rivière, lequel est passé de ≥ 22 °C à > 18 °C en 2018, et par de légères différences de la durée de la saison de pêche d'une année à l'autre, cette augmentation marquée de la température des rivières pour l'ensemble de l'île, tout particulièrement dans les rivières se situant sur les côtes est et sud-est au cours des dernières années, indique que de plus nombreuses fermetures seront probablement mises à place au fil du temps, peu importe les changements apportés au protocole environnemental.

Bien qu'il subsiste une certaine incertitude au sujet de l'augmentation prévue de la température mondiale en raison des changements climatiques, il est certain que de tels changements se produisent actuellement. Les hausses et les baisses des précipitations, ainsi que des épisodes de températures chaudes et froides extrêmes risquent de se produire de façon plus fréquente, sur une plus longue durée et de façon plus intense. Les changements combinés de ces deux variables auront probablement une incidence sur les pêches récréatives avec remise à l'eau du poisson. Voici les points saillants de nos analyses :

1. Les changements de la température des rivières de Terre-Neuve-et-Labrador limitent les possibilités de pêche récréative au saumon de l'Atlantique.
2. La nécessité croissante, en réponse au changement climatique, d'une gestion adaptative des pêches récréatives avec remise à l'eau du poisson pêché.
3. La nécessité accrue, en réponse au changement climatique, de sensibiliser les pêcheurs à la ligne aux pratiques exemplaires liées à la pêche à la ligne avec remise à l'eau du poisson pêché.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Anderson, W.G., Booth, R., Beddow, T.A., McKinley, R.S., Finstad, B., Økland, F., and D. Scruton. 1998. Remote monitoring of heart rate as a measure of recovery in angled Atlantic Salmon, *Salmo salar* (L.). *Hydrobiol.* 371: 233-240.
- Arlinghaus, R., Cooke, S.J., Lyman, J., Policansky, D., Shwab, A., Suski, C., Sutton, S.G., E.B. Thorstad. 2007. Understanding the complexity of catch-and-release in recreational fishing: an integrative synthesis of global knowledge from historical, ethical, social, and biological perspectives. *Rev. Fish Sci. Aquac.* 15: 75-167.
- Bartholomew, A. and J.A. Bohnsack. 2005. A review of catch-and-release angling mortality with implications for no-take reserves. *Rev. Fish Biol. Fish.* 15: 129-154.
- Beitinger, T.L., Bennett, W.A., and R.W. McCauley. 2000. Temperature tolerance of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. *Environ. Biol. Fish.* 58: 237-275.
- Bielak, A.T. 1996. A discussion document on the implications of catch-and-release angling for Atlantic Salmon, with particular reference to water temperature-related closures. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 96/117.
- Booth, R.K., Kieffer, J.D., Davidson, K., Bielak, A.T., and B.L. Tuft. 1995. Effects of late season catch and release angling on anaerobic metabolism, acid-base status, survival and gamete viability in wild Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 52: 283-290.
- Breau, C. 2013. Knowledge of fish physiology used to set water temperature thresholds for in season closures of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) recreational fisheries. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/163.
- Brett, J.R. 1971. Energetic responses of salmon to temperature. A study of some thermal relations in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Am. Zool.* 11: 99-113.
- Brobbel, M.A., Wilkie, M.P., Davidson, K., Kieffer, J.D., Bielak, A.T., and B.L. Tufts. 1996. Physiological effects of catch and release angling in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) at different stages of freshwater migration. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 2036-2043.
- Brownscombe, J.W., Danylchuk, A.J., Chapman, J.M., Gutowsky, L.F.G., and S.J. Cooke. 2017. Best practices for catch-and-release recreational fisheries – angling tools and tactics. *Fish. Res.* 186: 693-705
- Chaput, G. 2012. Overview of the status of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in the North Atlantic and trends in marine mortality, *ICES J. Mar. Sci.* 69: 1538-1548.
- Cook, K., Lennox, R.J., Hinch, S.G., and S.J. Cooke. 2015. Fish out of water: how much air is too much? *Fisheries.* 40: 452-461.
- Cooke, S.J., and C.D. Suski. 2005. Do we need species-specific guidelines for catch-and-release recreational angling to effectively conserve diverse fishery resources? *Biodivers. Conserv.* 14: 1195-1209.
- Cooke, S.J., and G.R. Wilde. 2007. The fate of fish released by recreational anglers, Chapter 7, pp. 181-234. In: *By-catch Reduction in the World's Fisheries*. Kennelly, S.J. (ed.). Springer.
- COSEWIC. 2010. COSEWIC assessment and status report on the Atlantic Salmon *Salmo salar*. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. 136 pp.

-
- Dalley, E.L., Andrews, C.W., and J.M. Green. 1983. Precocious male Atlantic Salmon parr (*Salmo salar*) in insular Newfoundland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 647- 652.
- Davidson, K., Hayward, J., Hambrook, M., Bielak, A.T., and J. Sheasgreen. 1994. The effects of late season angling on gamete viability and early fry survival in Atlantic Salmon. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1982: 1-12.
- Dempson, J.B., O'Connell, M.F., and N.M. Cochrane. 2001. Potential impact of climate warming on recreational fishing opportunities for Atlantic Salmon, *Salmo salar* L., in Newfoundland, Canada. *Fish. Manag. Ecol.* 8: 69-82.
- Dempson, J.B., Furey, G., and M. Bloom. 2002. Effects of catch and release angling on Atlantic Salmon, *Salmo salar* L., of the Conne River, Newfoundland. *Fish. Manag. Ecol.* 9: 139-147.
- Dempson, J.B., O'Connell, M.F., and C.J. Schwarz. 2004. Spatial and temporal trends in abundance of Atlantic Salmon, *Salmo salar*, in Newfoundland with emphasis on impacts of the 1992 closure of the commercial fishery. *Fish. Manag. Ecol.* 11: 387-402.
- Ferguson, R.A., and B.L. Tufts. 1992. Physiological effects of brief air exposure in exhaustively exercised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): implications for "Catch and Release" fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1157-1162.
- Finstad, A.G., Næsje, T.F., and T. Forseth. 2004. Seasonal variation in the thermal performance of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Freshw. Biol.* 49: 1459-1467.
- Frechette, D.M., Dugdale, S.J., Dodson, J.J., and N.E. Bergeron. 2018. Understanding summertime thermal refuge use by adult Atlantic Salmon using remote sensing, river temperature monitoring, and acoustic telemetry. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 75: 1999-2010.
- Friedland, K.D., Ward, B.R., Welch, D.W., and S.A. Hayes. 2014. Post smolt growth and thermal regime define the marine survival of steelhead from the Keogh River, British Columbia. *Mar. Coast. Fish.* 6: 1-11.
- Gale, M.K., Hinch, S.G., and M.R. Donaldson. 2011. The role of temperature in the capture and release of fish. *Fish Fish.* 14: 1-33.
- Gargan, P.G., Stafford, T., Okland, F., and E.B. Thorstad. 2015. Survival of wild Atlantic Salmon (*Salmo salar*) after catch and release angling in three Irish rivers. *Fish. Res.* 161: 252-260.
- Halttunen, E., Rikardsen, A.H., Thorstad E.B., and T.F. Naesje. 2010. Impact of catch-and-release practices on behavior and mortality of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) kelts. *Fish. Res.* 105: 141-147.
- Havn, T.B., Uglem, I., Solem, Ø., Cooke, S.J., Whoriskey, F.G., and E.B. Thorstad. 2015. The effect of catch-and-release angling at high water temperatures on behaviour and survival of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) during spawning migration. *J. Fish Biol.* 87: 342-359.
- Havn, T.B., Økland, F., Teichert, M.A.K., Heermann, L., Borcharding, J., Sæther, S.A., Tambets, M., Diserud, O.H., and E.B. Thorstad. 2017. Movements of dead fish in rivers. *Anim. Biotelemetry* 5: 7.
- Hein, C.L., Öhlund, G., and G. Englund. 2012. Future distribution of Arctic char *Salvelinus alpinus* in Sweden under climate change: effects of temperature, lake size and species interactions. *Ambio.* 41: 303-312.
- Hewson, R. 1995. Use of salmonid carcasses by vertebrate scavengers. *J. Zool.* 235: 53-65.
- Huntsman, A.G. 1942. Death of salmon and trout with high temperature. *J. Fish. Res. Board Can.* 5: 485-501.
-

-
- Hutchings, J.A., Ardren, W.R., Barlaup, B.T., Bergman, E., Clarke, K.D., Greenberg, L.A., Lake, C., Piironen, J., Sirois, P., Sundt-Hansen, L.E., and D.J. Fraser. 2019. Life-history variability and conservation status of landlocked Atlantic Salmon: an overview. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 76:1697-1708.
- ICES. 2019. Working Group on North Atlantic Salmon (WGNA). ICES Scientific Reports 1:16, 368 pp. doi.org/10.17895/ices.pub.4978.
- IPCC. 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. (In press).
- Klemetsen, A., Amundsen, P-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F., and E. Mortensen. 2003. Atlantic Salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecol. Freshw. Fish.* 12: 1-59.
- Lehnert, S.J., Kess, T., Bentzen, P., Kent, M.P., Lien, S., Gilbey, J., Clément, M., Jeffery, N.W., Waples, R.S., and I.R. Bradbury. 2019. Genomic signatures and correlates of widespread population declines in salmon. *Nat. Commun.* 10: 2996.
- Lennox, R.J., Uglem, I., Cooke, S.J., Næsje, T.F., Whoriskey, F.G., Havn, T.B., Ulvan, E.U., Solem, Ø., and E.B. Thorstad. 2015. Does catch-and-release angling alter the behaviour and fate of adult Atlantic Salmon during upriver migration? *Trans. Am. Fish. Soc.* 144: 400-409.
- Lennox, R.J., Cooke, S.J., Diserud, O.H., Havn, T.B., Johansen, M.R., Thorstad, E.B., and I. Uglem. 2016. Use of simulation approaches to evaluate the consequences of catch and release angling on the migration behaviour of adult Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Ecol. Model.* 333: 343-350.
- Lennox, R.J., Cooke, S.J., Davis, C.R., Gargan, P., Hawkins, L.A., Havn, T.B., Johansen, M.R., Kennedy, R.J., Richard, A., Svenning, M., Uglem, I., Webb, J., Whoriskey, G.G., and E.B. Thorstad. 2017a. Pan-Holarctic assessment of post-release mortality of angled Atlantic Salmon *Salmo salar*. *Biol. Cons.* 209: 150-158.
- Lennox, R.J., Havn, T.B., Thorstad, E.B., Liberg, E., Cooke, S.J., and I. Uglem. 2017b. Behaviour and survival of wild Atlantic Salmon *Salmo salar* captured and released while surveillance angling for escaped farmed salmon. *Aquac. Environ. Interact.* 9: 311-319.
- Lennox, R.J., Crook, D.A., Moyle, P.B., Struthers, D.P., and S.J. Cooke. 2019. Toward a better understanding of freshwater fish responses to an increasingly drought-stricken world. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 1-22.
- MacCrimmon, H.R., and B.L. Gots. 1979. World distribution of Atlantic Salmon, *salmo salar*. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 422-457.
- Mäkinen, T.S., Niemelä, E., Moen, K., R. Lindström. 2000. Behaviour of gill-net and rod captured Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) during upstream migration and following radio tagging. *Fish. Res.* 45: 117-127.
- Moores, R.B., and E.G.M. Ash. 1984. Fishway and counting fence operations in Newfoundland and Labrador, 1949-79. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* 477: 123-128.

-
- Mowbray, F., and A. Locke. 1999. The effect of water temperature on angling catch of Atlantic Salmon in the Upsalquitch River. *Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep.* 99/56, 17 pp.
- MPO. 2012. Seuils de température permettant de définir les stratégies de gestion pour la pêche du saumon atlantique (*Salmo salar*) dans des conditions environnementales difficiles. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.* 2012/019.
- MPO. 2018. Évaluation du stock de saumon de l'Atlantique de Terre-Neuve et du Labrador – 2017. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.* 2018/034. (Erratum: Septembre 2018)
- MPO. 2019. Examen en cours de saison du saumon de l'Atlantique de 2018 pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci.* 2019/004.
- Muoneke, M.I., and W.M. Childress. 1994. Hooking mortality: a review for recreational fisheries. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 2: 123-156.
- Nicola, G.G., Elvira, B., Jonsson, B., Ayllón, D., and A. Almodóvar. 2018. Local and global climatic drivers of Atlantic Salmon decline in southern Europe. *Fish. Res.* 198: 78-85.
- O'Connell, M.F., Dempson, J.B., and D.G. Reddin. 1992. Evaluation of the impacts of major management changes in the Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) fisheries of Newfoundland and Labrador, Canada, 1984-1988. *ICES J. Mar. Sci.* 49: 69-87.
- O'Connell, M.F., Cochrane, N.M., and C.C Mullins. 1998. An analysis of the licence stub return system in the Newfoundland Region, 1994-1997. *Can. Stock Asses. Sec. Res. Doc.* 98/111.
- O'Connell, M.F., Dempson, J.B., and G. Chaput. 2006. Aspects of the life history, biology, and population dynamics of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Eastern Canada. *Can. Stock Asses. Sec. Res. Doc.* 2006/014.
- Prowse, T.D., Wrona, F.J., Reist, J.D., Gibson, J.J., Hobbie, J.E., Lévesque, L.M., and W.F. Vincent. 2006. Climate change effects on hydro ecology of Arctic freshwater ecosystems. *Ambio.* 35: 347-358.
- R Core Team. 2017. [R: A language and environment for statistical computing.](#)
- Raby, G.D., Packer, J.R., Danylchuk, A.J., and S.J. Cooke. 2014. The understudied and underappreciated role of predation in the mortality of fish released from fishing gears. *Fish Fish.* 15: 489-505.
- Randall, R.G. 1990. Effect of the 1984-1988 management plan on harvest and spawning levels of Atlantic Salmon in the Restigouche and Miramichi rivers, New Brunswick. *Can. Atlan. Fish. Sci. Advis. Com. Res. Doc.* 90/45.
- Reddin, D.G., and W.M. Shearer. 1987. Sea-surface temperature and distribution of Atlantic Salmon in the Northwest Atlantic Ocean. *Am. Fish. Soc. Symp.* 1: 262-275.
- Reddin, D.G., and P.B. Short. 1991. Postsmolt Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in the Labrador Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 2-6.
- Reed, T.E., de Eyto, E., O'Higgins, K., Gargan, P., Roche, W., White, J., O'Maoileidigh, N., Quinn, T.P., and P. McGinnity. 2017. Availability of holding habitat in lakes and rivers affects the incidence of spring (premature) upriver migration by Atlantic Salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 74: 668-679.
- Richard, A., Bernatchez, L., Valiquette, E., and M. Dionne. 2014. Telemetry reveals how catch and release affects prespawning migration in Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 71: 1730-1739.
-

-
- Skaug, H., Fournier, D., Bolker, B., Magnusson, A., and A. Nielsen. 2014. Generalized linear Mixed models using AD model builder. R package version 0.8.0.
- Soto, D.X., Trueman, C.N., Samways, K.M., Dadswell, M.J., and R.A. Cunjak. 2018. Ocean warming cannot explain synchronous declines in North American Atlantic Salmon populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 601: 203-213.
- Stillman, J.H. 2019. Heat waves, the new normal: summertime temperature extremes will impact animals, ecosystems, and human communities. *Physiology* 34: 86-100.
- Taylor, M.A., Clarke, L.A., Centella, A., Bezanilla, A., Tannecia, S.S., Jones, J.J., Campbell, J.D., Vichot, A., and J. Charley. 2018. Future Caribbean Climates in a World of Rising Temperatures: The 1.5 vs 2.0 Dilemma. *J. Clim.* 31: 2907-2926.
- Thorpe, J.E. 1994. An alternative view of smolting in salmonids. *Aquaculture*. 121: 105-113.
- Thorstad, E.B., Næsje, T.F., Fiske, P., and B. Finstad. 2003. Effects of hook and release on Atlantic Salmon in the River Alta, northern Norway. *Fish. Res.* 60: 293-307.
- Thorstad, E.B., Næsje, T.F., and I. Leinan. 2007. Long-term effects of catch-and-release angling on Atlantic Salmon during different stages of return migration. *Fish. Res.* 85: 330-334.
- Tufts, B.L., Tang, Y., and R.G. Boutilier. 1991. Exhaustive exercise in wild Atlantic Salmon: acid base regulation and blood transport. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 868-874.
- Veinott, G., Cochrane, N., and J.B. Dempson. 2013. Evaluation of a river classification system as a conservation measure in the management of Atlantic Salmon in Insular Newfoundland. *Fish. Man. Ecol.* 20: 454-459.
- Veinott, G., Pike, L., and M. Variyath. 2018. Response of Anglers to Less-Restrictive Harvest Controls in a Recreational Atlantic Salmon Fishery. *N. Am. J. of Fish. Manag.* 38: 210-222.
- Venables, W.N., and B.D. Ripley. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York.
- Warner, K. 1976. Hooking mortality of landlocked Atlantic Salmon *Salmo salar*, in a hatchery environment. *Trans. Am. Fish. Soc.* 3: 365-369.
- Warner, K. 1979. Mortality of landlocked Atlantic Salmon hooked on four types fishing gear at the hatchery. *Prog. Fish Cult.* 41: 99-102.
- Warner, K., and P.R. Johnson. 1978. Mortality of landlocked Atlantic Salmon hooked on flies and worms in a river nursery area. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 772-775.
- Whoriskey, F.G., Prusov, S., and S. Crabbe. 2000. Evaluation of the effects of catch-and-release angling on the Atlantic Salmon (*Salmo salar*) of the Ponoï River, Kola Peninsula, Russian Federation. *Ecol. Fresh. Fish* 9: 118-125.
- Wilkie, M.P., Davidson, K., Brobbel, M.A., Kieffer, J.D., Booth, R.K., Bielak, A.T., and B.L. Tufts. 1996. Physiology and survival of wild Atlantic Salmon following angling in warm summer months. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 125: 572-580.
- Wilkie, M.P., Brobbel, M.A., Davidson, K., Forsyth, L., and B.L. Tufts. 1997. Influences of temperature upon the post exercise physiology of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 503-511.
- Wood, C.M., Turner, J.D., and M.S. Graham. 1983. Why do fish die after severe exercise? *J. Fish Biol.* 22: 189-201.

