



ÉVALUATION NATIONALE SOMMAIRE DES RISQUES (ESR) DU POISSON ROUGE, DE LA CARPE PRUSSIENNE, DU BROCHET MAILLÉ ET DE LA MARIGANE NOIRE AU CANADA



Figure 1. A) Poisson rouge (photo : R.P. Jacobs et E.B. O'Donnell); B) carpe prussienne (photo : George Chernilevsky); C) brochet maillé (photo : Conservation Commission of Missouri); D) marigane noire (photo : R.P. Jacobs et E.B. O'Donnell).



Figure 2. Écorégions d'eau douce au Canada (Abell et al. 2008).

CONTEXTE

Les espèces aquatiques envahissantes (EAE) sont des espèces introduites ou qui se propagent au-delà de leur aire de répartition naturelle et qui constituent une menace pour la biodiversité en eau douce, l'économie et la société. Récemment, quatre poissons ont été jugés préoccupants pour les eaux douces canadiennes : le poisson rouge (*Carassius auratus*), la carpe prussienne (*Carassius gibelio*), la marigane noire (*Pomoxis nigromaculatus*) et le brochet maillé (*Esox niger*). À l'aide d'une adaptation de l'Outil canadien d'évaluation sommaire pour les espèces marines envahissantes (CMIST), une évaluation sommaire des risques (ESR) était réalisée pour estimer le niveau de risque d'invasion (élévé, modéré ou faible) associé à ces quatre espèces dans les écorégions d'eau douce du Canada. Les ESR aident les décideurs à déterminer les espèces qui constituent des menaces importantes pour les espèces et les écosystèmes indigènes, et facilitent l'élaboration de politiques et de procédures de gestion dans le but de prévenir ou d'atténuer les répercussions d'invasions biologiques. En outre, elles permettent de classer par ordre de priorité les espèces et les zones qui pourraient devoir faire l'objet d'une évaluation détaillée des risques (EDR) et de cerner les lacunes dans les connaissances qui nécessitent d'autres recherches. Les résultats de cette évaluation aideront à établir l'ordre de priorité des efforts et des ressources pour contrôler et atténuer la propagation, orienteront les activités d'éducation et de sensibilisation du public, et éclaireront les ESR socioéconomiques des quatre poissons évalués. Les recommandations découlant de cet avis

scientifique pourraient servir à orienter la gestion et les politiques concernant l'atténuation des invasions de poissons d'eau douce au Canada.

Le présent avis scientifique découle de la réunion sur les avis scientifiques national(e) qui s'est tenue du 27 au 29 mars et du 29 au 30 mai 2023 en vue d'élaborer un avis scientifique sur l'évaluation du risque de niveau de dépistage (AIS) pour le brochet maillé (*Esox niger*), le poisson rouge (*Carassius auratus*), la carpe prussienne (*Carassius gibelio*) et la marigane noire (*Pomoxis nigromaculatus*). Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

SOMMAIRE

- Une évaluation sommaire des risques (ESR) a été effectuée pour quatre espèces de poissons d'eau douce : le poisson rouge (*Carassius auratus*), la carpe prussienne (*Carassius gibelio*), le brochet maillé (*Esox niger*) et la marigane noire (*Pomoxis nigromaculatus*), dans 21 écorégions canadiennes d'eau douce à l'aide d'une adaptation de l'outil canadien d'évaluation sommaire des risques relatifs aux espèces envahissantes (CMIST).
- Le CMIST comprend une série de questions sur le processus d'invasion et les niveaux de certitude associés. Le risque d'invasion a été estimé comme étant la probabilité d'une invasion (le potentiel de déplacement naturel et d'origine anthropique, les habitats propices et l'établissement) multipliée par les impacts de l'invasion (conséquences multiples sur les populations aquatiques, les communautés, l'habitat et la fonction écosystémique).
- Les espèces à risque élevé étaient le poisson rouge dans la majorité des écorégions du sud, la carpe prussienne dans la majeure partie de l'Alberta, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique, et le brochet maillé en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick. La marigane noire n'a pas été identifiée comme une espèce à risque élevé.
- Un risque élevé d'invasion a été prédit pour six écorégions, situées dans cinq provinces, par deux espèces : le poisson rouge et la carpe prussienne en Colombie-Britannique, en Saskatchewan et en Alberta; ainsi que le poisson rouge et le brochet maillé en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick.
- Les écorégions du sud étaient plus à risque en raison d'une probabilité plus élevée d'invasion que les écorégions du nord. Les écorégions du sud présentaient un plus grand potentiel d'introduction résultant d'activités humaines et une plus grande probabilité de propagation secondaire.
- Les résultats représentent le *statu quo* des conditions écologiques et anthropiques. Les données sur la façon dont les changements climatiques influeront sur la probabilité et l'impact d'une invasion n'étaient pas disponibles pour éclairer cette ESR. De même, les données sur les changements prévus des introductions résultant d'activités humaines n'étaient pas disponibles.
- Parmi les lacunes importantes dans les connaissances, mentionnons la disponibilité limitée de données biologiques et de données sur l'habitat et le climat pour les régions arctiques et subarctiques, ainsi que des renseignements limités sur les conséquences d'une invasion de mariganes noires. Ces lacunes dans les connaissances ont augmenté l'incertitude quant à

la probabilité d'une invasion dans l'Arctique et aux impacts de la marigane noire, ce qui a réduit la précision des résultats sur ces risques d'invasion.

- Le risque d'invasion cartographié et les graphiques de probabilité et de risque d'invasion, produits dans cette ESR, devraient être interprétés ensemble afin de mieux comprendre la variation entre les écorégions.

INTRODUCTION

Les espèces aquatiques envahissantes (EAE) sont des espèces qui sont introduites ou qui se propagent dans des écosystèmes en dehors de leur aire de répartition naturelle et qui ont des effets négatifs nets sur la dynamique de l'écosystème, notamment des effets sur la biodiversité en eau douce (Bellard *et al.* 2016), les services écologiques (Kumschick *et al.* 2015) et la santé et le bien-être humains (Ogden *et al.* 2019; Jones 2017). Diverses voies d'invasion contribuent à la propagation continue d'espèces éloignées de leur aire de répartition indigène, plus rapidement et en plus grand nombre que par le passé, tant au Canada qu'à l'échelle mondiale (Ricciardi 2007; Seebens *et al.* 2017). Les voies d'entrée particulièrement préoccupantes pour les poissons d'eau douce sont entre autres le commerce des aliments vivants et des poissons d'aquarium (Crossman et Cudmore 1999; Chan *et al.* 2022), la pêche récréative (Drake et Mandrak 2014a; 2014b), la relâche à caractère compassionnel ou spirituel (Campbell *et al.* 2021), et la dispersion spontanée grâce à la connectivité entre les plans d'eau canadiens et ceux des États-Unis (Currie *et al.* 2012; Brown et Therriault, 2022). De plus, le déplacement et l'ensemencement illégaux d'espèces indigènes dans certaines régions du Canada ont contribué à l'expansion des aires de répartition et à l'introduction de ces espèces en dehors de leur aire de répartition naturelle, ce qui peut avoir des répercussions négatives sur les écosystèmes envahis.

Récemment, les répercussions écologiques potentielles de quatre poissons d'eau douce ont été désignées comme étant particulièrement préoccupantes au Canada : le poisson rouge (*Carassius auratus*), la carpe prussienne (*Carassius gibelio*), le brochet maillé (*Esox niger*) et la marigane noire (*Pomoxis nigromaculatus*). Ces deux dernières espèces sont indigènes dans certaines régions du Canada, tandis que le poisson rouge et la carpe prussienne sont strictement non indigènes. À l'heure actuelle, les quatre espèces comptent actuellement au moins une population non indigène établie au Canada (souvent davantage) et leur aire de répartition respective s'élargit. Actuellement, aucune de ces quatre espèces n'est inscrite au titre du *Règlement sur les espèces aquatiques envahissantes* du MPO (DORS/2015-121), et le manque de connaissances quant à leurs effets potentiels sur les écosystèmes canadiens nuit à la capacité des gestionnaires des EAE d'inscrire ces espèces et de prendre des mesures subséquentes, au besoin, comme le contrôle des populations ou la prévention de nouvelles introductions. Par conséquent, le Programme national sur les espèces aquatiques envahissantes (PNEAE) a demandé des ESR pour le poisson rouge, la carpe prussienne, la marigane noire et le brochet maillé afin de déterminer les régions à risque d'invasion et d'éclairer la prise de décisions et la priorisation de mesures de gestion visant à empêcher leur introduction et leur propagation dans les eaux canadiennes. Les ESR sont des outils utilisés pour estimer le risque d'invasion d'espèces potentiellement envahissantes, pour faciliter l'élaboration de politiques et de procédures de gestion dans certains bassins hydrographiques, zones et régions afin de prévenir ou d'atténuer les conséquences d'invasions biologiques (Copp *et al.* 2016). Grâce aux ESR, les décideurs peuvent concentrer leurs ressources limitées sur les zones où la probabilité d'une invasion est élevée et où les écosystèmes sont plus susceptibles d'être perturbé par les espèces non indigènes. En outre, les ESR aident à prioriser les espèces

et les zones qui pourraient nécessiter des évaluations des risques exhaustives (détaillées) et à déterminer les lacunes dans les connaissances là où des recherches supplémentaires sont nécessaires (Copp *et al.* 2005; Copp *et al.* 2016; Mandrak *et al.* 2012; Mandrak et Cudmore, 2015). Les objectifs du présent avis scientifique étaient les suivants :

1. effectuer une ESR pour le poisson rouge, la carpe prussienne, le brochet maillé et la marigane noire, dans les écorégions d'eau douce du Canada, en tenant compte de leur probabilité d'introduction, des répercussions écologiques potentielles et des changements du risque absolu dans un scénario climatique actuel et prévu; et
2. déterminer comment les résultats relatifs aux écorégions d'eau douce influencent les conclusions à l'échelle nationale.

Les recommandations découlant de cet avis scientifique pourraient servir à orienter la gestion et les politiques concernant l'atténuation des invasions de poissons d'eau douce au Canada.