Wood, S.N. 2011. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *J. Royal Stat. Soc. (B)*. 73: 3-36

ANNEXE I : TABLEAUX

Tableau 1. Liste des mesures de gestion prévues par la loi, et année où elles ont été mises en œuvre pour la pêche récréative au saumon de l'Atlantique à Terre-Neuve-et-Labrador, Canada.

Année	Mesures de gestion
1984	Les pêcheurs à la ligne de Terre-Neuve-et-Labrador et des Maritimes sont tenus par la loi de remettre à l'eau le saumon de grande taille (longueur à la fourche \geq 63 cm; Randall 1990; O'Connell <i>et al.</i> 1992).
1986	Les pêcheurs à la ligne doivent respecter une limite de quatre saumons par jour pouvant être pêchés et remis à l'eau (O'Connell <i>et al.</i> 1992).
1988	Un critère officiel est établi pour procéder à la fermeture de la pêche à la ligne dans les rivières lorsque la température de l'eau est égale ou supérieure à 22 °C.
1999	Une mesure législative autorise uniquement l'utilisation d'hameçons simples et sans ardillon.
2018	Le seuil maximal de température pour la fermeture des rivières est passé de \geq 22 °C à $>$ 18 °C. Les limites des prises saisonnières sont passées de deux, quatre ou six poissons (selon le système de classification des rivières; Veinott <i>et al.</i> 2013) à un seul poisson par pêcheur à la ligne. La limite quotidienne de remises à l'eau du poisson capturé est passée de quatre à trois poissons par pêcheur (MPO 2019).
2019	Une limite de conservation des prises a été fixée à un seul poisson pour les rivières de classe 2 et à deux poissons pour les rivières de classe 4, de classe 6 et non classifiées (système de classification des rivières; Veinott <i>et al.</i> 2013). Selon une modification du critère de fermeture de la pêche à ligne dans les rivières permettant de conserver les prises, lorsque la température de l'eau est supérieure à 20,0 °C pendant deux ou trois jours, une fermeture commence à 10 h 01 et se termine une heure avant le lever du soleil de la journée suivante. Dans les rivières permettant uniquement la pêche avec remise à l'eau des prises, lorsque la température de l'eau est supérieure à 18 °C pendant deux ou trois jours, une fermeture de la pêche à la ligne commence à 10 h 01 et se termine une heure avant le lever du soleil de la journée suivante.

Tableau 2. Liste d'études publiées sur l'effet de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique dans le cadre de la pêche à la ligne, et données connexes utilisées dans les modèles de synthèse des températures (modèles 1 et 2) pour prédire la probabilité de mortalité attribuable à la remise à l'eau du poisson pêché à une température d'eau donnée (tableau 5; figures 2, 3, 4, 5). Chaque étude a notamment compilé des données sur les éléments suivants : probabilité de mortalité; type de cycle biologique (unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM], PMB/UBM [si les deux ont été utilisés], ouananiche et poisson vide); technique de pêche (présence d'ardillons [avec ardillon/sans ardillon/inconnu]; type d'hameçon [simple/double/triple] – méthode de capture [mouche, leurres, aucun] – [pêche à la ligne ou poursuite, une méthode qui simule la pêche à la ligne] – [évaluation du devenir du poisson après sa remise à l'eau : marquage interne, marquage externe, encagement, génétique de la progéniture]); température minimale, moyenne et maximale de l'eau dans le cadre de l'étude; taille de l'échantillon; et références. La mention « Point n° » fait référence aux points de données des figures 1, 2, 3, 4 et 5 et des figures supplémentaires 1, 2, 3 et 4. Remarque : Les points de données se recoupant dans les figures 2, 3, 4 et 5 ainsi que dans les figures supplémentaires 1, 2, 3 et 4 se voient attribuer le même « numéro de point », bien qu'il puisse, dans certains cas, s'agir d'études multiples. **Le symbole « * » désigne les études qui excluaient le poisson grièvement blessé inscrit dans les analyses antérieures pour tenir compte de règlements régionaux empêchant la remise à l'eau du poisson grièvement blessé. Deux mortalités ont été ajoutées au point n° 10, une mortalité au point n° 23 et huit mortalités au point n° 36, selon ce que ces études indiquent dans leur section sur les méthodes appliquées.**

Point n°	Temp. °C (min.)	Temp. °C (moy.)	Temp. °C (max.)	Taille de l'échantillon	Prob. de mortalité	Type	Technique	Référence
1	0,40	1,2	2,60	11	0,00	Saumon vide	sans ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/étiquette interne	Halttunen <i>et al.</i> 2010

Point n°	Temp. °C (min.)	Temp. °C (moy.)	Temp. °C (max.)	Taille de l'échantillon	Prob. de mortalité	Type	Technique	Référence
2	0,40	1,20	2,60	13	0,08	Saumon vide	sans ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Halttunen <i>et al.</i> 2010
3	3,00	4,00	5,00	89	0,01	Saumon vide	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Bielak <i>et al.</i> 1996
4	3,00	4,00	5,00	24	0,00	Saumon vide	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Brobbel <i>et al.</i> 1996
6	5,00	5,50	6,00	20	0,00	PBM/UBM	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Davidson <i>et al.</i> 1994
5	4,00	6,00	5,00	20	0,00	PBM/UBM	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Booth <i>et al.</i> 1995
7	7,00	8,00	9,00	6	0,00	UBM	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/étiquette cardiaque interne	Anderson <i>et al.</i> 1998
9	8,40	9,40	10,40	5	0,00	UBM	avec ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Mäkinen <i>et al.</i> 2000
10*	8,40	9,60	10,70	38	0,05	PBM/UBM	avec ardillon/mouche triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Lennox <i>et al.</i> 2017b
11	9,00	10,00	12,00	8	0,50	UBM	avec ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Gargan <i>et al.</i> 2015
12	9,00	10,00	11,00	100	0,01	Ouananiche	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
12	9,00	10,00	11,00	100	0,00	Ouananiche	avec ardillon/leurre simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
13	9,00	10,00	11,00	100	0,00	Ouananiche	avec ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
14	9,50	11,70	13,90	8	0,00	UBM	sans ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Dempson <i>et al.</i> 2002
18	12,00	12,00	12,00	10	0,00	UBM	aucun/aucun/pours uite/cage	Wilkie <i>et al.</i> 1997
15	10,00	12,25	14,50	30	0,00	PBM/UBM	avec ardillon/mouche triple/pêche à la	Thorstad <i>et al.</i> 2003b

Point n°	Temp. °C (min.)	Temp. °C (moy.)	Temp. °C (max.)	Taille de l'échantillon	Prob. de mortalité	Type	Technique	Référence
							ligne/étiquette externe	
16	11,00	13,00	16,00	48	0,02	UBM	avec ardillon/mouche double et triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Gargan <i>et al.</i> 2015
19	13,00	13,00	14,00	3	0,33	PBM/UBM	avec ardillon/leurre simple/pêche à la ligne/étiquette externe	Gargan <i>et al.</i> 2015
20	13,00	13,00	14,00	12	0,00	PBM/UBM	avec ardillon/mouche simple, double et triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Gargan <i>et al.</i> 2015
8	8,00	13,00	18,00	27	0,11	PBM/UBM	avec ardillon/mouche triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Lennox <i>et al.</i> 2015
21	13,00	13,90	15,00	100	0,04	Ouananiche	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
22	13,00	13,90	15,00	100	0,03	Ouananiche	avec ardillon/leurre simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
20	13,00	13,90	15,00	100	0,01	Ouananiche	avec ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
23*	13,00	14,00	15,00	40	0,05	PBM/UBM	avec ardillon/mouche triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Lennox <i>et al.</i> 2016
24	13,00	14,40	16,00	100	0,09	Ouananiche	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
23	13,00	14,40	16,00	100	0,05	Ouananiche	avec ardillon/leurre simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
20	13,00	14,40	16,00	100	0,00	Ouananiche	avec ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
17	11,60	14,50	16,40	20	0,00	PBM	inconnu/mouche inconnue/pêche à la ligne/étiquette gastrique interne	Richard <i>et al.</i> 2014
30	14,00	15,95	17,90	20	0,10	UBM	sans ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Dempson <i>et al.</i> 2002
34	15,00	16,00	17,00	25	0,12	UBM	avec ardillon/mouche	Brobbel <i>et al.</i> 1996

Point n°	Temp. °C (min.)	Temp. °C (moy.)	Temp. °C (max.)	Taille de l'échantillon	Prob. de mortalité	Type	Technique	Référence
							simple/pêche à la ligne/cage	
25	13,90	16,10	18,90	100	0,01	Ouananiche	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
25	13,90	16,10	18,90	102	0,02	Ouananiche	avec ardillon/leurre simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
26	13,90	16,10	18,90	100	0,03	Ouananiche	avec ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
27	13,90	16,10	18,90	119	0,08	Ouananiche	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
28	13,90	16,10	18,90	100	0,06	Ouananiche	avec ardillon/leurre simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
29	13,90	16,10	18,90	100	0,11	Ouananiche	avec ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
25	13,90	16,10	18,90	100	0,02	Ouananiche	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
28	13,90	16,10	18,90	100	0,06	Ouananiche	avec ardillon/leurre simple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
26	13,90	16,10	18,90	100	0,04	Ouananiche	avec ardillon/leurre triple/pêche à la ligne/cage	Warner 1976
35	15,50	16,50	17,50	5	0,00	UBM	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/étiquette cardiaque interne	Anderson <i>et al.</i> 1998
31	14,00	16,50	19,00	37	0,00	Ouananiche	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Warner et Johnson 1978
32	14,00	16,50	19,00	28	0,07	Ouananiche	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Warner et Johnson 1978
33	14,00	16,50	19,00	12	0,08	Ouananiche	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Warner et Johnson 1978
36*	16,30	17,30	19,70	60	0,20	PBM/UBM	avec ardillon/mouche et leurre, double et triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Havn <i>et al.</i> 2015
41	18,90	17,60	20,20	19	0,11	UBM	aucun/aucun/poursuite/étiquette gastrique	Lennox <i>et al.</i> 2019

Point n°	Temp. °C (min.)	Temp. °C (moy.)	Temp. °C (max.)	Taille de l'échantillon	Prob. de mortalité	Type	Technique	Référence
37	18,00	18,00	18,00	16	0,00	UBM	aucun/aucun/poursuite/cage	Tufts <i>et al.</i> 1991
37	18,00	18,00	18,00	10	0,00	UBM	aucun/aucun/poursuite/cage	Wilkie <i>et al.</i> 1997
38	18,00	19,95	21,90	20	0,10	UBM	sans ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Dempson <i>et al.</i> 2002
39	18,00	20,00	22,00	5	0,80	UBM	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/étiquette cardiaque interne	Anderson <i>et al.</i> 1998
42	19,40	20,00	21,10	23	0,13	UBM	avec ardillon/mouche et leurre, double et triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Havn <i>et al.</i> 2015
40	18,00	20,00	22,00	10	0,40	UBM	avec ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Wilkie <i>et al.</i> 1996
43	22,00	22,00	22,10	1	0,00	UBM	sans ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/cage	Dempson <i>et al.</i> 2002
44	23,00	23,00	23,00	10	0,30	UBM	aucun/aucun/poursuite/cage	Wilkie <i>et al.</i> 1997

Tableau 3. Liste d'études non publiées sur l'effet de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique dans le cadre de la pêche récréative à la ligne, et sommaire des données combinées aux données publiées (tableau 2) utilisées dans les modèles de données brutes (modèles 3 et 4) pour prédire la probabilité de mortalité attribuable à la remise à l'eau du poisson pêché à une température d'eau donnée (tableau 6; figures 6 et 7). Chaque étude a notamment compilé des données sur les éléments suivants : probabilité de mortalité; type de cycle biologique (unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM], PMB/UBM [si les deux ont été utilisés], ouananiche et poisson vide); technique de pêche (présence d'ardillons [avec ardillon/sans ardillon/inconnu] – type d'hameçon [simple/double/triple/inconnu] – méthode de capture [mouche, leurres, aucun] – [pêche à la ligne ou poursuite, une méthode qui simule la pêche à la ligne] – [évaluation du devenir du poisson après sa remise à l'eau : marquage interne, marquage externe, encagement, génétique de la progéniture]); température minimale, moyenne et maximale de l'eau dans le cadre de l'étude; taille de l'échantillon; chercheurs et année.

Temp. °C (min.)	Temp. °C (moy.)	Temp. °C (max.)	Taille de l'échantillon	Prob. de mortalité	Type	Technique	Chercheur et année
8,2	10,9	13,3	30	0	PBM/UBM	avec ardillon/mouche triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Svenning <i>et al.</i> 2007, comm. pers.
11	11,7	14	6	0	PBM/UBM	avec ardillon/mouche triple/pêche à la ligne/étiquette externe	Johansen <i>et al.</i> 2013, comm. pers.
16	19,8	22	6	0,33	UBM	inconnu/mouche inconnue/pêche à la ligne/étiquette interne	Kennedy <i>et al.</i> 2013, comm. pers.
13,4	17,1	21,4	40	0,43	UBM	sans ardillon/mouche simple/pêche à la ligne/étiquette interne	Première Nation de Miawpukek <i>et al.</i> 2009, comm. pers.

Tableau 4. Liste de paramètres des études publiées et non publiées sur l'effet de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique dans le cadre de la pêche récréative à la ligne. Chaque étude a notamment compilé des données sur les éléments suivants : probabilité de mortalité; type de cycle biologique (unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM], PMB/UBM [si les deux ont été utilisés], ouananiche et poisson vide); technique de pêche; température minimale, moyenne et maximale de l'eau dans le cadre de l'étude; taille de l'échantillon; référence (pour les études publiées), chercheurs et année (pour les études non publiées). La mention « Point n° » fait référence aux points de données des figures 1, 2, 3, 4 et 5 et des figures supplémentaires 1, 2, 3 et 4.