ÉVALUATION

Outil canadien d'évaluation sommaire des risques et modifications

Une version modifiée de l'Outil canadien d'évaluation sommaire des risques relatifs aux espèces envahissantes (CMIST; DFO 2014 ; Drolet *et al.* 2016), une ESR basé sur un cote qui comprend une série de 17 questions (dont chacune est également notée pour la certitude), a été utilisée pour estimer le risque d'invasion du poisson rouge, de la carpe de prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada. Les ESR ont été réalisées selon deux scénarios de concordance climatique, un historique (1981 à 2000) et un prévoyant la pire éventualité (2081 à 2100; scénario de projection climatique à émissions élevées SSP5-8.5), pour chaque espèce de poisson dans chaque écorégion d'eau douce du Canada (21 écorégions), comme défini dans le document Abell *et al.* (2008; disponible à l'adresse <https://www.feow.org/>), qui utilise une analyse typologique d'assemblages de communautés de poissons distinctes au sein de communautés d'eau douce pour diviser les bassins hydrographiques en écorégions partout dans le monde. Comme seules les questions quatre (« quelle proportion de la région évaluée présente des conditions environnementales propices à la survie de l'espèce? ») et cinq (« la région évaluée remplit-elle les conditions particulières dont l'espèce a besoin pour sa reproduction? ») concernaient directement l'influence des changements climatiques, seules ces deux questions ont été cotées à nouveau dans le cadre du scénario climatique projeté. Par la suite, ces nouvelles cotes ont été combinées avec les autres cotes, inchangées, afin de fournir une évaluation du risque selon le scénario climatique projeté.

Les poissons n'ont pas été évalués dans leur aire de répartition indigène, qui est considérée ici comme étant l'Ontario (écorégion 116, Grands Lacs seulement) et le Québec (117) pour la marigane noire; et le Québec (117) uniquement pour le brochet maillé. Une brève description des facteurs de pointage, des directives détaillées sur la cotation et de la certitude associée pour chaque question se trouvent dans Hill *et al.* (2024). En raison du manque d'information (et de certitude) concernant les impacts socioéconomiques des espèces, la question 16 du CMIST a été exclue de cette évaluation.

Les questions du CMIST visent à évaluer de façon générale la probabilité d'une introduction (état actuel et potentiel d'introduction, de survie, d'établissement et de propagation) et les répercussions écologiques potentielles d'une EAE dans une région évaluée définie (Drolet *et al.* 2016). Pour chaque espèce de poisson dans chaque écorégion, tel qu'indiqué par l'outil CMIST

(Drolet *et al.* 2016), chaque question a reçu une cote classant la probabilité ou l'impact d'une invasion (1 = faible, 2 = modéré, 3 = élevé) et la certitude (ou le niveau de confiance) de l'évaluateur à l'égard de cette cote (1 = certitude faible, 2 = certitude modérée, 3 = certitude élevée; modifié ici de Drolet *et al.* 2016; Drolet *et al.* 2017). La certitude a été évaluée selon la confiance que l'évaluateur avait à l'égard des données utilisées pour répondre à chaque question (qualité et quantité) et ne représente pas la variabilité écologique. En général, la certitude était considérée comme élevée lorsque les données historiques et les meilleures données disponibles ont été utilisées; les experts avaient de l'expérience avec les EAE dans la région évaluée; il y avait une concordance entre les cotes des différentes variables dans une question et/ou plusieurs études publiées étaient disponibles et montraient un type d'impact particulier. On trouvera dans Hill *et al.* 2024 tous les détails sur la façon dont les cotes de probabilité et d'impact d'une invasion et les cotes de certitude ont été déterminées pour chaque question (y compris l'information sur les sources de données).

L'outil CMIST calcule une cote du CMIST (variant de 1 à 9) en multipliant la cote moyenne de probabilité d'une invasion par la cote moyenne d'impact d'une invasion, après ajustement par des intervalles de confiance à 95 % tirés des distributions de probabilité de Monte Carlo en fonction des estimations de la certitude (voir Drolet *et al.* 2016). Dans le cas de cette ESR, les cotes définitives du CMIST ont été calculées pour chaque espèce de poisson dans chaque écorégion à l'aide de la fonction CMISTScore dans le progiciel R du CMIST (Daigle 2021) à l'aide de R (version 4.1.3; R Core Team 2022). Le niveau de risque de chaque espèce de poisson dans chaque écorégion a ensuite été classé comme étant faible (F = cotes du CMIST de 1 à 3), modéré (M = cotes du CMIST de 3,1 à 6) ou élevé (E = cotes du CMIST de 6,1 à 9) selon la cote calculée. La catégorisation des cotes a été effectuée en reconnaissant que des valeurs numériques précises du risque d'une invasion (cote du CMIST de 1 à 9) sont destinées à estimer le risque à un niveau sommaire seulement et ne sont pas des évaluations détaillées des risques, qui exigent habituellement une évaluation des probabilités réelles d'introduction, de survie, d'établissement, de propagation et d'impacts. La catégorisation des cotes a permis de visualiser les risques sur un spectre, au lieu de présenter des valeurs uniques attribuées arbitrairement.

Région de la capitale nationale

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

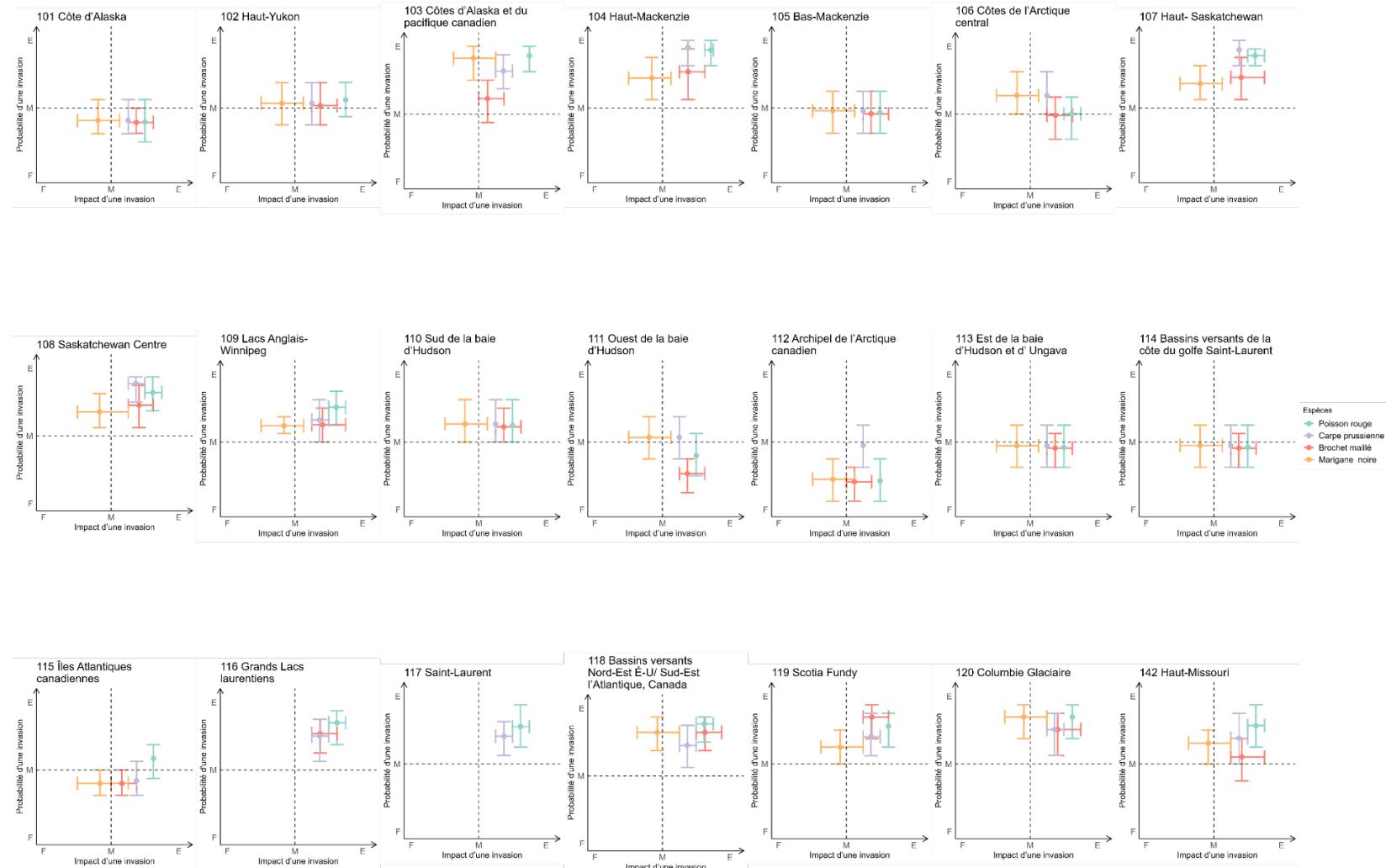


Figure 3. Cotes de probabilité et d'impact (faible [F], modéré [M] et élevé [E]) dans chaque écorégion numérotée (panneaux) pour le poisson rouge, la carpe prussienne, le brochet maillé et la marigane noire. Les intervalles de confiance à 95 % sont représentés par des barres d'erreur qui indiquent la certitude globale pour chaque axe. La certitude décrit la confiance liée à la qualité des données et non à la variation écologique.