Point n°	Temp. °C (min.)	Temp. °C (moy.)	Temp. °C (max.)	Taille de l'échantillon	Prob. de mortalité	Type	Technique	Référence
1,2	0,40	1,20	2,60	17	0,00	Saumon vide	pêche à la ligne/étiquette interne, mais 7 à 10 mois plus tôt/remis à l'eau	Halttunen <i>et al.</i> 2010
6	5,00	5,50	6,00	20	0,00	PBM/UBM	senne/cage/non perturbé	Davidson <i>et al.</i> 1994
12	9,00	10,00	11,00	100	0,00	Ouananiche	senne/cage/non perturbé	Warner 1976
14	9,50	11,70	13,90	5	0,00	UBM	trappe en forme de boîte/cage/non perturbé	Dempson <i>et al.</i> 2002
18	12,00	12,00	12,00	16	0,00	UBM	écloserie/cage/non perturbé	Wilkie <i>et al.</i> 1997
8	8,00	13,00	18,00	33	0,00	PBM/UBM	filets à poche en mer/étiquette externe/remis à l'eau	Lennox <i>et al.</i> 2015
21	13,00	13,90	15,00	100	0,00	Ouananiche	senne/cage/non perturbé	Warner 1976
24	13,00	14,40	16,00	100	0,01	Ouananiche	senne/cage/non perturbé	Warner 1976
17	11,60	14,50	16,40	20	0,00	PBM	trappe en forme de boîte/anesthésie/étiquette interne/remis à l'eau	Richard <i>et al.</i> 2014

Point n°	Temp. °C (min.)	Temp. °C (moy.)	Temp. °C (max.)	Taille de l'échantillon	Prob. de mortalité	Type	Technique	Référence
30	14,00	15,95	17,90	8	0,00	UBM	trappe en forme de boîte/cage/non perturbé	Dempson <i>et al.</i> 2002
25	13,90	16,10	18,90	100	0,00	Ouananiche	senne/cage/non perturbé	Warner 1979
27	13,90	16,10	18,90	100	0,01	Ouananiche	senne/cage/non perturbé	Warner 1979
25	13,90	16,10	18,90	100	0,00	Ouananiche	senne/cage/non perturbé	Warner 1979
31	14,00	16,50	19,00	16	0,00	Ouananiche	trappe/cage/non perturbé	Warner et Johnson 1978
32	14,00	16,50	19,00	35	0,00	Ouananiche	trappe/cage/non perturbé	Warner et Johnson 1978
33	14,00	16,50	19,00	23	0,00	Ouananiche	trappe/cage/non perturbé	Warner et Johnson 1978
41	18,90	17,60	20,20	18	0,06	UBM	trappe en forme de boîte/étiquette externe/remis à l'eau	Lennox <i>et al.</i> 2019
37	18,00	18,00	18,00	16	0,00	UBM	écloserie/cage/non perturbé	Wilkie <i>et al.</i> 1997
38	18,00	19,95	21,90	7	0,00	UBM	trappe en forme de boîte/cage/non perturbé	Dempson <i>et al.</i> 2002
44	23,00	23,00	23,00	16	0,00	UBM	écloserie/cage/non perturbé	Wilkie <i>et al.</i> 1997
Non publié								
Point n°	Temp. °C (min.)	Temp. °C (moy.)	Temp. °C (max.)	Taille de l'échantillon	Probabilité Mort.	Type	Technique	Chercheur et année
45	13,4	17,10	21,40	32	0,03	UBM	trappe en forme de boîte/anesthésie/étiquette interne/remis à l'eau	Première Nation de Miawpukek <i>et al.</i> 2009

Tableau 5. Les estimations des coefficients ont été produites à l'aide d'un modèle linéaire généralisé à effets mixtes pour vérifier la relation entre la probabilité de mortalité et la température minimale, moyenne et maximale de l'eau d'une étude donnée servant à mesurer la température au moment de la capture et de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique pêché à la ligne. La température de l'eau a été modélisée en tant que terme polynomial de façon à permettre le tracé d'une courbe marquant la relation entre la probabilité de mortalité et la température de l'eau. Une distribution binomiale a permis de pondérer les études en fonction de la taille de l'échantillon de poissons (une taille d'échantillon plus élevée [plus de poissons] équivalant à un effet plus important dans le modèle). Nous avons également inclus la référence – c'est-à-dire la source documentaire – en tant qu'effet aléatoire pour tenir compte des différences de méthodologie entre les études et pour contrôler, au sein d'une même étude, les diverses estimations de la mortalité à différentes températures de l'eau (non-indépendance des paramètres). **Le symbole « * » indique l'importance des facteurs.**

Modèle de synthèse des températures 1 (seules les données publiées)					
Effets fixes	Estimation	Erreur type	Valeur z	Valeur p	AIC
Point d'intersection	-4,12	0,33	-12,33	< 0,01 *	221,70
Température minimale de l'eau ^ 2	0,01	0,00	5,15	< 0,01 *	-
Point d'intersection	-4,57	0,39	-11,60	< 0,01 *	216,50
Température moyenne de l'eau^ 2	0,01	0,00	5,50	< 0,01 *	-
Point d'intersection	-5,01	0,47	-10,56	< 0,01 *	212,50
Température maximale de l'eau^ 2	0,01	0,00	5,49	< 0,01 *	-
Modèle de synthèse des températures 2 (seules les données publiées, excluant la ouananiche)					
Effets fixes	Estimation	Erreur type	Valeur z	Valeur p	AIC
Point d'intersection	-3,72	0,38	-9,70	< 0,01 *	115,10
Température minimale de l'eau ^ 2	0,01	0,00	4,32	< 0,01 *	-
Point d'intersection	-4,00	0,40	-10,05	< 0,01 *	110,20
Température moyenne de l'eau^ 2	0,01	0,00	5,07	< 0,01 *	-
Point d'intersection	-4,38	0,43	-10,21	< 0,01 *	104,60
Température maximale de l'eau^ 2	0,01	0,00	5,58	< 0,01 *	-

Tableau 6. Les estimations des coefficients ont été produites à l'aide d'un modèle linéaire généralisé pour vérifier les relations entre la probabilité de mortalité et la température minimale, moyenne et maximale de l'eau d'une étude donnée servant à mesurer la température au moment de la capture et de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique pêché à la ligne ($n = 2\ 700$ individus). Afin de permettre une comparaison des résultats entre les modèles de synthèse de données (modèles 1 et 2 utilisant uniquement des données publiées) et les modèles de données brutes, nous avons d'abord modélisé la température de l'eau en tant que facteur unique (modèle 3). Pour déterminer d'autres facteurs importants dans l'estimation de la probabilité de mortalité d'un saumon de l'Atlantique capturé et remis à l'eau à différentes températures d'eau, nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé avec une distribution binomiale (vie ou mort d'un poisson donné; modèle 4). Les facteurs sont notamment la température de l'eau, le type d'engin, le type d'hameçon avec ou sans ardillon, et cycle biologique. Au moyen du critère d'information d'Akaike (AIC), la sélection du modèle le plus adéquat était suggérée en fonction des éléments suivants : la température de l'eau, le type d'engin et le cycle biologique. Afin d'éviter tout biais potentiel associé à l'utilisation de la température de l'eau minimale, moyenne et maximale de chaque étude comme mesure de la température au moment de la capture, chaque facteur a été inclus séparément. **Le symbole « * » indique l'importance des facteurs.**

Modèle de température brute 3 (données brutes publiées et non publiées)						
Modèle	Effets fixes	Estimation	Erreur type	Valeur z	Valeur p	AIC
Température minimale de l'eau	Point d'intersection	-6,60	0,45	-14,66	< 0,01*	1 091,03
-	Température minimale de l'eau	0,28	0,03	9,11	< 0,01*	-
Température moyenne de l'eau	Point d'intersection	-7,21	0,51	-14,07	< 0,01*	1 083,12
-	Température moyenne de l'eau	0,30	0,03	9,23	< 0,01*	-
Température maximale de l'eau	Point d'intersection	-5,94	0,56	-10,67	< 0,01*	1 131,05
-	Température maximale de l'eau	0,19	0,03	5,96	< 0,01*	-

Tableau 6 (suite)

Modèle de température brute 4 (données brutes publiées et non publiées)						
Modèle	Effets fixes	Estimation	Erreur type	Valeur z	Valeur p	AIC
Température moyenne de l'eau + cycle biologique + type d'engin + type d'hameçon + ardillons	-	-	-	-	-	1 027,59
Température moyenne de l'eau + cycle biologique + type d'engin + type d'hameçon	-	-	-	-	-	1 025,96
Température moyenne de l'eau + cycle biologique + type d'engin	Point d'intersection	-7,56	0,94	-8,08	< 0,01*	1 025,14
-	Température moyenne de l'eau	0,27	0,04	6,56	< 0,01*	-
-	Type de saumon – UBM	-	-	-	-	-
-	Type de saumon – saumon vide	0,84	0,92	0,91	0,36	-
-	Type de saumon – PBM	-0,43	0,30	-1,42	0,16	-
-	Type de saumon – ouananiche	-1,12	0,25	-4,48	< 0,01*	-

Modèle de température brute 4 (données brutes publiées et non publiées)						
Modèle	Effets fixes	Estimation	Erreur type	Valeur z	Valeur p	AIC
-	<i>Type d'engin – poursuite</i>	-	-	-	-	-
-	<i>Type d'engin – mouche</i>	1,52	0,51	2,95	< 0,01*	-
-	<i>Type d'engin – leurres</i>	1,77	0,55	3,19	< 0,01*	-
-	-	-	-	-	-	-
Température minimale de l'eau + cycle biologique + type d'engin	Point d'intersection	-6,66	0,89	-7,50	< 0,01*	1 037,90
-	Température minimale de l'eau	0,22	0,04	5,79	< 0,01*	-
-	<i>Type de saumon – UBM</i>	-	-	-	-	-
-	<i>Type de saumon – saumon vide</i>	0,28	0,89	0,31	0,76	-
-	<i>Type de saumon – PBM</i>	-0,36	0,31	-1,18	0,24	-
-	<i>Type de saumon – ouananiche</i>	-0,97	0,27	-3,65	< 0,01*	-
-	<i>Type d'engin – poursuite</i>	-	-	-	-	-
-	<i>Type d'engin – mouche</i>	1,41	0,51	2,75	< 0,01*	-
-	<i>Type d'engin – leurres</i>	1,43	0,54	2,63	< 0,01*	-
-	-	-	-	-	-	-
Température minimale de l'eau + cycle biologique + type d'engin	Point d'intersection	-6,75	0,84	-8,08	< 0,01*	1 027,10
-	Température maximale de l'eau	0,22	0,03	6,41	< 0,01*	-
-	<i>Type de saumon – UBM</i>	-	-	-	-	-
-	<i>Type de saumon – saumon vide</i>	0,19	0,86	0,22	0,82	-
-	<i>Type de saumon – PBM</i>	-0,66	0,30	-2,22	0,03*	-
-	<i>Type de saumon – ouananiche</i>	-1,84	0,23	-7,83	< 0,01*	-
-	<i>Type d'engin – poursuite</i>	-	-	-	-	-
-	<i>Type d'engin – mouche</i>	1,45	0,51	2,86	< 0,01*	-
-	<i>Type d'engin – leurres</i>	1,55	0,54	2,85	< 0,01*	-

Tableau 7. Probabilité de mortalité et température moyenne de l'eau de l'étude comme mesure de la température au moment de la capture, par cycle biologique et par type d'engin, pour le saumon de l'Atlantique unibermarin (UBM) ou pluribermarin (PBM) remis à l'eau après avoir été pêché à la mouche ou aux leurres (n=2 700 individus). Les prévisions sont tirées du tableau 6 et de la figure 7, qui utilisent un modèle linéaire généralisé s'appuyant sur une distribution binomiale dont les facteurs sont la température de l'eau, le type de cycle biologique, le type d'engin, le type d'hameçon et la présence ou non d'ardillons (modèle 4). Les données ont été recueillies à partir de données publiées (tableau 2) et non publiées (tableau 3) fournies par divers auteurs en Amérique du Nord et en Europe. Remarque : Après la sélection du modèle le plus adéquat, les facteurs comprenaient la température de l'eau, le type de cycle biologique et le type d'engin, qui se sont tous avérés des prédicteurs significatifs de la probabilité de mortalité après la remise à l'eau du poisson capturé. En raison des variations importantes entre les études, les prévisions égales ou supérieures à 19 °C ou s'en approchant devraient être interprétées en tenant compte d'une importante marge d'erreur et être révisées à mesure que de nouvelles données seront disponibles. ***Voir la discussion sur les limites du modèle et son interprétation.**

Température moyenne de l'eau (°C)					
-	-	Leurre		Mouche	
Température de l'eau (°C)	Cycle biologique	Limite inférieure IC de 95 %	Limite supérieure IC de 95 %	Limite inférieure IC de 95 %	Limite supérieure IC de 95 %
15,0	UBM	0,09	0,21	0,08	0,16
16,0	UBM	0,12	0,26	0,11	0,19
17,0	UBM	0,15	0,31	0,14	0,24
18,0	UBM	0,18	0,38	0,17	0,29
19,0*	UBM	0,22	0,45	0,21	0,35
20,0*	UBM	0,26	0,52	0,25	0,42
21,0*	UBM	0,31	0,60	0,29	0,50
22,0*	UBM	0,36	0,67	0,34	0,58
15,0	PBM	0,06	0,16	0,05	0,12
16,0	PBM	0,07	0,20	0,06	0,15
17,0	PBM	0,09	0,25	0,08	0,19
18,0	PBM	0,11	0,32	0,10	0,24
19,0*	PBM	0,14	0,38	0,12	0,30
20,0*	PBM	0,16	0,46	0,15	0,37
21,0*	PBM	0,20	0,54	0,18	0,44
22,0*	PBM	0,23	0,62	0,21	0,52

Tableau 8. Proportion mensuelle de saumon de l'Atlantique libéré remis à l'eau et température d'eau moyenne pour une sélection de rivières de Terre-Neuve-et-Labrador en 2016. Remarque : la proportion de poissons remis à l'eau ne s'applique qu'aux registres des pêcheurs contenant une date pour l'événement de capture et remise à l'eau. La mention « aucun registre » indique des données manquantes (c.-à-d. des registres de température incomplets ou l'absence d'un registre indiquant la remise à l'eau de poissons).

Terre-Neuve – saison de pêche à la ligne 2016			
Mois	Rivière	Prop. de remises à l'eau	Température moyenne de l'eau (°C)
Juin	Campbellton	0,30	15,7
Juillet	Campbellton	0,48	20,1
Août	Campbellton	0,13	20,8
Septembre	Campbellton	0,09	15,4
Total de saison	Campbellton	-	18,0
Juin	Exploits	0,23	16,0
Juillet	Exploits	0,58	18,8
Août	Exploits	0,15	21,1
Septembre	Exploits	0,04	aucun registre
Total de saison	Exploits	-	18,6
Juin	Harry's	0,26	13,8
Juillet	Harry's	0,54	18,5
Août	Harry's	0,19	19,5
Septembre	Harry's	0,01	aucun registre
Total de saison	Harry's	-	17,3
Juin	Middle Brook	0,02	16,7
Juillet	Middle Brook	0,81	21,3
Août	Middle Brook	0,08	23,2
Septembre	Middle Brook	0,08	20,1
Total de saison	Middle Brook	-	20,3
Juin	Terra Nova	0,03	15,6
Juillet	Terra Nova	0,58	19,2
Août	Terra Nova	0,32	20,5
Septembre	Terra Nova	0,07	16,7
Total de saison	Terra Nova	-	18,0
Juin	Torrent	0,14	11,4
Juillet	Torrent	0,79	14,9
Août	Torrent	0,06	16,9
Septembre	Torrent	aucun registre	13,9
Total saisonnier	Torrent	-	14,3

Tableau 8 (suite)

Labrador – saison de pêche à la ligne 2016			
Mois	Rivière	Prop. de remises à l'eau	Température moyenne de l'eau (°C)
Juin	Rivière Paradise	0,22	15,2
Juillet	Rivière Paradise	0,67	15,0
Août	Rivière Paradise	0,11	15,6
Septembre	Rivière Paradise	aucun registre	aucun registre
Total saisonnier	Rivière Paradise	-	15,3
Juin	Rivière Sand Hill	0,10	12,4
Juillet	Rivière Sand Hill	0,90	12,9
Août	Rivière Sand Hill	aucun registre	13,5
Septembre	Rivière Sand Hill	aucun registre	aucun registre
Total saisonnier	Rivière Sand Hill	-	12,9

Tableau 9. Nombre de saumons de l'Atlantique que l'on estime être morts (mortalité imputable à la rétention des prises et mortalité imputable à la remise à l'eau du poisson capturé) dans certaines rivières de Terre-Neuve-et-Labrador en 2016. Le nombre mensuel de poissons remis à l'eau a été calculé en multipliant la proportion mensuelle de remises à l'eau (tableau 8) par le nombre total de poissons déclarés dans l'évaluation du saumon de 2016. Les valeurs relatives pour le nombre estimatif de poissons qui sont morts après leur remise à l'eau ont été générées en utilisant la température mensuelle moyenne entre 8 h et 20 h, ainsi que l'équation des figures 4 et 5 (modèle de synthèse des températures 2) comprenant uniquement les données des études publiées sur le saumon de l'Atlantique anadrome. La mention « aucun registre » indique des données manquantes (c.-à-d. des registres de température incomplets ou l'absence d'un registre indiquant la remise à l'eau ou la conservation de poissons. La mention « morts (10 %) » renvoie à l'estimation actuelle utilisée pour calculer la mortalité imputable aux à la remise à l'eau du poisson capturé dans la pêche récréative de Terre-Neuve-et-Labrador. Alors que les estimations de la mortalité correspondant aux limites inférieures de l'intervalle de confiance de 95 %, présentées ici, pourraient refléter les événements de pêche à la ligne se conformant aux pratiques exemplaires, les estimations aux limites supérieures de l'intervalle de confiance de 95 % refléteraient plutôt les cas où les pratiques exemplaires de pêche à la ligne ne sont pas adoptées, essentiellement le « pire scénario » (p. ex. poisson rejeté sur la rive, utilisation de gants de pêche, exposition à l'air pour la prise de photos ou manipulation maladroite).

Terre-Neuve – saison de pêche à la ligne 2016							
Mois	Rivière	Nombre conservé (C) [à l'échelle]	Nombre remis à l'eau (R) [à l'échelle]	Température moyenne (°C)	Nb prévu de morts C+R (IC de 95 % inférieur)	Nb prévu de morts C+R (IC de 95 % supérieur)	Nombre présumé de morts C+R (10 %)
Juin	Campbellton	82	75	15,7	3	14	7
Juillet	Campbellton	246	117	20,1	10	52	12
Août	Campbellton	57	32	20,8	3	16	3
Septembre	Campbellton	4	21	15,4	1	4	2
Total saisonnier	Campbellton	389	245	18,0	17	85	25
Juin	Exploits	867	937	16,0	39	185	94

Terre-Neuve – saison de pêche à la ligne 2016							
Mois	Rivière	Nombre conservé (C) [à l'échelle]	Nombre remis à l'eau (R) [à l'échelle]	Température moyenne (°C)	Nb prévu de morts C+R (IC de 95 % inférieur)	Nb prévu de morts C+R (IC de 95 % supérieur)	Nombre présumé de morts C+R (10 %)
Juillet	Exploits	2 853	2 322	18,8	157	822	232
Août	Exploits	455	607	21,1	62	312	61
Septembre	Exploits	44	149	aucun registre	aucun registre	aucun registre	15
Total saisonnier	Exploits	4 219	4 015	aucun registre	aucun registre	aucun registre	402
Juin	Harry's	108	288	13,8	8	33	29
Juillet	Harry's	449	605	18,5	39	203	61
Août	Harry's	150	208	19,5	16	83	21
Septembre	Harry's	21	10	aucun registre	aucun registre	aucun registre	1
Total saisonnier	Harry's	728	1 111	aucun registre	aucun registre	aucun registre	111
Juin	Middle Brook	33	2	16,7	0	0	0
Juillet	Middle Brook	183	63	21,3	7	34	6
Août	Middle Brook	8	7	23,2	1	4	1
Septembre	Middle Brook	8	7	20,1	1	3	1
Total saisonnier	Middle Brook	233	78	20,3	9	41	8
Juin	Terra Nova	35	7	15,6	0	1	1
Juillet	Terra Nova	138	125	19,2	9	47	12
Août	Terra Nova	62	68	20,5	6	32	7
Septembre	Terra Nova	7	14	16,7	1	3	1
Total saisonnier	Terra Nova	242	214	18,0	16	84	21
Juin	Torrent	111	1	11,4	0	0	7
Juillet	Torrent	629	13	14,9	0	2	36
Août	Torrent	131	1	16,9	0	0	3
Septembre	Torrent	aucun registre	aucun registre	13,9	aucun registre	aucun registre	aucun registre
Total saisonnier	Torrent	872	15	14,3	aucun registre	aucun registre	45

Tableau 9 (suite)

Labrador – saison de pêche à la ligne 2016							
Mois	Rivière	Nombre conservé (C) [à l'échelle]	Nombre remis à l'eau (R) [à l'échelle]	Température moyenne (°C)	Nb prévu de morts C+R (IC de 95 % inférieur)	Nb prévu de morts C+R (IC de 95 % supérieur)	Nombre présumé de morts C+R (10 %)
Juin	Paradise	10	11	15,2	0	2	1
Juillet	Paradise	1	34	15,0	1	5	3
Août	Paradise	0	6	15,6	0	1	1
Septembre	Paradise	aucun registre	aucun registre	aucun registre	aucun registre	aucun registre	aucun registre
Total saisonnier	Paradise	11	51	aucun registre	aucun registre	aucun registre	5

Labrador – saison de pêche à la ligne 2016

Mois	Rivière	Nombre conservé (C) [à l'échelle]	Nombre remis à l'eau (R) [à l'échelle]	Température moyenne (°C)	Nb prévu de morts C+R (IC de 95 % inférieur)	Nb prévu de morts C+R (IC de 95 % supérieur)	Nombre présumé de morts C+R (10 %)
Juin	Sand Hill	0	18	12,4	0	1	2
Juillet	Sand Hill	27	164	12,9	4	15	16
Août	Sand Hill	aucun registre	aucun registre	13,5	aucun registre	aucun registre	aucun registre
Septembre	Sand Hill	aucun registre	aucun registre	aucun registre	aucun registre	aucun registre	aucun registre
Total saisonnier	Sand Hill	27	182	aucun registre	aucun registre	aucun registre	18

ANNEXE II : FIGURES

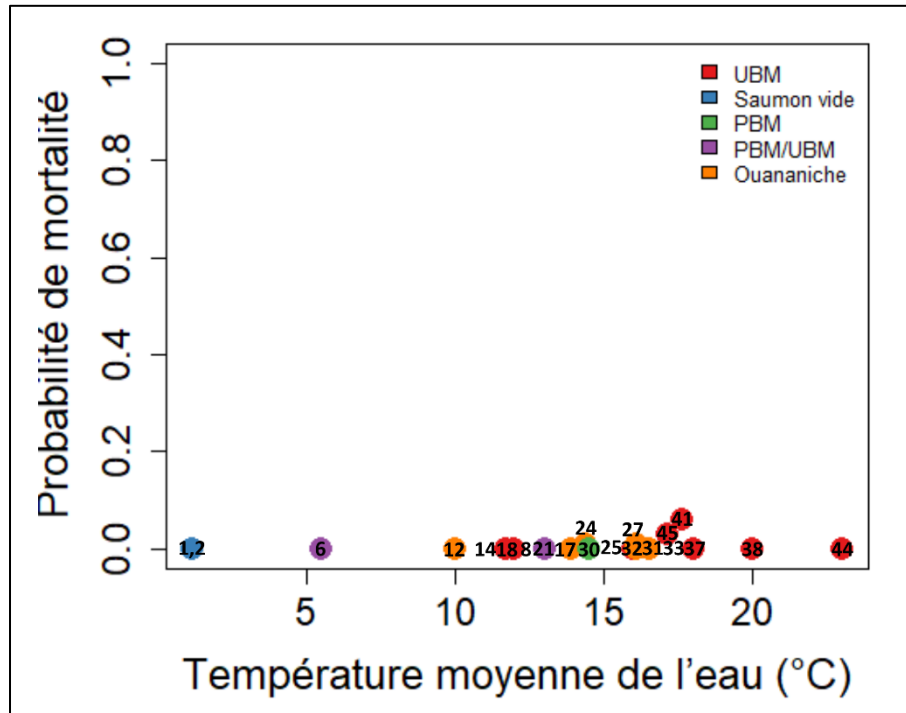


Figure 1. Relation entre la probabilité de mortalité et la température moyenne de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture des poissons des groupes témoins dans le cadre d'études examinant les effets de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique pêché à la ligne sur la survie, le comportement et la physiologie du poisson. Les données ont été recueillies à partir d'études publiées et non publiées, en Amérique du Nord et en Europe, où le poisson était capturé au moyen de diverses techniques et divers types d'engin afin d'évaluer le devenir des prises remises à l'eau. Les points de données numérotés renvoient aux références d'une étude et à des renseignements supplémentaires pour chacune des études présentées dans les tableaux 2, 3 et 4. Les points de données colorés renvoient au cycle biologique du saumon (unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM], PBM/UBM [si les deux ont été utilisés], ouananiche et poisson vide). Remarque : Certains chevauchements des points de données colorés pourraient être dissimulés et comporter plusieurs numéros de points de données.

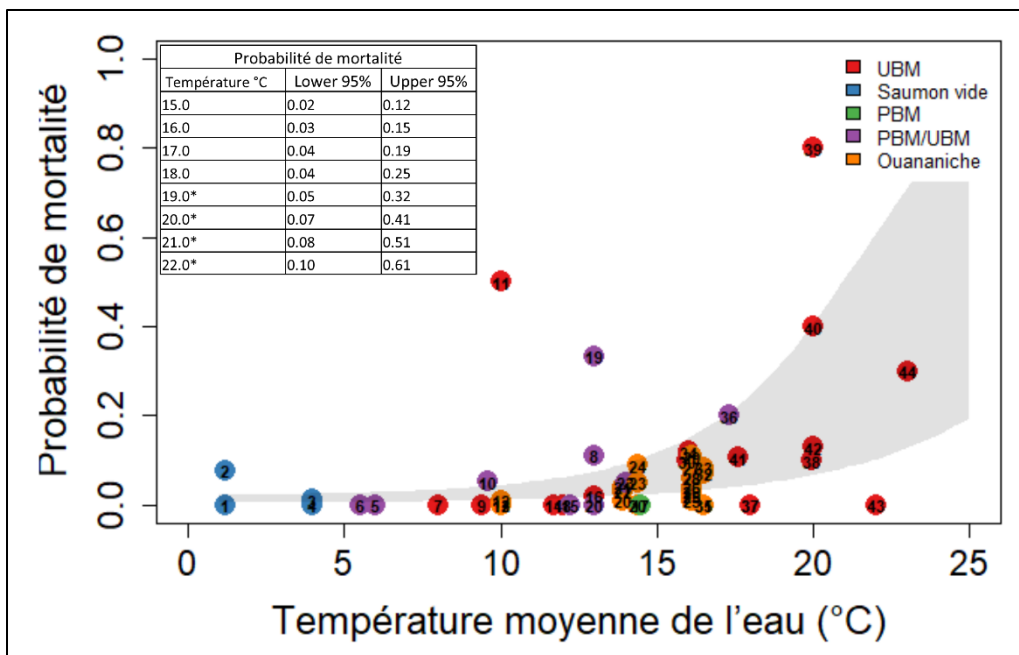


Figure 2. Relation entre la probabilité de mortalité et la température moyenne de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture, par type de cycle biologique, pour un saumon de l'Atlantique capturé avant d'être remis à l'eau, selon un modèle linéaire généralisé à effets mixtes avec distribution binomiale (modèle 1). Les données, recueillies à partir d'études publiées en Amérique du Nord et en Europe (tableau 2), regroupent quatre types de cycle biologique (ouananiche, poisson vide, unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM] et PBM/UBM [si les deux ont été utilisés]), le poisson étant capturé avec divers types d'engin et diverses techniques afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau. Les points de données numérotés renvoient aux références d'une étude et à des renseignements supplémentaires pour chacune des études présentées dans le tableau 2. La courbe de la zone ombragée représente les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %. Les relations entre la probabilité de mortalité et les températures minimales et maximales de l'eau observées lors d'une étude, ayant servi de mesure de la température au moment de la capture et de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique, sont présentées dans les figures supplémentaires 1 et 2 respectivement. **Il est à noter que les estimations de la mortalité varient considérablement entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C; par conséquent, les prévisions relatives à des températures supérieures à cette température ou s'en approchant s'accompagnent d'une grande marge d'erreur et sont représentées par un astérisque dans le tableau. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.**

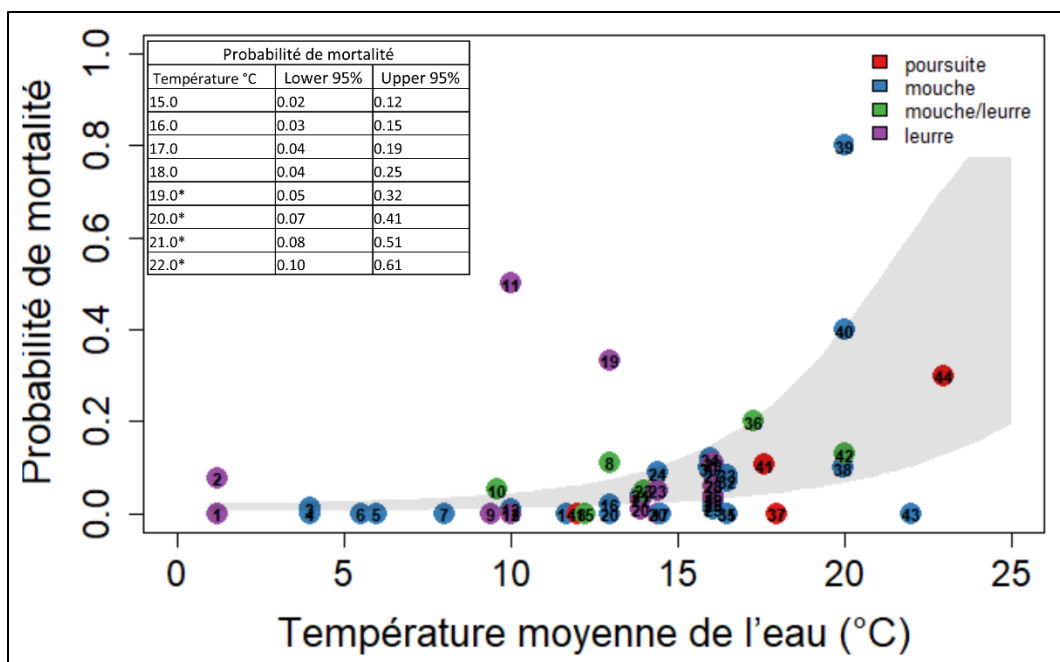


Figure 3. Relation entre la probabilité de mortalité et la température moyenne de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture, par type d'engin, pour un saumon de l'Atlantique capturé avant d'être remis à l'eau, selon un modèle linéaire généralisé à effets mixtes avec distribution binomiale (modèle 1). Les données, recueillies à partir d'études publiées en Amérique du Nord et en Europe (tableau 2), regroupent quatre types de cycle biologique (ouananiche, poisson vide, unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM] et PBM/UBM [si les deux ont été utilisés]), le poisson étant capturé avec divers types d'engin (mouche, leurres, mouche/leurre [si les deux sont utilisées] et divers protocoles et techniques (la poursuite) afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau. Les protocoles de la capture par poursuite, où le poisson est pourchassé dans une arène circulaire jusqu'à épuisement, sont parfois utilisés pour simuler la nature épuisante d'une capture de pêche à la ligne. Les points de données numérotés renvoient aux références d'une étude et à des renseignements supplémentaires pour chacune des études présentées dans le tableau 2. La courbe de la zone ombragée représente les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %. Les relations entre la probabilité de mortalité et les températures minimales et maximales de l'eau observées lors d'une étude, ayant servi de mesure de la température au moment de la capture et de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique, sont présentées dans les figures supplémentaires 1 et 2 respectivement. **Il est à noter que les estimations de la mortalité varient considérablement entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C; par conséquent, les prévisions relatives à des températures supérieures à cette température ou s'en approchant s'accompagnent d'une grande marge d'erreur et sont représentées par un astérisque dans le tableau. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.**