Région de la capitale nationale

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

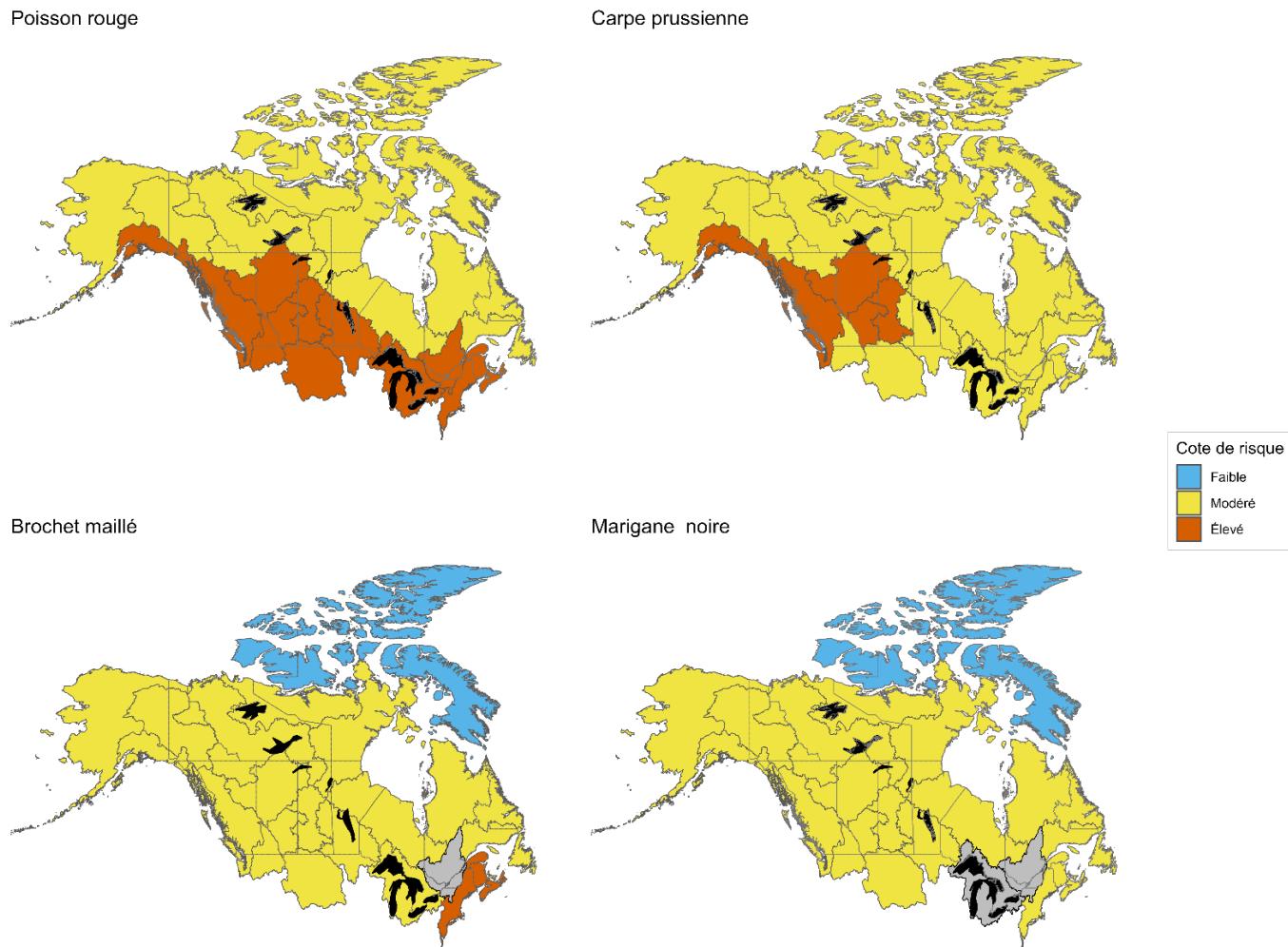


Figure 4. Carte de densité montrant les évaluations sommaires définitives du risque d'invasion pour le poisson rouge, la carpe prussienne, le brochet maillé et la marigane noire dans l'ensemble des écorégions canadiennes. Les écorégions en gris représentent l'aire de répartition indigène de l'espèce qui n'a pas été cotée.

Région de la capitale nationale

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

Tableau 1. Résumé des réponses aux questions sur la probabilité d'une invasion (questions 1 à 8) pour chaque espèce. Les écorégions qui ont obtenu une cote élevée (E) et celles qui ont obtenu une cote faible (F) sont identifiées par un nombre (référence croisée avec le tableau 1), toutes les autres écorégions ont obtenu des cotes modérées. Le nombre total d'écorégions pour chaque catégorie se trouve entre parenthèses (exemple : le poisson rouge a obtenu une cote élevée dans neuf écorégions pour la Q2). Les poissons n'étaient pas cotés dans leurs écorégions indigènes. Voir la publication Hill et al. (2025) pour obtenir plus de détails.

Questions	Poisson rouge	Carpe prussienne	Brochet maillé	Marigane noire
L'espèce est-elle établie? (Q1)	Établie dans la majorité des écorégions du sud. Oui : 103, 104, 107, 109, 115-142 (9) Non : 101, 105, 106, 110-114 (10)	Établie dans 3 écorégions. Oui : 104, 107, 108 (3) Non : Toutes les écorégions restantes (18)	Établie dans 3 écorégions et indigène dans 1 (117) Oui : 116, 118, 119 (3) Non : Toutes les écorégions restantes (17)	Établie dans 5 écorégions et indigène dans 2 (116, 117) Oui : 103, 109, 118, 120, 142 (5) Non : Toutes les écorégions restantes (14)
Arrivée et fréquence (Q2)	L'arrivée (fréquence et nombre) était élevée dans 9 écorégions et modérée dans 11, selon le risque lié au commerce de poissons d'aquarium, les activités et les remises à l'eau non autorisées, la connectivité entre les milieux d'eau douce et le risque de propagation et de dispersion. E : 103, 104, 106-108, 110, 116-118 (9) F : (0)	L'arrivée (fréquence et nombre) était élevée dans 9 écorégions et modérée dans 11, selon le risque lié au commerce de poissons d'aquarium, les activités et les remises à l'eau non autorisées, la connectivité entre les milieux d'eau douce et le risque de propagation et de dispersion. E : 103, 104, 106-108, 110, 116-118 (9) F : 115 (1)	L'arrivée (fréquence et nombre) était élevée dans 7 écorégions et modérée dans 12, selon le risque lié au commerce de poissons d'aquarium, les activités et les remises à l'eau non autorisées, la connectivité entre les milieux d'eau douce et le risque de propagation et de dispersion. E : 104, 106-108, 110, 118, 119 (7) F : 115, 142 (2)	L'arrivée (fréquence et nombre) était élevée dans 9 écorégions et modérée dans 11, selon le risque lié au commerce de poissons d'aquarium, les activités et les remises à l'eau non autorisées, la connectivité entre les milieux d'eau douce et le risque de propagation et de dispersion. E : 103, 104, 106-108, 110, 118 (7) F : 115 (1)
Habitat propice (Q3)	Grande quantité d'habitats propices dans la majorité des écorégions du sud. E : 103, 104, 107, 108, 115, 116, 118-120 (9) F : 101, 102, 105, 106, 110-114 (9)	Grande quantité d'habitats propices dans les écorégions du sud. E : 103, 104, 107, 108, 118-120 (7) F : 101, 102, 105, 106, 110-114 (9)	Quantité modérée à élevée d'habitats propices dans toutes les écorégions. E : 103, 104, 107-109, 118-120, 142 (10) F : (0)	Grande quantité d'habitats propices dans les écorégions du sud. E : 103, 104, 107, 108, 118-120 (7) F : 101, 102, 105, 106, 110-114 (9)

Région de la capitale nationale

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

Questions	Poisson rouge	Carpe prussienne	Brochet maillé	Marigane noire
Conditions environnementales propices (Q4) et besoins en matière de reproduction (Q5)	Correspondance climatique élevée pour la majorité des écorégions. E : 101-105, 107-110, 113-142 (18) F : 112 (1)	Correspondance climatique élevée pour toutes les écorégions. E : 101-142 (21) F : (0)	Correspondance climatique élevée pour la majorité des écorégions. E : 101, 102, 104, 105, 107-110, 113-116, 118-142 (16) F : 111, 112 (2)	Correspondance climatique élevée pour la majorité des écorégions. E : 101-111, 113-115, 118-142 (18) F : 112 (1)
Les agents de contrôle naturels ralentissent la croissance de la population (Q6) (Risque élevé : il est peu probable qu'ils ralentissent la croissance de la population de l'espèce envahissante Risque faible : il est probable qu'ils restreignent la croissance de la population)	Il était modérément probable que les facteurs de contrôle naturels ralentissent la croissance de la population dans la majorité des écorégions d'après la résistance à l'invasion et l'avis des experts. E : 103, 104, 119, 120, 142 (5) F : 101 (1)	Il était modérément probable que les facteurs de contrôle naturels ralentissent la croissance de la population dans la majorité des écorégions d'après la résistance à l'invasion et l'avis des experts. E : 103, 104, 107, 116, 119, 120, 142 (7) F : 101 (1)	Il était modérément probable que les facteurs de contrôle naturels ralentissent la croissance de la population dans la majorité des écorégions d'après la résistance à l'invasion et l'avis des experts. E : 103, 104, 119, 120, 142 (5) F : 101 (1)	Il était modérément probable que les facteurs de contrôle naturels ralentissent la croissance de la population dans la majorité des écorégions d'après la résistance à l'invasion et l'avis des experts. E : 103, 104, 120, 142 (4) F : 101 (1)
Dispersion naturelle potentielle d'une espèce dans la région évaluée (Q7)	Le potentiel de dispersion naturelle dans la région évaluée était élevé pour la plupart des écorégions du sud. E : 103, 104, 106-110, 116-118, 120, 142 (12) F : 101, 105, 112-115 (6)	Le potentiel de dispersion naturelle dans la région évaluée était élevé pour la plupart des écorégions du sud. E : 103, 104, 106-110, 116-142 (13) F : 101, 105, 112-115 (6)	Le potentiel de dispersion naturelle dans la région évaluée était élevé pour la plupart des écorégions du sud. E : 103, 104, 106-108, 110, 116, 118-120 (10) F : 101, 105, 112-115, 142 (7)	Le potentiel de dispersion naturelle dans la région évaluée était élevé pour la plupart des écorégions du sud. E : 103, 104, 106-108, 110, 118, 120 (8) F : 101, 105, 112-115 (6)

Région de la capitale nationale**Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada**

Questions	Poisson rouge	Carpe prussienne	Brochet maillé	Marigane noire
Dispersion potentielle de l'espèce par des mécanismes anthropiques dans la région évaluée (Q8)	La dispersion anthropique potentielle dans la région évaluée était élevée dans la plupart des écorégions du sud. E : 103, 104, 107-109, 116-142 (11) F : (0)	La dispersion anthropique potentielle dans la région évaluée était élevée dans la plupart des écorégions du sud. E : 103, 104, 107-109, 116-118, 120, 142 (10) F : 115 (1)	La dispersion anthropique potentielle dans la région évaluée était modérée dans la plupart des écorégions. E : 103, 118-120 (4) F : 115 (1)	La dispersion anthropique potentielle dans la région évaluée était faible à modérée dans la plupart des écorégions. E : 103, 118, 120 (3) F : 104, 107, 108, 115 (4)

Tableau 2. Résumé des réponses aux questions sur l'impact d'une invasion (questions 9 à 17) pour chaque espèce. Les poissons n'étaient pas cotés dans leurs écorégions indigènes. Voir la publication Hill et al. (2025) pour obtenir plus de détails.