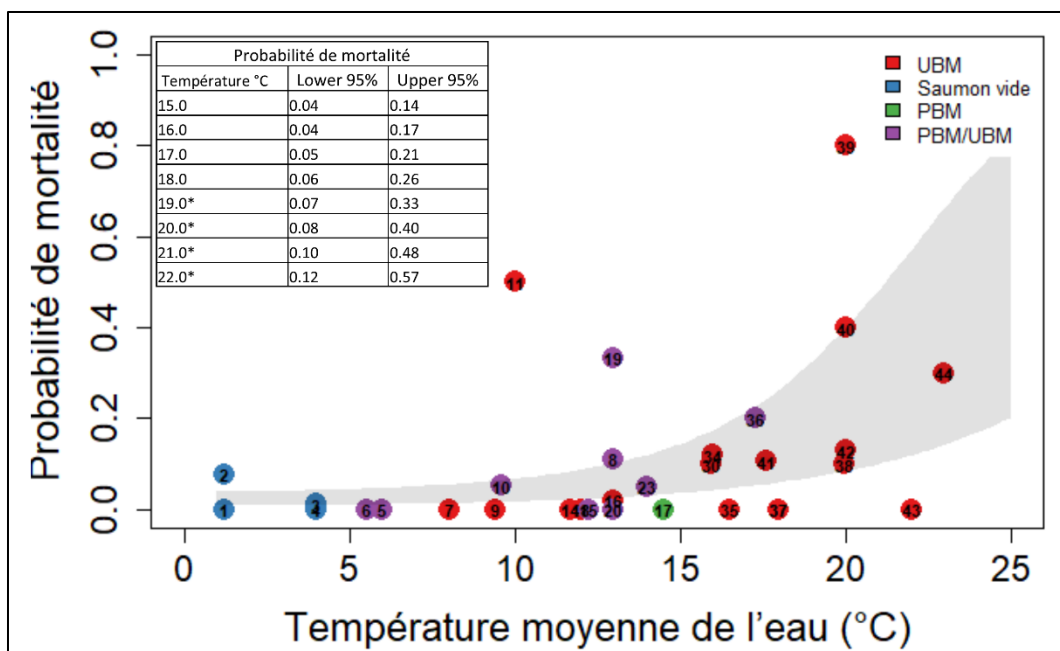


Figure 4. Relation entre la probabilité de mortalité et la température moyenne de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture, par type de cycle biologique, pour un saumon de l'Atlantique anadrome capturé avant d'être remis à l'eau, selon un modèle linéaire généralisé à effets mixtes avec distribution binomiale (modèle 2). Les données, recueillies à partir d'études publiées en Amérique du Nord et en Europe, portent uniquement sur les cycles biologiques du saumon de l'Atlantique anadrome (unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM], PBM/UBM [si les deux ont été utilisés] et poisson vide), le poisson étant capturé avec divers types d'engin et diverses techniques afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau. Les points de données numérotés renvoient aux références d'une étude et à des renseignements supplémentaires pour chacune des études présentées dans le tableau 2. La courbe de la zone ombragée représente les limites inférieure et supérieure de l'IC de 95 %. Les relations entre la probabilité de mortalité et les températures minimales et maximales de l'eau observées lors d'une étude, ayant servi de mesure de la température au moment de la capture et de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique anadrome, sont présentées dans les figures supplémentaires 3 et 4 respectivement. **Il est à noter que les estimations de la mortalité varient considérablement entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C; par conséquent, les prévisions relatives à des températures supérieures à cette température ou s'en approchant s'accompagnent d'une grande marge d'erreur et sont représentées par un astérisque dans le tableau. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.**

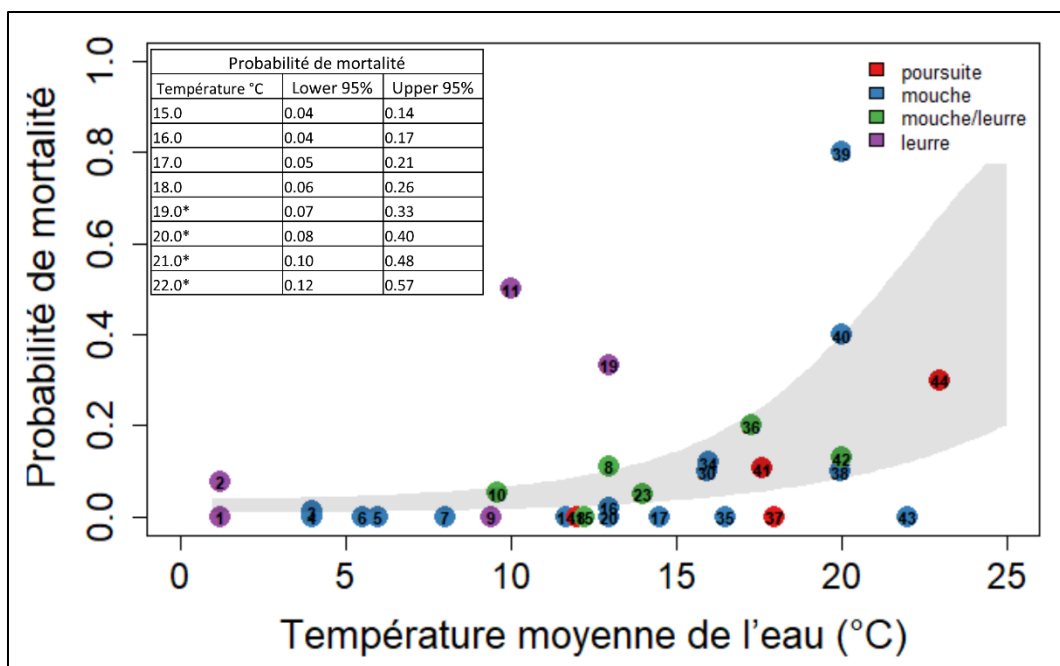


Figure 5. Relation entre la probabilité de mortalité et la température moyenne de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture, par type d'engin, pour un saumon de l'Atlantique anadrome capturé avant d'être remis à l'eau, selon un modèle linéaire généralisé à effets mixtes avec distribution binomiale (modèle 2). Les données, recueillies à partir d'études publiées en Amérique du Nord et en Europe, portent uniquement sur les cycles biologiques du saumon de l'Atlantique anadrome (unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM], PBM/UBM [si les deux ont été utilisés] et poisson vide), le poisson étant capturé avec divers types d'engin (mouche, leurres, mouche/leurres [si les deux sont utilisées] et divers protocoles et techniques (la poursuite) afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau. Les protocoles de la capture par poursuite, où le poisson est pourchassé dans une arène circulaire jusqu'à épuisement, sont parfois utilisés pour simuler la nature épuisante d'une capture de pêche à la ligne. Les points de données numérotés renvoient aux références d'une étude et à des renseignements supplémentaires pour chacune des études présentées dans le tableau 2. La courbe de la zone ombragée représente les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %. Les relations entre la probabilité de mortalité et les températures minimales et maximales de l'eau observées lors d'une étude, ayant servi de mesure de la température au moment de la capture et de la remise à l'eau du saumon de l'Atlantique anadrome, sont présentées dans les figures supplémentaires 3 et 4 respectivement. **Il est à noter que les estimations de la mortalité varient considérablement entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C; par conséquent, les prévisions relatives à des températures supérieures à cette température ou s'en approchant s'accompagnent d'une grande marge d'erreur et sont représentées par un astérisque dans le tableau. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.**

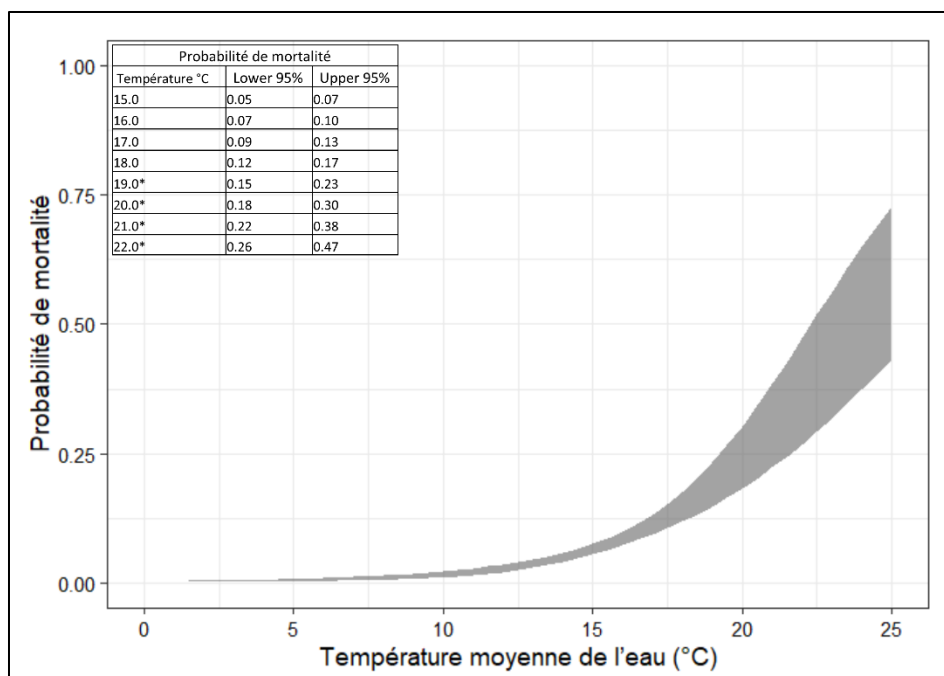


Figure 6. Relation entre la probabilité de mortalité et la température moyenne de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture, pour un saumon de l'Atlantique capturé avant d'être remis à l'eau, selon un modèle linéaire généralisé avec distribution binomiale (modèle 3). Les données, recueillies sous forme brute à partir d'études publiées (tableau 2) et non publiées (tableau 3) en Amérique du Nord et en Europe, regroupent quatre types de cycle biologique (ouananiche, poisson vide, unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM] et PBM/UBM [si les deux ont été utilisés]), le poisson étant capturé avec divers types d'engin et diverses techniques afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau ($n = 2\ 700$ individus). La courbe de la zone ombragée indique les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %. Les relations entre la probabilité de mortalité et les températures minimales et maximales de l'eau observées lors d'une étude, qui ont servi de mesure de la température au moment de la capture, sont indiquées dans la figure supplémentaire 5. **Remarque :** En raison des variations importantes entre les études, les prévisions égales ou supérieures à 19 °C ou s'en approchant devraient être interprétées en tenant compte d'une importante marge d'erreur, laquelle est représentée par un astérisque dans le tableau. Comparativement aux figures 1 et 2, des intervalles de confiance plus étroits sont attribuables à un échantillon de plus grande taille résultant de l'ajout de données brutes non publiées. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.

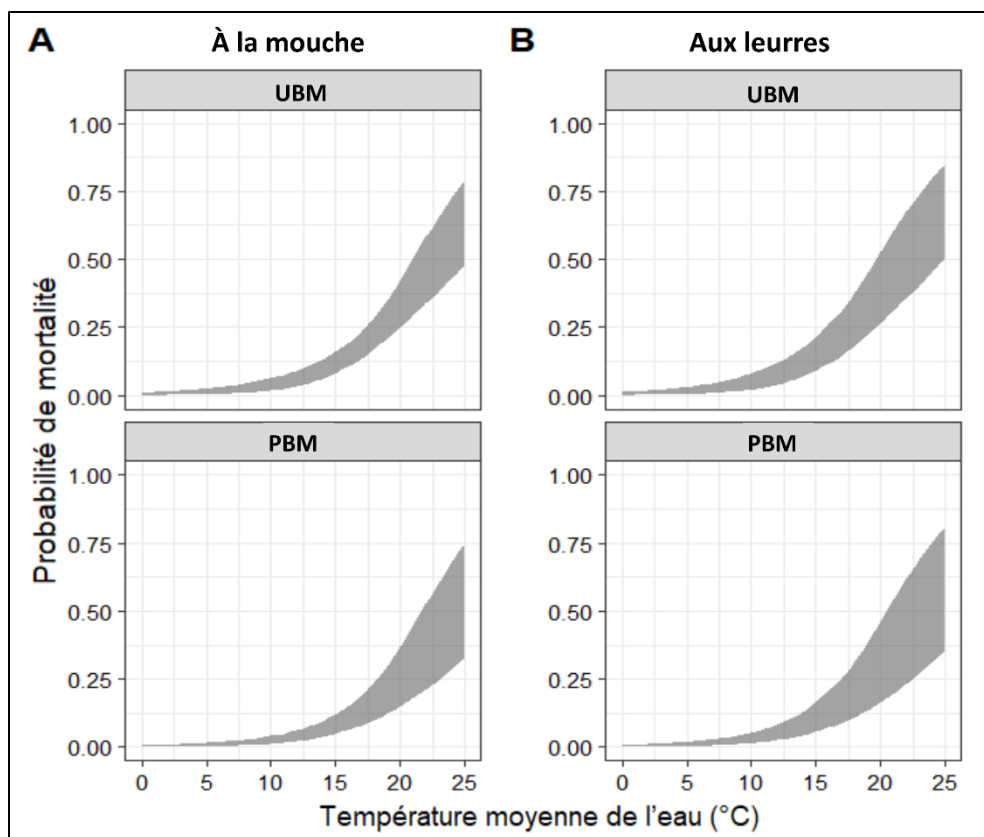


Figure 7. Relation entre la probabilité de mortalité et la température moyenne de l'eau de l'étude en tant que mesure de la température au moment de la capture, par cycle biologique et par type d'engin, pour le saumon de l'Atlantique unibermarin (UBM) ou pluribermarin (PBM) remis à l'eau après avoir été pêché à la mouche (A) ou aux leurres (B). Les données ont été recueillies à partir de données publiées (tableau 2) et non publiées (tableau 3) fournies par divers auteurs d'Amérique du Nord et d'Europe ($n = 2\ 700$ individus). Les données ont été modélisées au moyen d'un modèle linéaire généralisé s'appuyant sur une distribution binomiale dont les facteurs initiaux comprenaient la température de l'eau, le type de cycle biologique, le type d'engin, le type d'hameçon et la présence ou non d'ardillons (modèle 4; tableau 6). La courbe des zones ombragées indique les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %. Les relations entre la probabilité de mortalité et les températures minimales et maximales de l'eau observées lors d'une étude, qui ont servi de mesure de la température au moment de la capture, sont indiquées dans la figure supplémentaire 6. **Remarque :** Après la sélection du modèle le plus adéquat, les facteurs comprenaient la température de l'eau, le cycle biologique et le type d'engin, qui se sont tous avérés des prédicteurs significatifs pour déterminer la probabilité de mortalité après la remise à l'eau du poisson capturé. En raison des variations importantes entre les études, les prévisions égales ou supérieures à 19 °C ou s'en approchant devraient être interprétées en tenant compte d'une importante marge d'erreur et d'être révisées à mesure que de nouvelles données seront disponibles. Voir la discussion sur les limites du modèle et son interprétation.