Question	Poisson rouge	Carpe prussienne	Brochet maillé	Marigane noire
Impacts sur la croissance démographique (Q9)	Déclin de plusieurs espèces (salamandres, végétation aquatique, invertébrés, plusieurs espèces de poissons indigènes, phytoplancton).	Déclin de plusieurs espèces indigènes de poissons et d'invertébrés benthiques, de carpes qui font l'objet d'une pêche commerciale et de plancton. Déclin dû au parasitisme sexuel (reproduction par gynogenèse).	Diminution de la richesse, de la diversité et de l'abondance et de la taille des poissons. Déclin d'espèces de poissons indigènes, notamment la prévention de l'empoissonnement de saumons.	Aucun impact sur la croissance de la population rapporté dans la littérature; élimination possible de la perchaude et du doré jaune.
Impacts sur les communautés (Q10)	Modification de la dynamique de concurrence dans les communautés de poissons et de la composition des communautés de plantes aquatiques.	Modification de la composition des communautés de populations de poissons, d'invertébrés et de moules indigènes, y compris l'interférence au moyen de la reproduction par gynogenèse.	Diminution de la biodiversité des poissons, de l'abondance et de la taille des poissons dans les bassins hydrographiques, y compris la prévention de l'empoissonnement de saumons.	Modification de la structure de la communauté de poissons
Impacts sur l'habitat (Q11)	Réduction de la végétation aquatique et augmentation de la turbidité. Amplification des cyanobactéries et prolifération ultérieure d'algues.	Dégradation et modification de l'habitat, augmentation de la turbidité et création de conditions eutrophiques.	Aucune preuve.	Aucune preuve.
Impacts sur la fonction écosystémique (Q12)	Déclin de plusieurs espèces (salamandres, végétation aquatique, invertébrés, plusieurs espèces de poissons indigènes, phytoplancton).	Modification du fonctionnement et de la dynamique trophiques de l'écosystème. Déclin des frayères et de la qualité du lac, augmentation de la turbidité.	Diminution de l'abondance des poissons et des moules d'eau douce, réduction de la répartition selon la taille des poissons et de la richesse des écosystèmes.	Aucune preuve.
Impact des maladies, des parasites et des	Le syndrome ulcératif épizootique et la nécrose pancréatique infectieuse	Le virus de l'œdème de la carpe ne touche que les espèces de carpes. Aucune	Aucune maladie n'a été signalée à l'OMSA et à l'ACIA.	Le virus de la septicémie hémorragique virale touche de nombreuses

Région de la capitale nationale

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

Question	Poisson rouge	Carpe prussienne	Brochet maillé	Marigane noire
organismes associés à l'espèce (Q13)	touchent au moins une espèce indigène dans chaque écorégion. Maladies signalées à l'Organisation mondiale de la santé animale (OMSA) et à l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA).	carpe indigène dans les écorégions. Maladie signalée à l'OMSA seulement.		espèces de poissons. Il touche au moins une espèce indigène dans chaque écorégion. Maladies signalées à l'OMSA et à l'ACIA.
Impact génétique sur les espèces indigènes (Q14)	Non.	Non.	Oui. Brochet d'Amérique, indigène dans 116 (et 117). Brochet vermiculé, indigène dans 116 (et 117). Le grand brochet n'est pas indigène dans les écorégions 103, 112, 115 et 119 seulement. Le brochet maillé n'a pas été évalué dans l'écorégion 117, où il est indigène.	Non. La marigane blanche est indigène dans l'écorégion 116 La marigane noire n'a pas été évaluée dans l'écorégion 116, où elle est indigène.
Impact sur les espèces menacées ou en déclin (Q15)	Mené de lac et sucret de lac	Aucune preuve.	Lampsile jaune et éperlan arc-en-ciel.	Sucet de lac (mais seulement dans 116, il n'a donc pas été coté) et méné d'argent de l'ouest.
Envahissante dans d'autres parties du monde? (Q17)	Dans de nombreux pays.	En Europe.	Aux États-Unis.	Aux États-Unis, au Mexique et au Panama.

Niveaux de risque d'invasion

Le poisson rouge et la carpe prussienne

Le risque élevé posé par le poisson rouge dans les écorégions du sud du Canada (figures 1 et 2) reflète son établissement actuel parce qu'il augmente la fréquence prévue des événements d'introduction secondaire et le nombre d'individus qui devraient arriver à chacun de ces événements (c.-à-d. la pression de propagule) dans les écorégions actuelles et adjacentes. Comparativement, la carpe prussienne présente un risque élevé en Alberta, en Saskatchewan et en Colombie-Britannique, ce qui reflète en partie les populations albertaines bien établies découlant des introductions au début des années 2000, et de leur propagation subséquente dans les bassins hydrographiques reliant l'Alberta et la Saskatchewan (Elgin *et al.* 2014; Docherty *et al.* 2017; Ruppert *et al.* 2017; Hamilton 2021). La confusion taxinomique a compliqué la compréhension de l'historique des invasions de poissons rouges et de carpes prussiennes, car le carpe prussienne s'hybride régulièrement avec d'autres espèces de carpes (Vetemaa *et al.* 2005; Rylkova *et al.* 2010; Fuad *et al.* 2021) et est souvent morphologiquement impossible à distinguer du poisson rouge (Elgin *et al.* 2014; Ribeiro *et al.* 2015).

La fréquence prévue des arrivées (et le nombre d'arrivées prévues) était élevée pour les deux espèces de carpes, là où le commerce d'espèces destinées aux aquariums et aux jardins d'eau est la principale voie d'arrivée (Chan *et al.* 2022). Les relâchements subséquents dans des bassins d'eaux pluviales, des étangs municipaux et publics et d'autres écosystèmes (Rixon *et al.* 2005; Tweedley *et al.* 2017) favorise probablement la propagation du poisson rouge. Comparativement, la dispersion naturelle de la carpe prussienne, qui prospère dans des habitats artificiels y compris les canaux d'irrigation, sous-tend les préoccupations liées à la poursuite de la propagation par l'expansion spontanée de l'aire de répartition entre l'Alberta et les États-Unis (Post *et al.* 2006; Docherty *et al.* 2017) et d'autres écorégions canadiennes adjacentes, comme la Colombie-Britannique. La dispersion anthropique de la carpe prussienne a également obtenu une cote élevée, car la stratégie de gestion initiale pour son contrôle dans le sud de l'Alberta visait à encourager les pêcheurs récréatifs à capturer, tuer et manger le poisson s'ils le souhaitaient (tableau 1).

Les impacts de l'invasion étaient élevés pour les deux carpes (figure 1, tableau 2), qui ont la capacité de modifier les écosystèmes dans lesquels elles vivent (Richardson *et al.* 1995; Morgan et Beatty 2004; Razlutskij *et al.* 2021). Les comportements benthiques comme le crachat, la succion et la brassage des sédiments peuvent accroître la turbidité de l'eau qui, combinée à une forte densité de poissons, peut modifier le cycle des nutriments, détruire la couverture végétale aquatique, réduire le succès de la recherche de nourriture des espèces de poissons indigènes et réduire les populations de macro-invertébrés (Richardson *et al.* 1995; Razlutskij *et al.* 2021). Le poisson rouge et la carpe prussienne font concurrence aux espèces indigènes pour la nourriture et l'espace et sont associés à des déclins de salamandres, de macrophytes, d'invertébrés benthiques et pélagiques, et de certaines espèces de poissons (Deacon *et al.* 1964; Richardson *et al.* 1995, Halačka *et al.* 2003; Ruppert *et al.* 2017; Carosi *et al.* 2017, 2019). Le poisson rouge (mais pas la carpe prussienne) est porteur du syndrome ulcératif épizootique et de la nécrose pancréatique infectieuse (deux maladies à déclaration obligatoire de l'ACIA, le SUE étant inscrit par l'OMSA), qui pourraient avoir des effets négatifs sur les communautés de poissons indigènes. Les deux espèces possèdent un large éventail de tolérance à de multiples paramètres environnementaux (Magurran 1984, Mackey *et al.* 2019), des taux de croissance élevés (Van der Veer et Nentwig 2015; Docherty *et al.* 2017) et des régimes alimentaires opportunistes et variés (Deacon *et al.* 1964; Richardson *et al.* 1995;

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

Région de la capitale nationale

Morgan et Beatty 2004). Ces caractéristiques permettent une tolérance aux perturbations (Robison et Buchanan 1988; Jia *et al.* 2019), ce qui leur permet de persister ou de prospérer dans les régions où les espèces indigènes ne le peuvent peut-être pas (Gandar *et al.* 2016; Lisser *et al.* 2017). De plus, le carpe prussienne est également capable de se reproduire de manière asexuée en utilisant le sperme d'autres mâles cyprinidés pour activer le développement des œufs et produire des clones génétiques (Paschos *et al.* 2004; Leonardos *et al.* 2007); il parasite donc d'autres poissons cyprinidés par le biais de l'interférence reproductive. Selon les calculateurs du COSEPAC, le poisson rouge constitue une menace pour le méné de lac et le suet de lac (Potts *et al.* 2023), et le carpe prussienne pourrait avoir entraîné la réduction des populations de méné de lac par le biais de l'interférence reproductive (Ruppert *et al.* 2017) en Alberta. Compte tenu de la similitude des autres impacts d'une invasion entre les espèces de carpes, l'historique relativement court de l'invasion de carpes prussiennes en Amérique du Nord, sa répartition limitée et le chevauchement constaté avec les espèces indigènes menacées, ainsi que la difficulté à distinguer morphologiquement les deux espèces, il est possible que les risques associés à l'invasion de carpes prussiennes soient plus élevés que ce qui est présenté ici.

Le brochet maillé et le marigane noire

Les évaluations finales des risques ont indiqué que les écorégions 118 et 119 présentaient un risque élevé d'invasion par le brochet maillé, tandis que toutes les autres écorégions présentaient un risque modéré. Toutes les écorégions présentaient un risque modéré d'invasion par la marigane noire. Pour les deux espèces, le risque d'invasion dans l'archipel arctique (112) était faible (figures 1 et 2). Le brochet maillé et la marigane noire sont établis dans moins d'écorégions que le poisson rouge, malgré une correspondance climatique élevée au Canada et de grandes quantités d'habitats propices. En particulier, on considère que les écorégions du sud et du nord comprennent un habitat propice pour le brochet maillé, tandis que l'habitat propice pour la marigane noire, tout comme pour les espèces de carpe, se trouve principalement dans les écorégions du sud. Au Canada, le brochet maillé est considéré comme une espèce indigène dans le fleuve Saint-Laurent (Scott et Crossman 1998; Coffie 1998) qui a fait l'objet de déplacements historiques associés à la pêche sportive (Williamson 1832 cité dans Whittier *et al.* 1997). Au Canada atlantique, le brochet maillé a maintenant été détecté dans environ 380 lacs et rivières du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse (base de données sur le brochet maillé du Canada atlantique), ce qui contribue au risque élevé associé à cette espèce dans les deux provinces. Par comparaison, bien que la répartition indigène historique de la marigane noire ne soit pas claire, on considère que sa répartition indigène au Canada couvre les Grands Lacs et le fleuve Saint-Laurent (Scott et Crossman 1998; USGS 2022). L'ensemencement répétés (Mosindy 1995; Kerr 2006), des relâchements illégaux et la dispersion naturelle (Krishka *et al.* 1996 cité dans Kerr et Grant 2000) ont donné lieu à des populations non indigènes de marigane noire dans le sud du Manitoba, le sud de la Colombie-Britannique (Scott et Crossman 1998; Wydoski et Whitney 2003; Holm *et al.* 2021) et au Nouveau-Brunswick (McAlpine *et al.* 2020, Powell 2022).

La fréquence d'arrivée prévue (et la pression de propagule associée) du brochet maillé et de la marigane noire est modérée à élevée (figure 1, tableau 1), mais, dans l'ensemble, notre compréhension de la fréquence (et du nombre) des arrivées de marigane noire et de brochet maillé dans chaque écorégion, et de ce qui se passe une fois que ces poissons se sont établis, est faible. Selon l'avis des experts, la propagation secondaire entre les écorégions est probablement le résultat de la dispersion naturelle par des systèmes connectés plutôt que de relâches intentionnelles (bien que les introductions illégales de poissons soient probablement

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

Région de la capitale nationale

plus importantes dans l'est du Canada), mais il existe peu de données à l'appui de ces hypothèses. Par conséquent, les voies de déplacement par des pêcheurs ou l'utilisation comme appât vivant sont considérées comme des vecteurs importants de l'invasion et de la propagation du brochet maillé et de la marigane noire Courtenay *et al.* 1984; Mitchell *et al.* 2012) et bien que ces deux vecteurs soient fortement réglementés dans la majeure partie du Canada, la conformité est souvent faible et est difficile à contrôler (Drake et Mandrak 2014a; Drake *et al.* 2015). Bien que les pêcheurs à la ligne soient généralement en faveur de stratégies de gestion empêchant l'introduction ou la propagation d'EA, il peut être difficile de prédire si les règlements sur les appâts seront respectés. Dans Drake *et al.* (2014a), on a signalé que malgré un long historique de stratégies ciblées d'éducation et de sensibilisation expliquant les risques associés aux EA, une grande proportion des pêcheurs de l'Ontario remettaient à l'eau des appâts vivants parce que cette pratique leur convenait et qu'ils croyaient que ces appâts fournissaient de la nourriture pour les poissons de pêche sportive. Bien que les campagnes de sensibilisation sur les EA et les stratégies encourageant l'intendance et la conservation de l'environnement soient essentielles pour changer le comportement humain, la complexité des perceptions et des comportements associés au déplacement d'espèces et à l'utilisation d'appâts vivants par des pêcheurs nécessitera probablement la révision régulière des pratiques réglementaires et de gestion au Canada (Drake et Mandrak 2014a; Drake *et al.* 2015).

Les cotes d'impact pour le brochet maillé et la marigane noire étaient inférieures à celles du poisson rouge et de la carpe prussienne (figure 1, tableau 2) en raison d'un manque de renseignements disponibles (c.-à-d. aucune étude publiée) ou d'un manque de données probantes signalées (c.-à-d. qu'il existe des études, mais qu'il y a peu ou pas de données démontrant des impacts dans leur aire de répartition indigène ou envahie). Par exemple, le brochet maillé avait un impact sur la dynamique écosystémique en simplifiant les communautés de poissons et en réduisant la biodiversité des écosystèmes dans des lacs du Maine et de la Nouvelle-Écosse (Warner 1972, Mitchell *et al.* 2012), mais rien n'indique que son comportement a un impact direct sur l'habitat. Comparativement, les répercussions du brochet maillé sur la croissance des populations et les communautés sont bien connues; sa nature prédatrice entraîne le déclin d'espèces indigènes de poissons et de moules (Edge et Gilhen 2001; Bradford *et al.* 2004, Mitchell *et al.* 2012), la réduction de la richesse et de la diversité de communautés de poissons et de l'abondance d'espèces et, dans certains cas, la troncation de la distribution selon la taille de poissons indigènes (Bradford *et al.* 2004; Mitchell *et al.* 2012). On a également signalé que le brochet maillé peut limiter l'efficacité de l'ensemencement de saumons en raison d'une forte prédation (Warner *et al.* 1968; Warner 1972) et produit des signaux chimiques qui peuvent modifier le comportement d'autres espèces de poissons (Mirza et Chivers 2001). Comparativement, il existe moins d'éléments de preuve dans la littérature sur la marigane noire, aucun impact n'a été signalé sur l'habitat ou la fonction écosystémique, et une seule étude a rapporté que l'introduction de la marigane noire a modifié la structure de la communauté de poissons en modifiant l'abondance des espèces au moyen d'une compétition alimentaire sur une échelle de 5 à 10 ans (Schiavone 1983).. La littérature sur la marigane noire ne signale aucun impact sur l'habitat ou la fonction de l'écosystème et une seule étude ayant indiqué que l'introduction de la marigane noire modifiait la structure de la communauté de poissons (Schiavone 1983). Aucune preuve claire n'est disponible dans la littérature concernant les impacts de la marigane noire sur la croissance des populations d'autres espèces, bien que certaines études spéculent sur les effets cumulatifs de multiples facteurs de stress (pression de pêche, changement climatique, concurrence alimentaire et prédation directe des alevins) en relation avec les populations de doré jaune, de perchaude et de marigane noire où les trois espèces coexistent (Schiavone, 1983, 1985 ; Mosindy *et al.* 1984; Broda *et al.* 2022). Les

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

Région de la capitale nationale

gestionnaires craignent que dans l'est du Canada, où il n'y a pas d'espèces indigènes ayant une fonction similaire, les conséquences ultimes de l'invasion de brochets maillés et de mariganes noires soient plus importantes qu'ailleurs. L'est du Canada manque d'espèces prédatrices (p. ex. le grand brochet) dont la taille de la mâchoire est suffisamment grande pour consommer un brochet maillé ou une marigane noire adulte. Cependant, en particulier pour la marigane noire, les lacunes dans les données de la littérature limitent actuellement la compréhension de la façon dont ces espèces se comporteraient dans de nouveaux écosystèmes, ce qui réduit les cotes de risque et la certitude associée.

Changements climatiques

L'utilisation du CMIST pour évaluer le risque d'invasion des espèces dans le cadre d'un scénario climatique projeté n'a pas produit de résultats différents pour ces poissons en raison de leur grande tolérance environnementale et du nombre limité de variables disponibles pour effectuer la mise en correspondance avec le climat. Le nouveau pointage des espèces selon les scénarios climatiques actuel et projeté ne sera probablement utile que pour évaluer les espèces ayant des exigences thermiques strictes. Pour les espèces flexibles sur le plan thermique, il est plus probable que les changements climatiques entraînent des modifications des modèles d'introduction, d'établissement, d'interactions écologiques et de dynamique de l'écosystème. Bien que les changements climatiques puissent influer sur de multiples facteurs biotiques et abiotiques de l'écosystème (p. ex. disponibilité de l'habitat, interactions entre les espèces, oxygène dissous, pH), seuls les changements projetés de la température et des précipitations mondiales sont facilement accessibles (p. ex. WorldClim, CHELSA) et sont donc présumés dans ce travail comme étant le principal mécanisme influençant la répartition des EAE, les répercussions et le risque d'invasion subséquent. Cependant, en réalité, les effets cumulatifs de la disponibilité de l'habitat, des précipitations, des événements météorologiques extrêmes (inondations et sécheresse), de l'évapotranspiration accrue, des changements dans la salinité, de la baisse des niveaux d'eau et des teneurs en oxygène dissous connexes, et d'une multitude d'autres facteurs environnementaux (Magnuson *et al.* 1997; Hudon et Létourneau 2018; Finch *et al.* 2021), dont l'ampleur varie selon les écorégions, influeront sur les interactions entre les espèces, la survie, l'établissement et la dispersion des poissons dans un climat en réchauffement. La compréhension des effets synergiques potentiels des changements climatiques sur l'établissement et les répercussions écologiques des espèces envahissantes devrait être une priorité pour les futures évaluations des risques selon les scénarios climatiques projetés (Ricciardi *et al.* 2021), sans quoi il est peu probable que les outils de l'ESR soient en mesure d'estimer le risque de façon significative selon ces scénarios.

Limites

La majorité des outils d'ESR intègrent le statut d'établissement d'une EAE dans une région évaluée à leur détermination définitive du risque. Il en résulte un risque plus élevé associé aux EAE établies depuis longtemps et plus répandues, comparativement à une espèce nouvellement introduite qui peut être plus localisée. Ainsi, pour une espèce envahissante largement établie, le niveau de risque peut être surestimé. De plus, en évaluant le risque d'invasion dans une écorégion où une EAE est déjà établie, cette étude suppose qu'il peut rester des bassins hydrographiques propices non envahis dans une écorégion, bien que ce ne soit pas toujours le cas. De plus, les ESR ne sont pas non plus conçues pour évaluer les effets cumulatifs ou l'ampleur des impacts d'une espèce non indigène dans une région évaluée. Elle n'abordent pas le concept selon lequel l'invasion est un processus par étapes et que chaque étape de la voie d'entrée doit être franchie avant de passer à la suivante (Blackburn *et al.* 2011; Lockwood *et al.* 2013). Bien que chaque question de l'outil CMIST reçoive un poids égal quant

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

Région de la capitale nationale

à sa contribution au niveau de risque, il est probable que l'exactitude et la précision seraient améliorées par un régime de pondération variable (Drolet *et al.* 2016).

Le CMIST et d'autres outils d'ESR sont conçus pour fournir une vue d'ensemble du risque d'invasion afin d'aider les décideurs dans l'allocation des ressources et de permettre l'identification des espèces qui représentent une menace élevée pour les espèces indigènes, les écosystèmes et les écorégions et qui, par conséquent, peuvent nécessiter des EDR (Copp *et al.* 2005, Copp *et al.* 2016; Vilizzi *et al.* 2022).