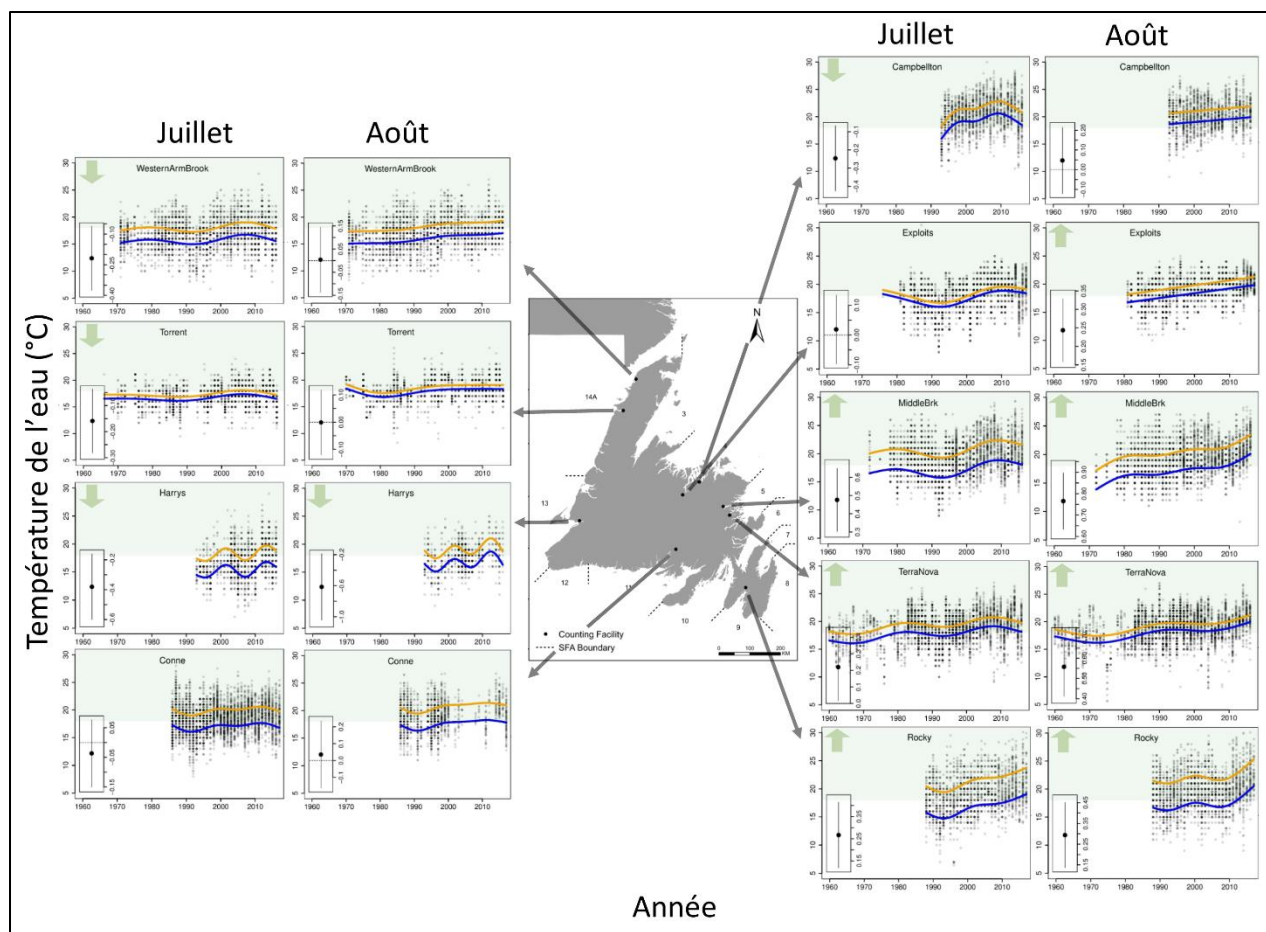


Figure 8. Relation entre l'année et la température de l'eau des rivières en juillet et en août pour neuf rivières surveillées des zones de pêche du saumon 3, 4, 5, 9, 11, 13 et 14A à Terre-Neuve, Canada. Les points de données représentent les températures de la rivière prises à 8 h et à 16 h au fil des ans. La ligne bleue représente les températures de la rivière à 8 h au fil des ans, et la ligne orange représente les températures de la rivière à 16 h au fil des ans. La zone verte ombragée représente les températures quotidiennes de la rivière supérieures à 18 °C. La fenêtre dans le coin inférieur gauche de chaque graphique fait référence aux intervalles de confiance de 95 % générés au moyen d'un modèle linéaire à effets mixtes utilisant les données depuis 2010. Les fenêtres qui contiennent des intervalles de confiance de 95 % et qui ne croisent pas le zéro représentent une tendance statistiquement significative de la température de la rivière pour les années à partir de 2010. Les flèches vertes dans le coin supérieur gauche du graphique indiquent, s'il y a lieu, la direction de toute tendance notable relative à la température de la rivière. Les résultats des analyses statistiques sont indiqués dans le document.

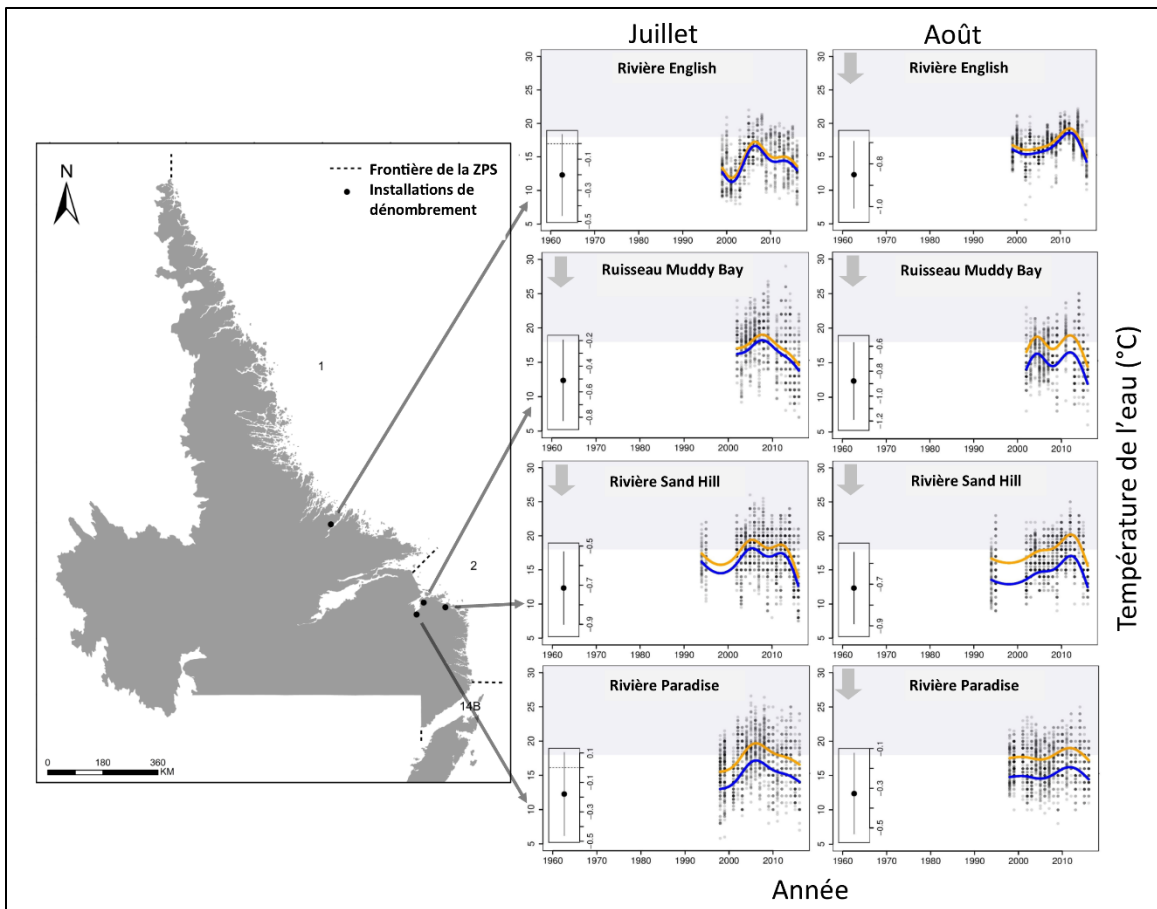


Figure 9. Relation entre l'année et la température de l'eau des rivières en juillet et en août pour quatre rivières surveillées des zones de pêche du saumon 1 et 2 au Labrador, Canada. Les points de données représentent les températures quotidiennes des rivières à 8 h et à 16 h. La ligne bleue représente les températures de la rivière à 8 h au fil des ans, et la ligne orange représente les températures de la rivière à 16 h au fil des ans. La zone ombragée représente les températures quotidiennes de la rivière supérieures à 18 °C. La fenêtre dans le coin inférieur gauche de chaque graphique fait référence aux intervalles de confiance de 95 % générés au moyen d'un modèle linéaire à effets mixtes utilisant les données depuis 2010. Les fenêtres qui contiennent des intervalles de confiance de 95 % et qui ne croisent pas le zéro représentent une tendance statistiquement significative de la température de la rivière pour les années à partir de 2010. Les flèches grises dans le coin supérieur gauche du graphique indiquent, s'il y a lieu, la direction de toute tendance notable relative à la température de la rivière. Les résultats des analyses statistiques sont indiqués dans le document.

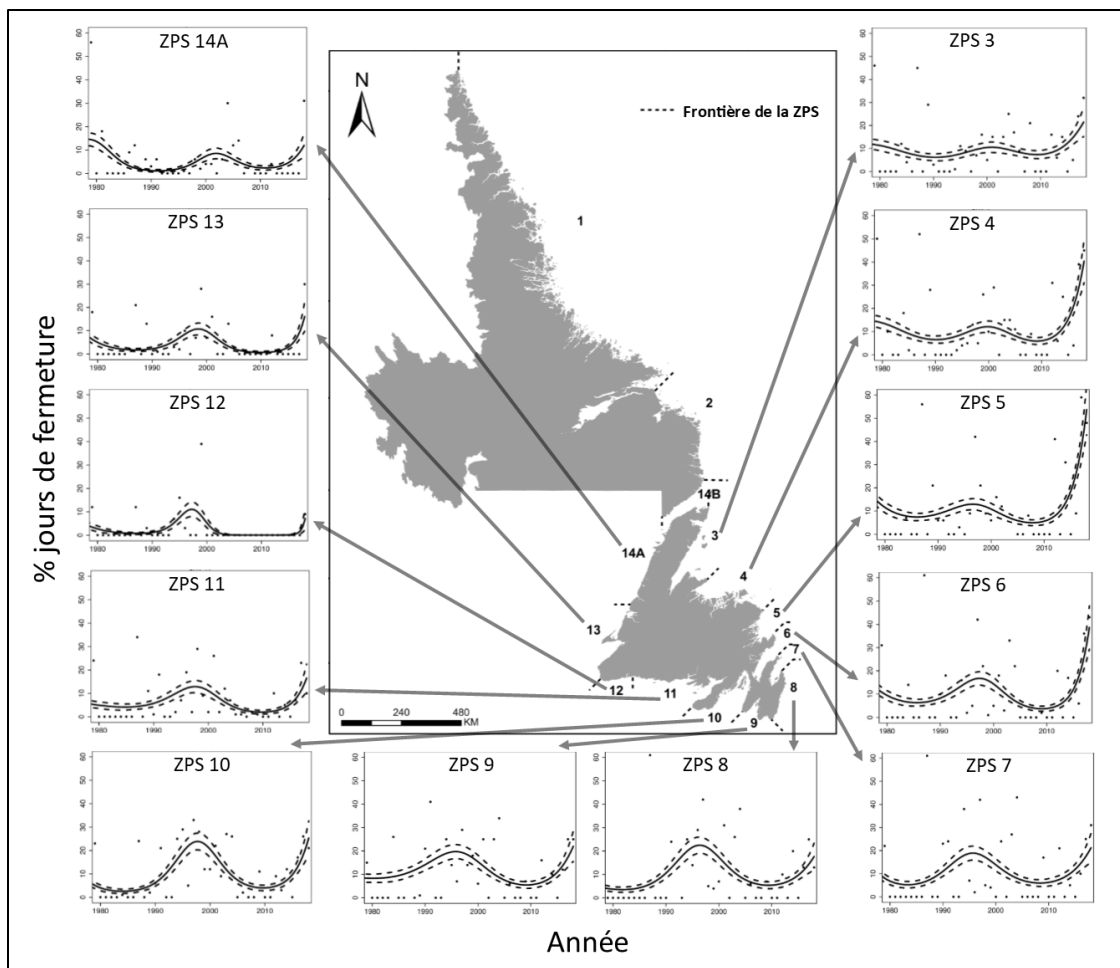


Figure 10. Relation entre les fermetures pour des raisons environnementales (pourcentage de jours de fermeture de la pêche à la ligne dans les rivières) et l'année (1975-2018) pour chaque zone de pêche du saumon à Terre-Neuve, Canada (ZPS 3-14A). La ligne noire continue représente la tendance moyenne en pourcentage de jours de fermeture au fil des ans. La ligne noire pointillée représente les intervalles de confiance de 95 % du modèle. À ce jour, nous avons noté une seule fermeture de rivière au Labrador, Canada (la rivière Shinney – ZPS 2 en 1999) pour des raisons environnementales. Les résultats des analyses statistiques sont indiqués dans le document.

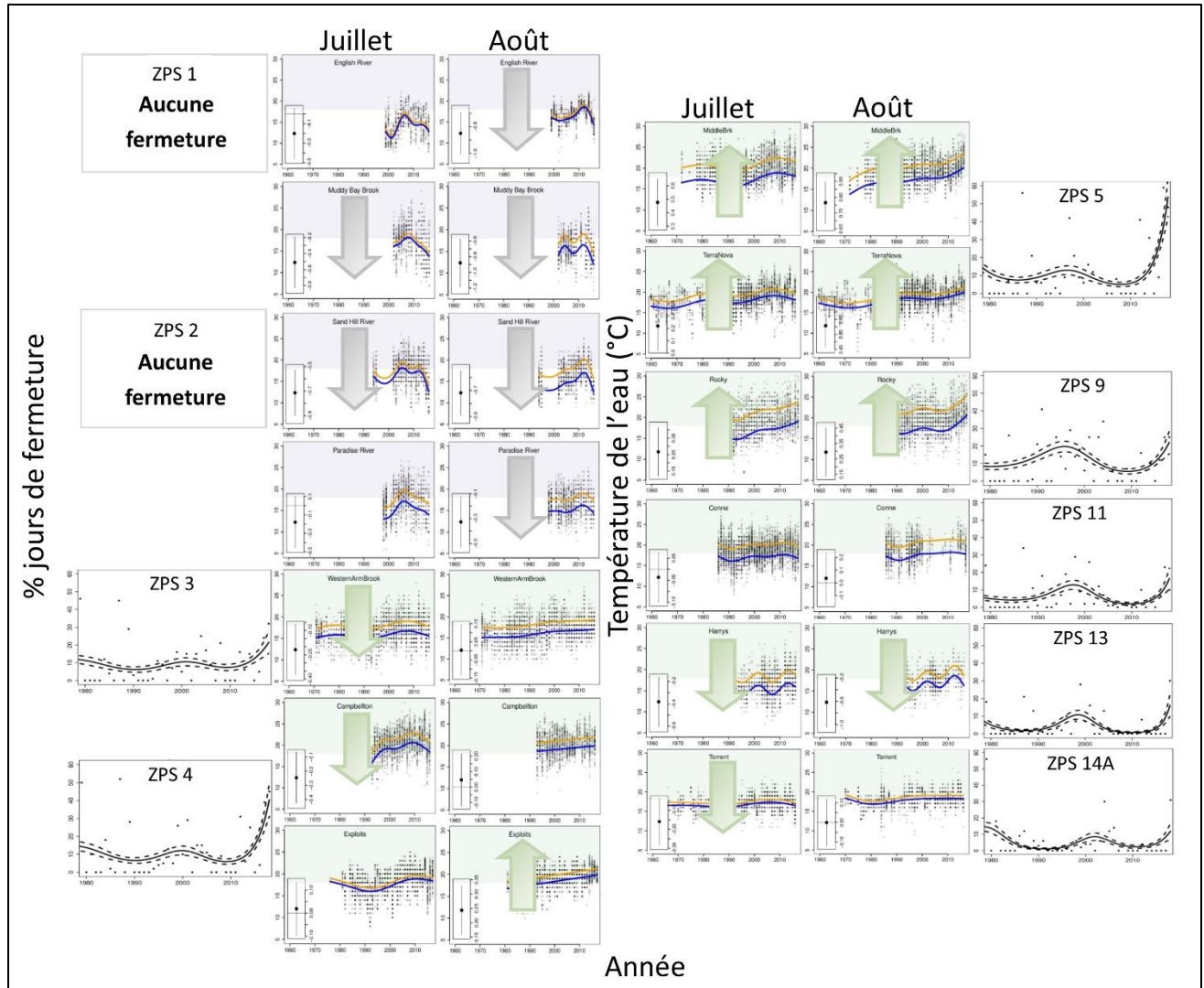


Figure 11. Températures des rivières (juillet et août) et fermetures pour des raisons environnementales (pourcentage de jours de fermeture) par année pour différentes zones de pêche au saumon (ZPS 1, 2, 3, 4, 5, 9, 11, 13 et 14A) à Terre-Neuve (graphiques avec fond vert) et au Labrador (graphiques avec fond gris), au Canada. Les flèches représentent la direction de la tendance statistiquement significative de la température de l'eau des rivières pour les années depuis 2010 générée au moyen d'un modèle linéaire à effets mixtes. Les résultats des analyses statistiques sont indiqués dans le document.

ANNEXE III : RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES

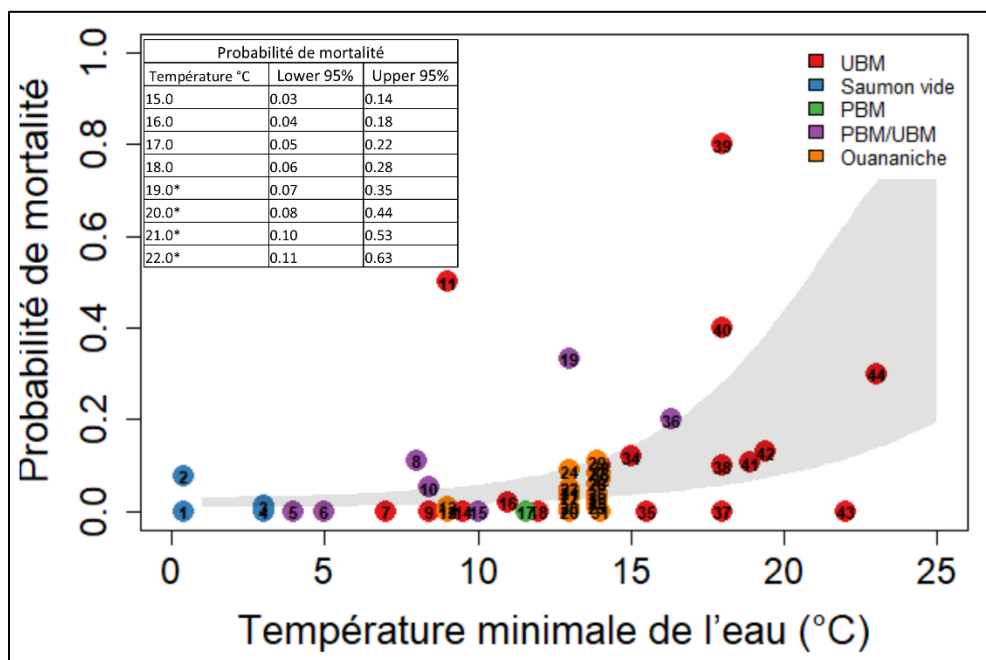


Figure supplémentaire 1. Relation entre la probabilité de mortalité et la température minimale de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture, par type de cycle biologique, pour un saumon de l'Atlantique capturé avant d'être remis à l'eau, selon un modèle linéaire généralisé à effets mixtes avec distribution binomiale. Les données, recueillies à partir d'études publiées en Amérique du Nord et en Europe (tableau 2), regroupent quatre types de cycle biologique (ouananiche, poisson vide, unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM] et PBM/UBM [si les deux ont été utilisés]), le poisson étant capturé avec divers types d'engin et diverses techniques afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau. Les points de données numérotés renvoient aux références d'une étude et à des renseignements supplémentaires pour chacune des études présentées dans le tableau 2. La courbe de la zone ombragée représente les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %. Il est à noter que les estimations de la mortalité varient considérablement entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C; par conséquent, les prévisions relatives à des températures supérieures à cette température ou s'en approchant s'accompagnent d'une grande marge d'erreur et sont représentées par un astérisque dans le tableau. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.

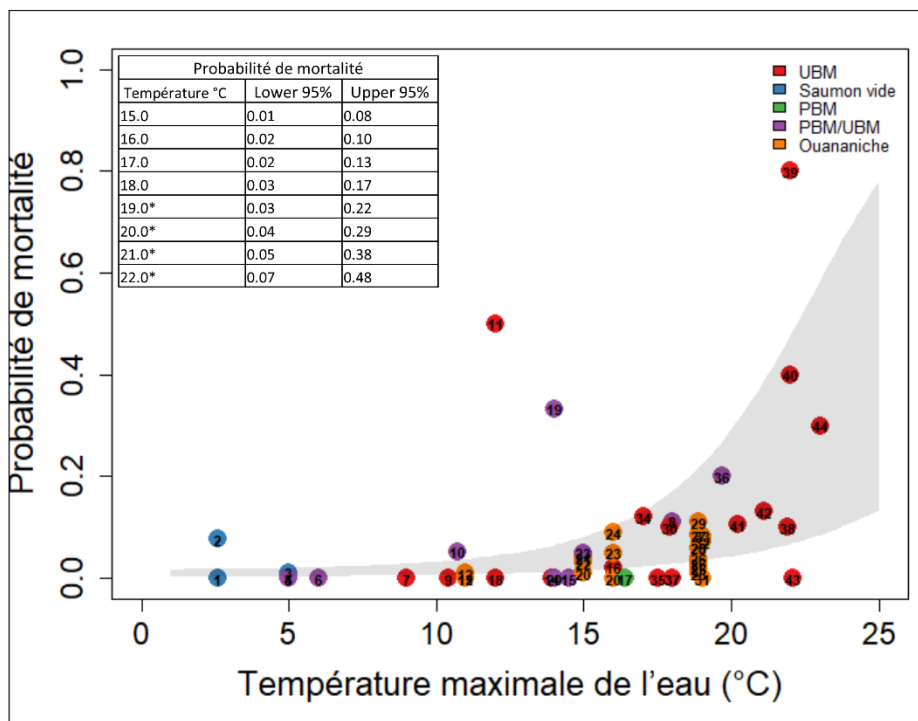


Figure supplémentaire 2. Relation entre la probabilité de mortalité et la température maximale de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture, par type de cycle biologique, pour un saumon de l'Atlantique capturé avant d'être remis à l'eau, selon un modèle linéaire généralisé à effets mixtes avec distribution binomiale. Les données, recueillies à partir d'études publiées en Amérique du Nord et en Europe (tableau 2), regroupent quatre types de cycle biologique (ouananiche, poisson vide, unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM] et PBM/UBM [si les deux ont été utilisés]), le poisson étant capturé avec divers types d'engin et diverses techniques afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau. Les points de données numérotés renvoient aux références d'une étude et à des renseignements supplémentaires pour chacune des études présentées dans le tableau 2. La courbe de la zone ombragée représente les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %. **Il est à noter que les estimations de la mortalité varient considérablement entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C; par conséquent, les prévisions relatives à des températures supérieures à cette température ou s'en approchant s'accompagnent d'une grande marge d'erreur et sont représentées par un astérisque dans le tableau. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.**

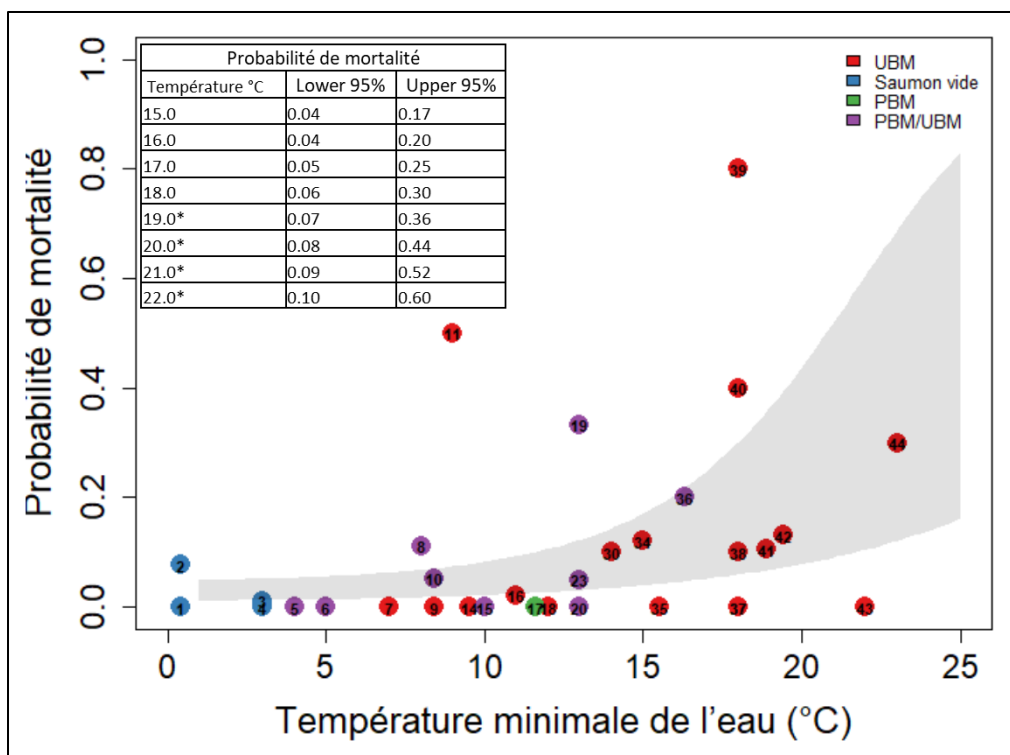


Figure supplémentaire 3. Relation entre la probabilité de mortalité et la température minimale de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture, par type de cycle biologique, pour un saumon de l'Atlantique anadrome capturé avant d'être remis à l'eau, selon un modèle linéaire généralisé à effets mixtes avec distribution binomiale. Les données, recueillies à partir d'études publiées en Amérique du Nord et en Europe, portent uniquement sur les cycles biologiques du saumon de l'Atlantique anadrome (unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM], PBM/UBM [si les deux ont été utilisés] et poisson vide), le poisson étant capturé avec divers types d'engin et diverses techniques afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau. Les points de données numérotés renvoient aux références d'une étude et à des renseignements supplémentaires pour chacune des études présentées dans le tableau 2. La courbe de la zone ombragée représente les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %. **Il est à noter que les estimations de la mortalité varient considérablement entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C; par conséquent, les prévisions relatives à des températures supérieures à cette température ou s'en approchant s'accompagnent d'une grande marge d'erreur et sont représentées par un astérisque dans le tableau. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.**

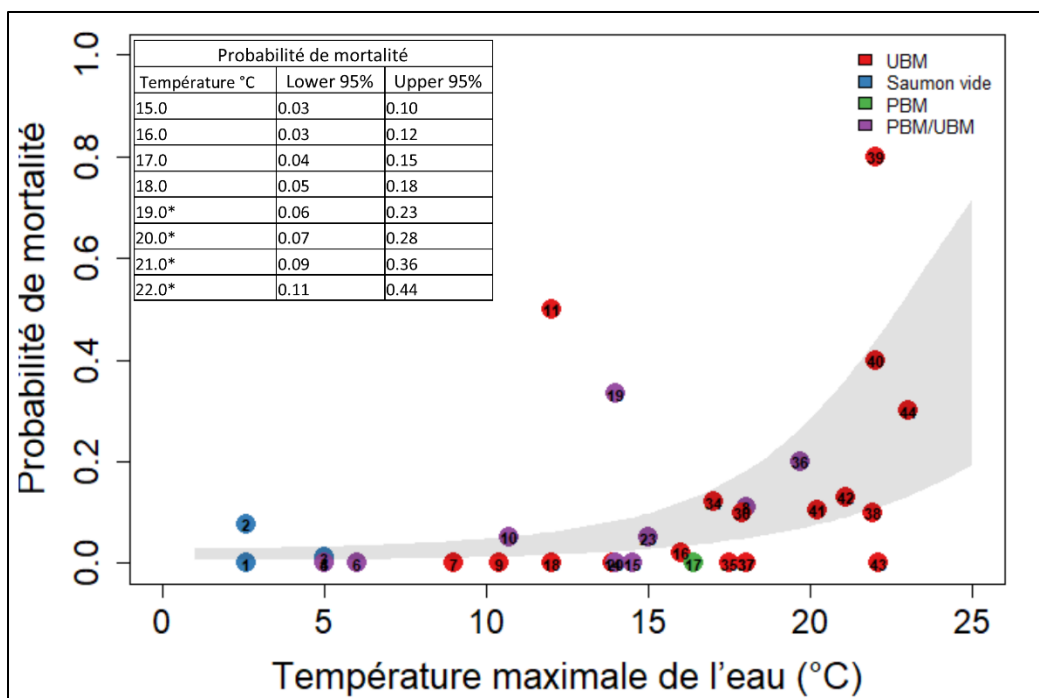


Figure supplémentaire 4. Relation entre la probabilité de mortalité et la température maximale de l'eau observée au moment de l'étude, servant de mesure de la température au moment de la capture, par type de cycle biologique, pour un saumon de l'Atlantique anadrome capturé avant d'être remis à l'eau, selon un modèle linéaire généralisé à effets mixtes avec distribution binomiale. Les données, recueillies à partir d'études publiées en Amérique du Nord et en Europe, portent uniquement sur les cycles biologiques du saumon de l'Atlantique anadrome (unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM], PBM/UBM [si les deux ont été utilisés] et poisson vide), le poisson étant capturé avec divers types d'engin et diverses techniques afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau. Les points de données numérotés renvoient aux références d'une étude et à des renseignements supplémentaires pour chacune des études présentées dans le tableau 2. La courbe de la zone ombragée représente les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 %. **Il est à noter que les estimations de la mortalité varient considérablement entre les études à des températures égales ou supérieures à 19 °C; par conséquent, les prévisions relatives à des températures supérieures à cette température ou s'en approchant s'accompagnent d'une grande marge d'erreur et sont représentées par un astérisque dans le tableau. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.**

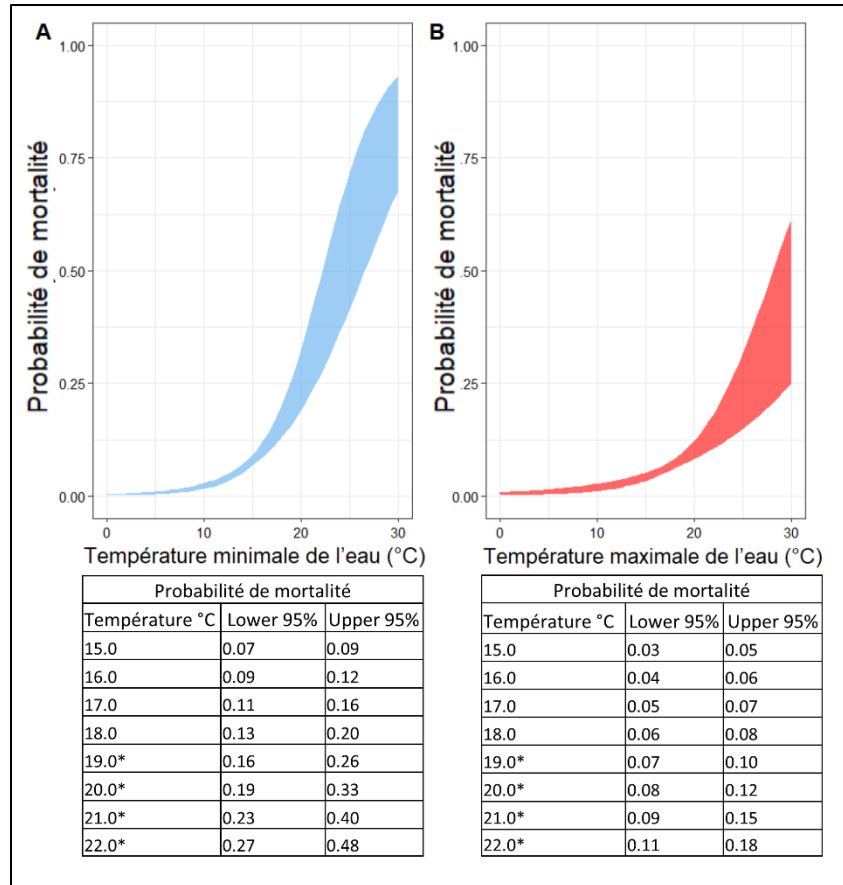


Figure supplémentaire 5. Relation entre la probabilité de mortalité et la température minimale (A) et maximale (B) de l'eau pour un saumon de l'Atlantique remis à l'eau après avoir été capturé, selon modèle linéaire généralisé avec distribution binomiale et la température minimale et maximale de l'eau prise séparément comme facteur unique. Les données, recueillies sous forme brute à partir d'études publiées (tableau 1) et non publiées (tableau 2) en Amérique du Nord et en Europe, regroupent quatre types de cycle biologique (ouananiche, poisson vide, unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM] et PBM/UBM [si les deux ont été utilisés]), le poisson étant capturé avec divers types d'engin et diverses techniques afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau ($n = 2\ 700$ individus). Les courbes des zones ombragées bleues et rouges représentent les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % pour les températures d'eau minimale et maximale, respectivement. **Remarque :** En raison des variations importantes entre les études, les prévisions égales ou supérieures à 19 °C ou s'en approchant devraient être interprétées en tenant compte d'une importante marge d'erreur, laquelle est représentée par un astérisque dans le tableau. Comparativement aux figures 1 et 2, des intervalles de confiance plus étroits sont attribuables à un échantillon de plus grande taille résultant de l'ajout de données brutes non publiées. Les modèles devraient être révisés à mesure que de nouvelles données seront disponibles.