Sources d'incertitude

Le comité d'examen du SCAS pour ces travaux considérait que le brochet maillé était indigène de l'écorégion 116 seulement et que la marigane noire était indigène des écorégions 116 et 117 (et ils n'ont donc pas été notés dans ces écorégions). Cependant, les répartitions canadiennes indigènes du brochet maillé et de la marigane noire ont été brouillées par un long historique d'ensemencement et de déplacement, de sorte qu'il est possible que les répartitions indigènes d'origine soient différentes de celles qui sont indiquées ici. La diversité des écorégions et des habitats associés dans chaque province a compliqué l'avis des experts dans les discussions régionales, car l'expertise régionale était souvent axée davantage sur des espèces précises que sur les caractéristiques de l'habitat. Les lacunes en matière de données et de connaissances dans la littérature, les bases de données et/ou les avis d'experts ont également eu une incidence sur les évaluations des risques. Le manque d'informations sur les parasites/virus/pathogènes associés aux quatre poissons, ainsi que sur les interactions, l'écologie et les impacts potentiels de la marigane noire dans ses aires de répartition indigènes et envahies, a entravé la cote CMIST et réduit la certitude associée aux questions relatives à l'impact de l'invasion. L'évaluation des questions sur l'impact d'une invasion peut également être biaisée en faveur d'espèces dont l'historique d'invasion est plus long, étant donné que les EAE nouvellement introduites peuvent être moins bien documentées sur les conséquences de l'invasion. La compréhension spécifique à la région des introductions et des transferts d'origine anthropique n'était pas cohérente entre les pêcheries/écorégions, et était moins claire pour le brochet maillé et la marigane noire en particulier. Les Territoires du Nord-Ouest, le Yukon, le Nunavut et l'Île-du-Prince-Édouard (Î.-P.-É.) ont également été peu représentés dans cette étude, en raison du manque d'informations de base sur les écorégions ou les EAE, de littérature primaire et/ou d'experts possédant des connaissances locales, y compris des informations sur les pêcheries des Premières nations et les écosystèmes associés. De plus, bien que les espèces envahissantes s'implantent couramment dans les écosystèmes semblables à leur habitat naturel, elles peuvent également adopter un comportement nouveau ou agir de façon imprévisible à l'extérieur de leur aire de répartition naturelle (Mooney et Cleland 2001; Brand *et al.* 2021). Les modifications de l'habitat peuvent créer des conséquences ou des possibilités imprévisibles, entraînant une modification de la stratégie d'alimentation et de la dynamique trophique (Broderson *et al.* 2015; Vagnon *et al.* 2022). Par conséquent, il existe une certaine incertitude entourant les impacts potentiels d'une invasion relevés dans la littérature, où les conclusions sont tirées des données sur les aires de répartition indigènes.

CONCLUSIONS

Les quatre poissons présentaient une correspondance climatique élevée dans la majorité des écorégions, à l'exception de deux écorégions arctiques (111 et 112), et n'étaient que modérément susceptibles de ralentir la croissance de populations de poissons envahissants au moyen de facteurs de contrôle naturels. Il est prédict que la dispersion naturelle serait élevée

Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada

Région de la capitale nationale

dans les écorégions du sud, où de grandes quantités d'habitats convenables étaient disponibles pour toutes les espèces de poissons (à l'exception du brochet maillé, qui avait un habitat convenable dans chaque écorégion du Canada). Par conséquent, le potentiel d'établissement des quatre poissons à la suite d'une introduction est considérable. La fréquence d'arrivée élevée et un fort potentiel de dispersion par des mécanismes anthropiques ont été liés à la présence de populations établies d'EAE dans une écorégion (ou des écorégions adjacentes), parce que ces populations augmentent le potentiel d'introduction future. Ces deux facteurs constituaient les principaux facteurs de probabilité d'une invasion sous-tendant les risques projetés, ce qui a donné lieu à des niveaux de risque modérés à élevés pour chaque espèce. La littérature scientifique fait état d'impacts sur les populations, les communautés, le fonctionnement des écosystèmes et l'habitat dans leur aire de répartition d'origine ou envahie, ce qui constitue les principaux impacts des facteurs d'invasion contribuant à ces niveaux de risque élevés. Par exemple, les carpes ont tendance à détruire l'habitat et à modifier la dynamique de l'écosystème (c.-à-d. qu'elles sont des ingénieurs de l'habitat) et démontrent une pléthora de conséquences sur la croissance de populations et les communautés d'autres espèces. Bien qu'on n'ait signalé aucun impact qu'ont la marigane noire et le brochet maillé sur leur habitat, le brochet maillé provoque des conséquences bien connues sur la croissance de populations et les communautés d'autres espèces, ainsi que sur la fonction écosystémique. Le risque global d'invasion associé aux éléments pour lesquels on manque de connaissances était généralement plus faible (p. ex. écorégions arctiques, impacts de la marigane noire).

Dans le contexte de cette ESR concernant le poisson rouge, la carpe prussienne, le brochet maillé et la marigane noire dans l'ensemble des écorégions canadiennes, une certaine incertitude dans les données signifie que les évaluations de risque modéré peuvent représenter le point médian de deux possibles extrêmes (c.-à-d. élevé et faible), mais le niveau de risque réel peut varier entre élevé et faible. Il est peu probable qu'un niveau de risque faible représente un risque nul ou un risque élevé. Par conséquent, les cartes de densité illustrant le risque doivent être utilisées en conjonction avec des diagrammes de double projection afin de comprendre la distribution des cotes et la certitude associée à la probabilité et à l'impact des cotes d'invasion pour chaque espèce de poisson par écorégion. Dans l'ensemble, le degré de certitude était plus élevé en ce qui concerne les impacts potentiels d'une invasion associés au poisson rouge, au carpe prussienne et au brochet maillé, tandis qu'il était plus faible pour ce qui est des impacts potentiels associés à l'établissement de la marigane noire. En utilisant à la fois les diagrammes de double projection et les cartes de densité, les gestionnaires auront une meilleure compréhension des espèces et des écorégions qui présentent un risque élevé, mais aussi de la façon dont la certitude influe sur le niveau de risque final. La grande incertitude entourant l'introduction et les activités anthropiques, et les échelles spatiales sur lesquelles elles se déroulent, contribuent à une plus grande incertitude quant au niveau de risque pour tous les poissons. Il peut être pertinent d'effectuer des évaluations détaillées des risques (EDR) à des échelles spatiales plus fines pour chaque espèce et écorégion désignée comme présentant un risque élevé d'invasion.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Le secteur aquaponique est un nouveau vecteur potentiel à prendre en considération dans les futures évaluations sommaires et/ou évaluations détaillées des risques, car il gagne en popularité partout au Canada dans les secteurs des aliments durables (Savidov *et al.* 2007; Blom *et al.* 2022) et du cannabis (Khan 2019; Taylor 2019). Actuellement, le tilapia est l'espèce de poisson préférée parmi les producteurs de nourriture et de cannabis au Canada. Cependant,

à l'échelle internationale, les carpes, les mariganes et certains ésocidés se trouvent parmi de nombreuses autres espèces de poissons dans les systèmes aquaponiques.

Les changements vers une agriculture durable et des approches plus respectueuses de l'environnement en ce qui a trait à la production alimentaire pourraient finir par soulever des préoccupations au sujet des EAE, si les systèmes aquaponiques sont remplis d'espèces non indigènes.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Affiliation
Christine Boston	Pêches et Océans Canada, région Ontario et Prairies
Jeff Brinsmead	Government of Ontario, Ministry of Natural Resources and Forestry
William L. Chadderton	University of Notre Dame
Adam Colilli	Pêches et Océans Canada, région de la capitale nationale
Sara Cowell	Pêches et Océans Canada, région de la capitale nationale
Allen Curry	University of New Brunswick
Andrew Drake	Pêches et Océans Canada, région Ontario et Prairies
Zinaida Foltin	Pêches et Océans Canada, région de la capitale nationale
Sophie Foster	Pêches et Océans Canada, région de la capitale nationale
Jesica Goldsmit	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
Jaclyn Hill	Pêches et Océans Canada, région Québec
Kim Howland	Pêches et Océans Canada, région Arctique
Meagan Kindree	Pêches et Océans Canada, région de la capitale nationale
Sarah Kingsbury	Pêches et Océans Canada, région Maritimes
Martin Koops	Pêches et Océans Canada, région Ontario et Prairies
Frédéric Lecomte	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
Andrew Lowles	Nova Scotia Department of Fisheries and Aquaculture, Inland Fisheries Division
Nicholas Mandrak	University of Toronto
Alicia O'Neill	Pêches et Océans Canada, région de la capitale nationale
Marc-André Plourde	Pêches et Océans Canada, région Golfe
Mark Poesch	University of Alberta
Tom Pratt	Pêches et Océans Canada, région Ontario et Prairies
Manon Simard	Pêches et Océans Canada, région Québec
Alex Tuen	Pêches et Océans Canada, région de la capitale nationale
Andréa Weise	Pêches et Océans Canada, région Québec

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Abell, R. , Thieme, M., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S., Bussing, W., Stiassny, M., Skelton, P., Allen, G., Unmack, P., Naseka, A., Ng, R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., and Petry, P. 2008. [Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation](#). BioScience. 58: 403–414.

- Bellard, C., Cassey, P., and Blackburn, T.M. 2016. [Alien species as a driver of recent extinctions](#). Biol. Lett. 12(2): 4pp.
- Blackburn, T.M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jarošík, V., Wilson, J.R.U. Richardson, D.M. 2011. [A proposed unified framework for biological invasions](#). Trends Ecol. Evol. 26: 333-339.
- Blom, C.D.B., Steegeman, P., Voss, C. and Sonneveld, B.G.J.S. 2022. [Food in the cold: exploring food security and sovereignty in Whitehorse, Yukon](#). Int. J. Circumpolar Health. 81: 2025992.
- Bradford, R.G., Longard, D.L., and Longue, P. 2004. [Status, Trend, and Recovery Considerations in Support of an Allowable Harm Assessment for Atlantic Whitefish \(*Coregonus huntsmani*\)](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2004/109. iv + 3 p.
- Brand, J.A., Martin, J.M., Tan, H., Mason, R.T., Orford, J.T., Hammer, M.P., Chapple, D.G., Wong, B.B.M. 2021. [Rapid shifts in behavioural traits during a recent fish invasion](#). Behavioral Ecol. Sociobiol. 75(9): 134.
- Broda, S.P., Feiner, Z.S., Mrnak, J.T., Shaw, S.L., and Sass, G.G. 2022. [Black Crappie Influences on Walleye Natural Recruitment in Northern Wisconsin Lakes](#). N. Am. J. Fish. Manag. 42: 1202-1214.
- Brodersen, J., Howeth, J., and Post, D. 2017. [Emergence of a novel prey life history promotes contemporary sympatric diversification in a top predator](#). Nature Communications. 6(8115): 9 p.
- Brown, N.E.M., and Therriault, T.W. 2022. [The hidden risk of keystone invaders in Canada: a case study using non-indigenous crayfish](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 79(9): 1479-1496.
- Campbell, T., Shaw, B., Hammond, E., Bao, L., Yang, S., Jurich, P., and Fox, S. 2021. [Qualitative interviews of practitioners of Buddhist life release rituals residing in the United States: implications for reducing invasion risk](#). Manag. Biol. Invasions. 12: 178–192.
- Carosi, A., Ghetti, L., and Lorenzoni, M. 2017. Invasive *Carassius spp.* in the Tiber River basin (Umbria, Central Italy): population status and possible interactions with native fish species. Cybium. 41: 11–23.
- Carosi, A., Ghetti, L., Padula, R., and Lorenzoni, M. 2019. [Potential effects of global climate change on fisheries in the Trasimeno Lake \(Italy\), with special reference to the goldfish *Carassius auratus* invasion and the endemic southern pike *Esox cispalpinus* decline](#). Fish. Manag. Ecol. 26(6): 500-511.
- Chan, F.T., Drake, D.A.R, Therriault, T.W. 2022. [Le risque d'introduction d'organismes vivants par le commerce d'aquariums, de jardins d'eau et de fruits de mer au Canada](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/036. iv + 140 p.
- Coffie, P.A. 1998. Status of Chain Pickerel, *Esox niger*, in Canada. Can. Field-Nat. 112: 140.
- Copp, G.H., Garthwaite, R., and Gozlan, R.E. 2005. [Risk identification and assessment of non-native freshwater fishes: a summary of concepts and perspectives on protocols for the UK](#). J. Appl. Ichthyol. 21: 371-373.

**Évaluation nationale sommaire des risques (ESR)
du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du
brochet maillé et de la marigane noire au Canada**

Région de la capitale nationale

- Copp, G.H., Russell, I.C., Peeler, E.J., Gherardi, F., Tricarico, E., Macleod, A., Cowx, I.G., Nunn, A.D., Occhipinti-Ambrogi, A., Savini, D., Mumford, J., and Britton, J.R. 2016. [European Non-native Species in Aquaculture Risk Analysis Scheme – a summary of assessment protocols and decision support tools for use of alien species in aquaculture.](#) Fish. Manag. Ecol. 23: 1-11.
- Courtenay, W.R., and Stauffer, J.R. 1984. The introduced fish problem and the aquarium fish industry. J. World Aquacult. Soc. 21(3): 145-159.
- Crossman, E.J., and Cudmore, B.C. 1999. Summary of North American fish introductions through the aquarium/horticulture trade. In R., Claudi, J.H. Leach (Eds.), Non-indigenous freshwater organisms - Vectors, Biology and Impacts. Lewis Publishers. Boca Raton, FL. pp 129-133.
- Currie, W.J.S., Cuddington, K.M.D., Stewart, T.J., Zhang, H., and Koops, M.A. 2012. [Modelling Spread, Establishment and Impact of Bighead and Silver Carps in the Great Lakes](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/113. vi + 74 p.
- Daigle, R. 2021. CMISTR: Canadian Marine Invasive Screening Tool in R. Available from <https://github.com/remi-daigle/CMISTR>.
- Deacon, J.E., Hubbs, C., and Zahuranec, B.J. 1964. Some effects of introduced fishes on the native fish fauna of southern Nevada. Copeia. 1964: 384-388.
- Docherty, C., Ruppert, J., Rudolfsen, T., Hamann, A., and Poesch, M.S. 2017. Assessing the spread and potential impact of Prussian Carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) to freshwater fishes in western North America. BiolInvasions Rec. 6: 291–296.
- Drake, D.A.R., and Mandrak, N.E. 2014a. [Ecological risk of live bait fisheries: A new angle on selective fishing](#). Fisheries. 39: 201–211.
- Drake, D.A.R., and Mandrak, N.E. 2014b. Bycatch, bait, anglers, and roads: Quantifying vector activity and propagule introduction risk across lake ecosystems. Ecol. Appl. 24(4): 877–894.
- Drake, D.A.R., Mercader, R., and Dodson, T., 2015. [Can we predict risky human behaviour involving invasive species? A case study of the release of fishes to the wild](#). Biol. Invasions. 17: 309-326.
- Drolet, D., DiBacco, C., Locke, A., McKenzie, C.H., McKinsey, C.W., Moore, A.M., Webb, J.L., and Therriault, T.W. 2016. [Evaluation of a new screening-level risk assessment tool applied to non-indigenous marine invertebrates in Canadian coastal waters](#). Biol. Invasions. 18: 279–294.
- Drolet, D., DiBacco, C., Locke, A., McKenzie, C.H., McKinsey, C.W., Therriault, T.W. 2017. Optimizing screening protocols for non-indigenous species: are currently used tools over-parameterized? Manag. Biol. Invasions. 8: 171–179.
- Edge, T., and Gilhen, J. 2001. Updated COSEWIC status report on the Atlantic Whitefish *Coregonus huntsmani* in Canada. In: COSEWIC assessment and update status report on the Atlantic Whitefish *Coregonus huntsmani* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. 35 pp.
- Elgin, E., Tunna, H., and Jackson, L. 2014. First confirmed records of Prussian Carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in open waters of North America. BiolInvasions Rec. 3: 275-282.

**Évaluation nationale sommaire des risques (ESR)
du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du
brochet maillé et de la marigane noire au Canada**

Région de la capitale nationale

- Finch, D.M., Butler, J.L., Runyon, J.B., Fettig, C.J., Kilkenny, F.F., Jose, S., Frankel, S.J., Cushman, S.A., Cobb, R.C., Dukes, J.S., Hicke, J.A., and Amelon, S.K. 2021. [Effects of Climate Change on Invasive Species](#). In T.M. Poland, T. Patel-Weynand, D.M. Finch, C.F. Miniat, D.C. Hayes, V.M. Lopez (Eds.). *Invasive Species in Forests and Rangelands of the United States*. 57-83. Springer International Publishing.
- Fuad, M.M.H., Vetešník, L., and Šimková, A. 2021. [Is gynogenetic reproduction in gibel carp \(*Carassius gibelio*\) a major trait responsible for invasiveness?](#) *J. Vertebr. Biol.* 70: 1-13.
- Gandar, A., Jean, S., Canal, J., Marty-Gasset, N., Gilbert, F., and Laffaille, P. 2016. [Multi-stress effects on goldfish \(*Carassius auratus*\) behavior and metabolism](#). *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23: 3184-3194.
- Halačka, K., Lusková, V., and Lusk, S. 2003. *Carassius gibelio* in fish communities of the Czech Republic. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 3: 133-138.
- Hamilton, S.N. 2021. Expansion of invasive Prussian carp (*Carassius gibelio*) into Saskatchewan, Canada: current distribution and food-web reconstruction using stable isotopes. MSc Thesis. University of Regina. 73 pp.
- Hill, J.M., Simard, M., Weise, A.M., Hubbard, J., et Kingsbury, S. 2025. [Évaluation nationale sommaire des risques \(ESR\) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/023. ix + 103 p.
- Holm, E., Mandrak, N.E., and Burridge, M.E. 2021. A field guide to freshwater fishes of Ontario. Royal Ontario Museum, Toronto, Ontario. 488 pp.
- Hudon, C., Jean, M., and Létourneau, G. 2018. [Temporal \(1970–2016\) changes in human pressures and wetland response in the St. Lawrence River \(Québec, Canada\)](#). *Sci. Total Environ.* 643: 1137-1151.
- Jia, Y., Liu, Y., Chen, K., Sun, H., and Chen, Y. 2019. [Climate, habitat and human disturbance driving the variation of life-history traits of the invasive Goldfish *Carassius auratus* \(Linnaeus, 1758\) in a Tibetan Plateau river](#). *Aquat. Invasions.* 14(4): 724-737.
- Jones, B.A. 2017. [Invasive species impacts on human well-being using the life satisfaction index](#). *Ecol. Econ.* 134: 250–257.
- Kerr, S.J. 2006. An historical review of fish culture, stocking and fish transfers in Ontario, 1865-2004. Fish and Wildlife Branch. Ontario Ministry of Natural Resources. Peterborough, Ontario. 154 pp.
- Kerr, S.J., and Grant, R.E. 2000. Ecological impacts of fish introductions: Evaluating the risk. Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources, Peterborough, Ontario. 473 pp.
- Khan, I. 2019. Canadian cannabis uses the power of aquaponics. Fishfarmingexpert.com. Published August 22, 2019. [Online].
- Krishka, B.A., Cholmondeley, R.F. Dextrase, A.J., and Colby, P.J. 1996. Impacts of introductions and removals on Ontario percid communities. *Percid Community Synthesis*, Ontario Ministry of Natural Resources, Peterborough, Ontario. 111 pp.

**Évaluation nationale sommaire des risques (ESR)
du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du
brochet maillé et de la marigane noire au Canada**