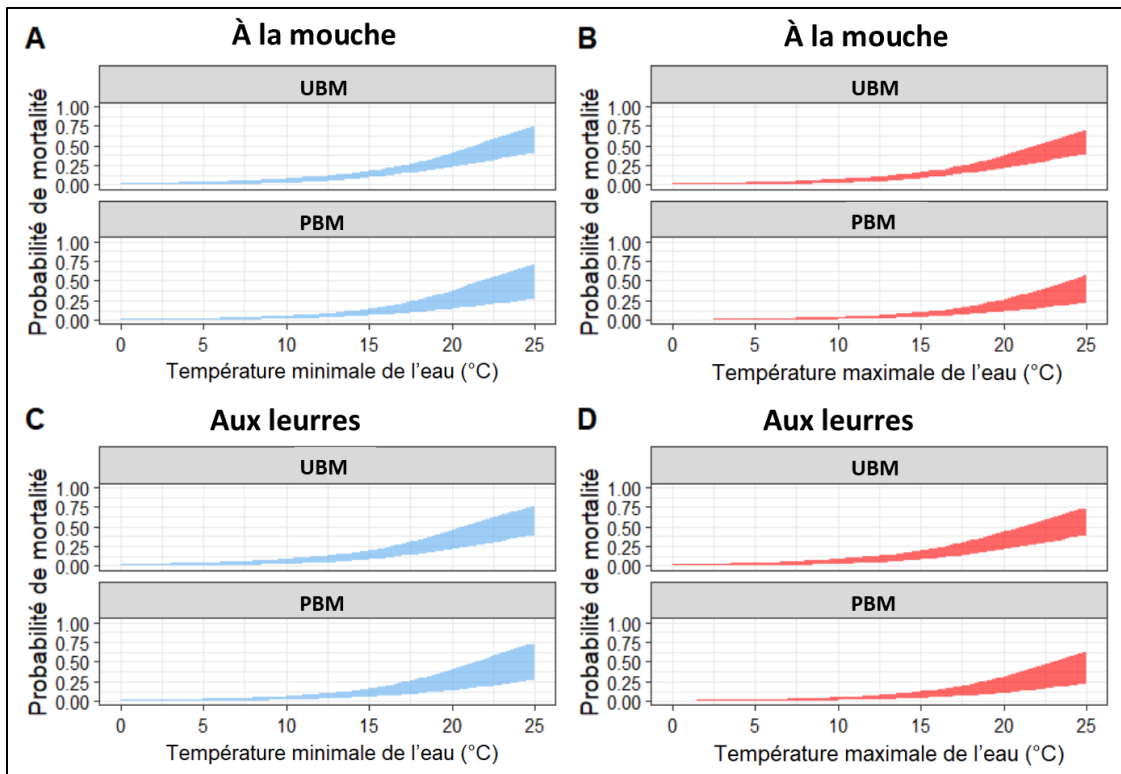


Figure supplémentaire 6. Relation entre la probabilité de mortalité et la température minimale (A, C) et maximale (B, D) de l'eau comme mesure de la température au moment de la capture, par cycle biologique et par type d'engin, pour le saumon de l'Atlantique unibermarin (UBM) ou pluribermarin (PBM) remis à l'eau après avoir été pêché à la mouche (A, B) ou aux leurres (C, D). Les données, recueillies à partir de données publiées (tableau 2) et non publiées (tableau 3) fournies par divers auteurs d'Amérique du Nord et d'Europe ($n = 2\ 700$ individus), ont été modélisées au moyen d'un modèle linéaire généralisé avec distribution binomiale. Les facteurs des modèles comprenaient initialement la température de l'eau, le type de cycle biologique, le type d'engin, le type d'hameçon et la présence ou non d'ardillons (tableau 4). Les courbes des zones ombragées bleues et rouges représentent, respectivement, les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % pour les températures d'eau minimale et maximale enregistrées dans le cadre de chaque étude, utilisées comme mesure unique de la température de l'eau au moment de la capture. Alors que la limite inférieure de l'intervalle de confiance de 95 % pourrait refléter les événements de pêche à la ligne se conformant aux pratiques exemplaires (p. ex. hameçonnage peu profond, capture et manipulation rapide du poisson), les estimations correspondant à la limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % refléteraient plutôt de mauvaises pratiques de pêche à la ligne, essentiellement le « pire scénario » (p. ex. hameçon logé profondément, poisson rejeté sur la rive, utilisation de gants de pêche, exposition à l'air pour la prise de photos ou manipulation maladroite). **Remarque :** Après la sélection du modèle le plus adéquat, les facteurs comprenaient la température de l'eau, le type de cycle biologique et le type d'engin, qui se sont tous avérés des prédicteurs significatifs de la probabilité de mortalité après la remise à l'eau du poisson capturé. En raison des variations importantes entre les études, les prévisions égales ou supérieures à 19 °C ou s'en approchant devraient être interprétées en tenant compte d'une importante marge d'erreur et d'être révisées à mesure que de nouvelles données seront disponibles. Voir la discussion sur les limites du modèle et son interprétation.

Tableau supplémentaire 1. Probabilité de mortalité et températures minimale et maximale de l'eau enregistrées dans le cadre de chaque étude, en tant que mesure unique de la température de l'eau au moment de la capture, par cycle biologique et par type d'engin, pour le saumon de l'Atlantique unibermarin (UBM) ou pluribermarin (PBM) remis à l'eau après avoir été pêché à la mouche ou aux leurres (n=2 700 individus). Les données ont été recueillies à partir de données publiées (tableau 2) et non publiées (tableau 3) fournies par divers auteurs d'Amérique du Nord et d'Europe. Les prévisions sont tirées du tableau 6 et de la figure 7, qui utilisent un modèle linéaire généralisé s'appuyant sur une distribution binomiale dont les facteurs sont la température de l'eau, le type de cycle biologique, le type d'engin, le type d'hameçon et la présence ou non d'ardillons. Alors que la limite inférieure de l'IC de 95 % pourrait refléter les événements de pêche à la ligne se conformant aux pratiques exemplaires (p. ex. hameçonnage peu profond, capture et manipulation rapide du poisson), les estimations correspondant à la limite supérieure de l'IC de 95 % refléteraient plutôt de mauvaises pratiques de pêche à la ligne, essentiellement le « pire scénario » (p. ex. hameçon logé profondément, poisson rejeté sur la rive, utilisation de gants de pêche, exposition à l'air pour la prise de photos ou manipulation maladroite). **Remarque : après sélection du modèle le plus adéquat, les facteurs comprenaient la température de l'eau, le type de cycle biologique et le type d'engin, qui se sont tous avérés des prédicteurs significatifs de la probabilité de mortalité après la remise à l'eau du poisson capturé. En raison des variations importantes entre les études, les prévisions égales ou supérieures à 19 °C ou s'en approchant devraient être interprétées en tenant compte d'une importante marge d'erreur – représentée dans le présent tableau par un astérisque – et devraient être révisées à mesure que de nouvelles données seront disponibles. *Voir la discussion sur les limites du modèle et son interprétation.**

Temp. de l'eau (°C)	Cycle biologique	Température minimale de l'eau (°C)				Température maximale de l'eau (°C)			
		Leurre		Mouche		Leurre		Mouche	
		Limite inférieure IC de 95 %	Limite supérieure IC de 95 %	Limite inférieure IC de 95 %	Limite supérieure IC de 95 %	Limite inférieure IC de 95 %	Limite supérieure IC de 95 %	Limite inférieure IC de 95 %	Limite supérieure IC de 95 %
15,0	UBM	0,09	0,21	0,10	0,18	0,08	0,20	0,09	0,16
16,0	UBM	0,11	0,24	0,12	0,21	0,10	0,24	0,11	0,19
17,0	UBM	0,13	0,29	0,15	0,25	0,13	0,28	0,13	0,23
18,0	UBM	0,16	0,34	0,18	0,30	0,15	0,33	0,16	0,27
19,0*	UBM	0,19	0,39	0,21	0,35	0,18	0,38	0,19	0,32
20,0*	UBM	0,22	0,45	0,24	0,41	0,21	0,44	0,22	0,38
21,0*	UBM	0,25	0,52	0,27	0,48	0,24	0,50	0,25	0,44
22,0*	UBM	0,29	0,59	0,30	0,55	0,28	0,56	0,29	0,50
15,0	PBM	0,06	0,17	0,06	0,15	0,04	0,13	0,04	0,10
16,0	PBM	0,07	0,20	0,08	0,18	0,05	0,15	0,05	0,13
17,0	PBM	0,08	0,24	0,09	0,22	0,06	0,18	0,06	0,15
18,0	PBM	0,10	0,29	0,11	0,27	0,08	0,22	0,08	0,18
19,0*	PBM	0,12	0,35	0,13	0,32	0,09	0,26	0,09	0,22
20,0*	PBM	0,14	0,41	0,15	0,38	0,11	0,32	0,11	0,27
21,0*	PBM	0,16	0,48	0,17	0,45	0,13	0,37	0,13	0,32
22,0*	PBM	0,19	0,55	0,20	0,52	0,15	0,43	0,15	0,38

Tableau supplémentaire 2. Analyse de sensibilité indiquant de quelle façon le fait d'inclure (oui) ou d'exclure (non) les données de l'étude d'Anderson et al. (1998) ou le poisson grièvement blessé (un facteur ne faisant pas partie des études précédemment publiées) influe sur la probabilité de mortalité d'un saumon de l'Atlantique remis à l'eau après sa capture. Les modèles 1 et 2 ont utilisé un modèle linéaire généralisé à effets mixtes avec distribution binomiale. Les données ont été recueillies à partir d'études publiées en Amérique du Nord et en Europe (tableau 2). Le modèle 1 incluait quatre types de cycle biologique (ouananiche, poisson vide, unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM], PBM/UBM [si les deux ont été utilisés]), tandis que le modèle 2 incluait uniquement les cycles biologiques du saumon de l'Atlantique anadrome (UBM, PMB, poisson vide, PBM/UBM [si les deux ont été utilisés]) pêché avec divers types d'engin et selon diverses techniques afin d'évaluer le devenir du poisson après sa remise à l'eau. Les modèles 3 et 4 ont utilisé un modèle linéaire généralisé avec distribution binomiale. Les données, recueillies sous forme brute à partir d'études publiées (tableau 1) et non publiées (tableau 2) en Amérique du Nord et en Europe, regroupent quatre types de cycle biologique (ouananiche, poisson vide, unibermarin [UBM], pluribermarin [PBM] et PBM/UBM [si les deux ont été utilisés]), le poisson étant capturé avec divers types d'engin et diverses techniques afin d'en évaluer le devenir après sa remise à l'eau ($n = 2\ 700$ individus). Le modèle 3 incluait uniquement la température de l'eau, tandis que les facteurs du modèle 4 incluaient la température de l'eau, le type de cycle biologique, le type d'engin, le type d'hameçon et la présence ou non d'ardillons. Tous les modèles ont utilisé la température moyenne de l'eau enregistrée en tant que mesure unique de la température de l'eau au moment de la capture. Alors que la limite inférieure de l'intervalle de confiance de 95 % pourrait refléter les événements de pêche à la ligne se conformant aux pratiques exemplaires (p. ex. hameçonnage peu profond, capture et manipulation rapide du poisson), les estimations correspondant à la limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95 % refléteraient plutôt de mauvaises pratiques de pêche à la ligne, essentiellement le « pire scénario » (p. ex. hameçon logé profondément, poisson rejeté sur la rive, utilisation de gants de pêche, exposition à l'air pour la prise de photos ou manipulation maladroite).

Probabilité de mortalité (limite inférieure – limite supérieure de l'IC de 95 %)				
Temp. (°C)	oui/oui	non/oui	oui/non	non/non
Modèle 1				
15	0,02-0,12	0,02-0,11	0,02-0,07	0,02-0,08
16	0,03-0,15	0,03-0,14	0,03-0,10	0,03-0,10
17	0,04-0,19	0,03-0,18	0,03-0,10	0,03-0,12
18	0,04-0,25	0,04-0,22	0,04-0,17	0,04-0,16
19	0,05-0,32	0,05-0,28	0,06-0,23	0,05-0,22
20	0,07-0,41	0,06-0,36	0,07-0,31	0,06-0,28
21	0,08-0,51	0,07-0,45	0,09-0,40	0,07-0,37
22	0,10-0,61	0,08-0,54	0,11-0,51	0,09-0,47
Modèle 2				
15	0,04-0,14	0,03-0,14	0,02-0,13	0,03-0,11
16	0,04-0,17	0,04-0,17	0,03-0,16	0,03-0,13
17	0,05-0,21	0,04-0,21	0,03-0,21	0,04-0,17
18	0,06-0,26	0,05-0,25	0,04-0,26	0,04-0,20
19	0,07-0,33	0,06-0,31	0,05-0,34	0,05-0,25
20	0,08-0,40	0,07-0,37	0,06-0,43	0,06-0,32
21	0,10-0,48	0,08-0,45	0,07-0,53	0,07-0,39
22	0,12-0,57	0,09-0,53	0,09-0,63	0,08-0,47
Modèle 3				
15	0,05-0,07	0,05-0,07	0,05-0,07	0,05-0,06
16	0,07-0,10	0,07-0,10	0,07-0,09	0,06-0,09
17	0,09-0,13	0,09-0,13	0,09-0,12	0,08-0,12
18	0,12-0,17	0,11-0,17	0,11-0,16	0,10-0,16
19	0,15-0,23	0,14-0,22	0,13-0,22	0,13-0,21
20	0,18-0,30	0,17-0,29	0,16-0,28	0,15-0,27
21	0,22-0,38	0,20-0,36	0,20-0,36	0,18-0,34
22	0,26-0,47	0,24-0,44	0,24-0,44	0,22-0,42

Tableau supplémentaire 2 (suite).

Modèle 4																
Temp. (°C)	oui/oui				non/oui				oui/non				non/non			
-	UBM/mouche	PBM/mouche	UBM/leurre	PBM/leurre	UBM/mouche	PBM/mouche	UBM/leurre	PBM/leurre	UBM/mouche	PBM/mouche	UBM/leurre	PBM/leurre	UBM/mouche	PBM/mouche	UBM/leurre	PBM/leurre
15	0,08-0,16	0,05-0,12	0,09-0,21	0,06-0,16	0,08-0,15	0,05-0,12	0,09-0,21	0,06-0,16	0,08-0,16	0,04-0,11	0,09-0,21	0,05-0,14	0,07-0,15	0,04-0,11	0,08-0,20	0,05-0,14
16	0,11-0,19	0,06-0,15	0,12-0,26	0,07-0,20	0,10-0,18	0,10-0,18	0,11-0,25	0,07-0,20	0,10-0,19	0,05-0,13	0,11-0,26	0,06-0,18	0,10-0,18	0,05-0,13	0,11-0,25	0,06-0,18
17	0,14-0,24	0,08-0,19	0,15-0,31	0,09-0,25	0,13-0,22	0,13-0,22	0,14-0,30	0,09-0,25	0,14-0,24	0,07-0,17	0,15-0,32	0,08-0,23	0,13-0,22	0,07-0,17	0,14-0,30	0,07-0,23
18	0,17-0,29	0,10-0,24	0,18-0,38	0,11-0,32	0,16-0,27	0,16-0,27	0,17-0,36	0,11-0,31	0,17-0,29	0,09-0,22	0,18-0,38	0,09-0,29	0,16-0,28	0,08-0,22	0,17-0,37	0,09-0,29
19	0,21-0,35	0,12-0,30	0,22-0,45	0,14-0,38	0,19-0,33	0,19-0,33	0,21-0,43	0,13-0,38	0,21-0,36	0,11-0,28	0,22-0,46	0,12-0,36	0,20-0,34	0,10-0,27	0,21-0,44	0,12-0,36
20	0,25-0,42	0,15-0,37	0,26-0,52	0,16-0,46	0,23-0,40	0,23-0,40	0,24-0,50	0,16-0,45	0,26-0,43	0,13-0,35	0,27-0,54	0,15-0,44	0,24-0,41	0,13-0,34	0,25-0,52	0,14-0,43
21	0,29-0,50	0,18-0,44	0,31-0,60	0,20-0,54	0,27-0,47	0,27-0,47	0,28-0,58	0,19-0,53	0,30-0,52	0,16-0,43	0,32-0,62	0,18-0,52	0,28-0,49	0,15-0,42	0,30-0,60	0,17-0,51
22	0,34-0,58	0,21-0,52	0,36-0,67	0,23-0,62	0,31-0,55	0,31-0,55	0,33-0,65	0,22-0,61	0,35-0,60	0,20-0,52	0,37-0,69	0,21-0,61	0,33-0,58	0,19-0,50	0,30-0,67	0,20-0,60