Région de la capitale nationale

- Kumschick, S., Gaertner, M., Vilà, M., Essl, F., Jeschke, J.M., Pyšek, P., Ricciardi, A., Bacher, S., Blackburn, T.M., Dick, J.T.A., Evans, T., Hulme, P.E., Kühn, I., Mrugała, A., Pergl, J., Rabitsch, W., Richardson, D.M., Sendek, A., and Winter, M. 2015. Ecological impacts of alien species: quantification, scope, caveats, and recommendations. *Bioscience*. 65: 55–63.
- Leonardos, I.D., Kagalou, I., Tsoumani, M., and Economidis, P.S. 2008. [Fish fauna in a protected Greek lake: biodiversity, introduced fish species over a 80-year period and their impacts on the ecosystem](#). *Ecol. Freshw. Fish*. 17: 165–173.
- Lockwood, J.L., Hoopes, M.F., and Marchetti, M.P. 2013. *Invasion ecology*. Wiley-Blackwell Publishing, West Sussex. 444 pp.
- Lisser, D.F., Lister, Z.M., Pham-Ho, P.Q., Scott, G.R., and Wilkie, M.P. 2017. Relationship between oxidative stress and brain swelling in goldfish (*Carassius auratus*) exposed to high environmental ammonia. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 312(1): 114-124.
- Magnuson, J.J., Webster, K.E., Assel, R.A., Bowser, C.J., Dillon, P.J., Eaton, J.G., Evans, H.E., Fee, E.J., Hall, R.I., Mortsch, L.R., Schindler, D.W., and Quinn, F.H. 1997. Potential effects of climate changes on aquatic systems: Laurentian Great Lakes and Precambrian Shield Region. *Hydrol. Process.* 11(8): 825-871.
- Magurran, A. 1984. Gregarious Goldfish. *New Sci.* 103: 32-33.
- Mandrak, N.E., Cudmore, B.C.. 2015. [Risk assessment: Cornerstone of an aquatic invasive species program](#). *J. Aquat. Ecosystem Health Manage.* 18: 312-320.
- Mandrak, N.E., Cudmore, B., and Chapman, P.M. 2012. [National Detailed-Level Risk Assessment Guidelines: Assessing the Biological Risk of Aquatic Invasive Species in Canada](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/092. vi + 17 p.
- McAlpine, D.F., Connell, C.B., and Seymour, P.D. 2020. Introduction of Southern White River Crayfish (*Procambarus zonangulus*) to New Brunswick. *Can. Field-Nat.* 134(4): 375-378.
- Mirza, R.S., and Chivers, D.P. 2001. Chemical alarm signals enhance survival of brook charr (*Salvelinus fontinalis*) during encounters with predatory chain pickerel (*Esox niger*). *Ethology*. 107 (11): 989-1005.
- Mitchell, S.C., LeBlanc, J.E., and Heggelin, A. J. 2012. Impact of introduced Chain Pickerel (*Esox niger*) on lake fish communities in Nova Scotia, Canada. Nova Scotia Department of Fisheries and Aquaculture, Halifax, Nova Scotia, Canada. 18 pp.
- Mooney, H.A., and Cleland, E.E. 2001. The evolutionary impact of invasive species. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 98: 5446–5451.
- Morgan, D., and Beatty. S. 2004. Fish fauna of the Vasse River and the colonisation by feral Goldfish (*Carassius auratus*). Centre for Fish and Fisheries Research, Murdoch University. 35 pp.
- Mosindy, T. 1995. Black crappie introductions in the Lake of the Woods area. In P. MacMahon (Ed.). *Fish: To Stock or Not to Stock*, Northwest Region Science and Technology Workshop Proceedings WP-003, Ontario Ministry of Natural Resources, Thunder Bay, ON. p. 17-18.
- MPO. 2014. [Avis scientifique sur les protocoles d'évaluation préalable des risques relatifs aux organismes non indigènes d'eau douce apparaissant dans le commerce au Canada](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/009.

- Ogden, N.H., Wilson, J.R.U., Richardson, D.M., Hui, C., Davies, S.J., Kumschick, S., Le Roux, J.J., Measey, J., Saul, W.C., and Pulliam, J.R.C. 2019. [Emerging infectious diseases and biological invasions: a call for a One Health collaboration in science and management](#). R. Soc. Open Sci. 6: 181577.
- Paschos I., Nathanaelides C., Tsoumani M., Perdicaris C., Gouva E., and Leonardos I. 2004. Intra- and inter-specific mating options for gynogenetic reproduction of *Carassius gibelio* (Bloch, 1783) in Lake Pamvotis (NW Greece). Belg. J. Zool. 134: 55–60.
- Post, J.R., van Poorten, B.T., Rhodes, T., Askey, P., and Paul, A. 2006. Fish entrainment into irrigation canals: an analytical approach and application to the Bow River, Alberta, Canada. N. Am. J. Fish. Manag. 26: 875–887.
- Potts, L.P., Castaneda, R.A., Grant, P., Reid, S.M., Lepitzki, D.A.W., Mandrak, N.E., May-McNally, S.L., Robert, K., and Drake, D.A.R. 2023 *in press*. IUCN threats calculator results for COSEWIC-assessed aquatic species in Canada, 2013–2021. Can. Manus. Rep. Fish. Aquat. Sci..
- Powell, J.R. 2022. A biological synopsis of Black Crappie (*Pomoxis nigromaculatus*). Prepared for Fisheries and Oceans Canada. 64 pp.
- R Core Team 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Razlutskij, V., Mei, X., Maisak, N., Sysova, E., Lukashanets, D., Makaranka, A., Jeppesen, E., and Zhang, X. 2021. [Omnivorous Carp \(*Carassius gibelio*\) Increase Eutrophication in Part by Preventing Development of Large-Bodied Zooplankton and Submerged Macrophytes](#). Water. 13(11): 12 pp.
- Ribeiro, F., Rylková, K., Moreno-Valcárcel, R., Carrapato, C., and Kalous, L. 2015. Prussian carp *Carassius gibelio*: a silent invader arriving to the Iberian Peninsula. Aquat. Ecol. 49: 99–104.
- Ricciardi, A. 2007. [Are modern biological invasions an unprecedented form of global change?](#) Conserv. Biol. 21: 329–336.
- Ricciardi, A., Iacarella, J.C., Aldridge, D.C., Blackburn, T.M., Carlton, J.T., Catford, J.A., Dick, J.T.A., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., Liebhold, A.M., Lockwood, J.L., MacIsaac, H.J., Meyerson, L.A., Pyšek, P., Richardson, D.M., Ruiz, G.M., Simberloff, D., Vilà, M., and Wardle, D.A. 2021. [Four priority areas to advance invasion science in the face of rapid environmental change](#). Environ. Rev. 29(2): 119–141.
- Richardson, M.J., Whoriskey, F.G., and Roy, L.H. 1995. Turbidity generation and biological impacts of an exotic fish *Carassius auratus*, introduced into shallow seasonally anoxic ponds. J. Fish Biol. 47(4): 576–585.
- Rixon, C.A., Duggan, I.C., Bergeron, N., Ricciardi, A., and MacIsaac, H.J. 2005. [Invasion risks posed by the aquarium trade and live fish markets on the Laurentian Great Lakes](#). Biodivers. Conserv. 14(6): 1365–1381.
- Robison, H.W., and Buchanan, T.M. 1988. Fishes of Arkansas. The University of Arkansas Press, Fayetteville, AR.

**Évaluation nationale sommaire des risques (ESR)
du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du
brochet maillé et de la marigane noire au Canada**

Région de la capitale nationale

- Ruppert, J.L.W., Docherty, C., Neufeld, K., Hamilton, K., McPherson, L., and Poesch, M.S. 2017. [Native freshwater species get out of the way: Prussian Carp \(*Carassius gibelio*\) impacts both fish and benthic invertebrate communities in North America.](#) R. Soc. Open Sci. 4: 170400.
- Rylkova, K., Kalous, L., Slechtova, V., and Bohlen, J. 2010. Many branches, one root: first evidence for a monophyly of the morphologically highly diverse goldfish (*Carassius auratus*). Aquaculture. 302(9): 36–41.
- Savidov, N.A., Hutchings, E., and Rakocy, J.E. 2007. [Fish and plant production in a recirculating aquaponic system: a new approach to sustainable agriculture in Canada.](#) Acta Hortic. 742: 209-221.
- Schiavone, A., Jr. 1985. Response of walleye populations to the introduction of the black crappie in the Indian River Lakes. N. Y. Fish Game J. 32(2): 114-140.
- Schiavone, A., Jr. 1983. The Black Lake fish community, 1931 to 1979. N.Y. Fish Game J. 30(1): 78-90.
- Scott, W.B., and Crossman, E.J. 1998. Freshwater fishes of Canada. Revised Edition. Galt House Publishing, Oakville, Ontario. 966 pp.
- Seebens, H., Blackburn, T.M., Dyer, E.E., Genovesi, P., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., Pagad, S., Pyšek, P., Winter, M., Arianoutsou, M., Bacher, S., Blasius, B., Brundu, G., Capinha, C., Celesti-Grapow, L., Dawson, W., Dullinger, S., Fuentes, N., Jager, H., and Essl, F. 2017. [No saturation in the accumulation of alien species worldwide.](#) Nat. Commun. 8: 14435.
- Taylor, S. 2019. How a Canadian cannabis producer is using fish poop to reduce its water consumption. Global News. Published February 4, 2019.
- Tweedley, J.R., Hallett, C.S., and Beatty, S.J. 2017. [Baseline survey of the fish fauna of a highly eutrophic estuary and evidence for its colonisation by goldfish \(*Carassius auratus*\).](#) Int. Aquat. Res. 9(3): 259–270.
- United States Geological Survey (USGS). 2022. Nonindigenous Aquatic Species Database. Gainesville, FL.
- Vagnon, C., Rohr, R.P., Bersier, L.-F., Cattanéo, F., Guillard, J., and Frossard, V. 2022. [Combining food web theory and population dynamics to assess the impact of invasive species.](#) Front. Ecol. Evol. 10: 3389.
- Van der Veer, G., and Nentwig, W. 2015. [Environmental and economic impact assessment of alien and invasive fish species in Europe using the generic impact scoring system.](#) Ecol. Freshw. Fish 24: 646-656.
- Vetemaa, M., Eschbaum, R., Albert, A., and Saat, T. 2005. [Distribution, sex ratio and growth of *Carassius gibelio* \(Bloch\) in coastal and inland waters of Estonia \(north-eastern Baltic Sea\).](#) J. Appl. Ichthyol. 21: 287-291.
- Vilizzi, L., Hill, J.E., Piria, M., and Copp, G.H. 2022. A protocol for screening potentially invasive non-native species using Weed Risk Assessment-type decision-support tools. Sci. Total Environ. 832: 54966.
- Warner, K. 1972. Further studies of fish predation in salmon stocks in Maine lakes. Prog. Fish-Cult. 34: 217-221.

Warner, K., Auclair, R.P., DeRoche, S.E, Havey, K.A., and Ritzi, C.F. 1968. Fish predation on newly stocked landlocked salmon. *J. Wildl. Manag.* 32 (4): 712-717.

Whittier, T.R., Halliwell, D.B., and Paulsen, S.G. 1997. [Cyprinid distributions in Northeast USA lakes: evidence of regional-scale minnow biodiversity losses](#). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54(7): 1593-1607.

Wydoski, R.S., Whitney, R.R. 2003. *Inland fishes of Washington* 2nd edition. American Fisheries Society in Association with University of Washington Press, Seattle. 322 pp.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

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

Courriel : DFO.CSAS-SCAS.MPO@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs

ISSN 1919-5117
ISBN 978-0-660-79562-1 N° cat. Fs70-6/2025-057F-PDF
© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2025

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



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2025. Évaluation nationale sommaire des risques (ESR) du poisson rouge, de la carpe Prussienne, du brochet maillé et de la marigane noire au Canada. Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2025/057.

Also available in English:

DFO. 2025. *National Screening-Level Risk Assessment (SLRA) of Goldfish, Prussian Carp, Chain Pickerel, and Black Crappie in Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep.* 2025/057.