

Estimation de l'abondance et caractérisation des anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) provenant des transferts dans la pêche commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent en 2023



Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent (DGFa-01) du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Elle a été éditée par la Direction des communications du MELCCFP.

Référence à citer

LANDRY-MASSICOTTE, L., J. DUSSUREAULT et L. GAMACHE (2024). Estimation de l'abondance et caractérisation des anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) provenant des transferts dans la pêche commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent en 2023. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent, 17 pages.

Photographie de la page titre

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Renseignements

Téléphone : 418 521-3830

1 800 561-1616 (sans frais)

Formulaire : www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp

Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Dépôt légal – 2024

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN (PDF) : 978-2-550-97259-4

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2024

Équipes de réalisation

Rédaction et analyse

Louis Landry-Massicotte¹

Johanne Dussureault¹

Équipes de terrain et de laboratoire

Johanne Dussureault¹

Léane Gamache¹

Révision

Philippe Brodeur²

Jean-François Dumont³

¹ Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent, ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP)

² Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec, MELCCFP

³ Direction principale de l'expertise sur la faune aquatique, MELCCFP

Résumé

Des travaux de caractérisation de la pêche commerciale d'anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) de l'estuaire du Saint-Laurent ont été réalisés en 2023. Le projet consistait à estimer la proportion d'anguilles argentées en avalaison provenant des transferts de 6,8 millions de civelles réalisés au Québec et en Ontario entre 2005 et 2010. La caractérisation de la récolte commerciale a permis d'estimer les débarquements des 10 pêcheurs actifs dans l'aire d'étude à 11,8 tonnes métriques ou 8 279 anguilles argentées au cours de l'automne 2023. Les captures par unité d'effort (CPUE) ont été estimées à 4,1 kg d'anguilles par mètre de tenture (effort de pêche) en 2023, une valeur statistiquement similaire à la moyenne de la période 2009-2022 ($4,52 \pm 1,46$ kg/m). La proportion d'anguilles transférées lors de la migration automnale de 2023 était de 27,5 %, une valeur similaire à celle établie au terme de la saison de pêche de 2022 (24,3 %). Le nombre de génitrices du bassin du Saint-Laurent issues des transferts ayant entrepris leur migration vers la mer des Sargasses en 2023 a été estimé à 35 298 (21 850 – 49 387), une diminution de l'ordre de 29,9 % comparativement à ce qui avait été estimé en 2022 (45 856). La production d'anguilles adultes issues des transferts représente une contribution importante au stock reproducteur de l'espèce, qui surpasse par un facteur de quatre les débarquements totaux déclarés par les pêcheurs commerciaux. Bien que la taille moyenne des anguilles d'origine naturelle en avalaison ($893,8 \pm 107,8$ mm) était significativement plus élevée que celle des anguilles transférées ($826,8 \pm 104,9$ mm), l'âge moyen des individus d'origine naturelle ($13,8 \pm 3,3$ ans) était significativement inférieur à celui des anguilles transférées ($15,2 \pm 1,5$ ans). Il s'agit de la première fois, depuis le début du suivi en 2015, que l'âge moyen des anguilles issues des transferts surpasse celui des anguilles issues du recrutement naturel. La présence du parasite exotique *Anguillicola crassus* a été confirmée dans la vessie natatoire de 45 anguilles, soit une prévalence de 14,5 % et une intensité moyenne de $4,1 \pm 5,9$ parasites par sujet infecté. La majorité des anguilles parasitées par le nématode étaient d'origine naturelle (93,3 %). Bien que la prévalence et l'intensité de l'infestation soient à la hausse pour les anguilles issues du recrutement naturel, ces paramètres se maintiennent stables pour les anguilles provenant des transferts. L'abondance totale des anguilles en avalaison dans l'estuaire du Saint-Laurent en 2023 a été estimée à 128 357 (79 453 – 179 588), ce qui ne représenterait que 20,6 % (12,7 – 28,8 %) des effectifs estimés en 1996 et 1997. La situation de l'anguille du système Saint-Laurent demeure préoccupante et son rétablissement nécessitera vraisemblablement une hausse importante du recrutement.

Abstract

The St. Lawrence estuary silver eel (*Anguilla rostrata*) commercial fishery was sampled in 2023 in order to estimate the proportion of transferred eels among individuals migrating downstream to their oceanic spawning sites. These transferred eels originated from approximately 6.8 million elvers transferred in the Richelieu River, the upper St. Lawrence River and Lake Ontario between 2005 and 2010. In 2023, 10 commercial fishers were active and landings were estimated at 11.8 metric tons or 8 279 silver eels. The captures per unit of effort (CPUE) was estimated at 4.1 kg per meter of tidal weir. This estimate did not differ significantly from the 2009-2022 average ($4,52 \pm 1,46$ kg/m). We estimated that transferred eels represented 27,5 % of total downstream migrants in 2023, which is a similar proportion to the previous season (24,3%). The number of spawners from the St. Lawrence originating from transfers in 2023 was thus estimated at 35 298 (21 850 – 49 387), a decrease of 29,9% compared to the 2022 estimate (45 856). The production of adult eels associated to the transfers represents a significant contribution to the spawning stock of the species, which exceeds the total landings reported by commercial fishermen by a factor of four. Even though the length differences tend to decrease over the year between transferred ($826,8 \pm 104,9$ mm) and natural individuals ($893,8 \pm 107,8$ mm), natural eels were still significantly bigger than the transferred ones. However, for the first time since 2015, transferred eels ($15,2 \pm 1,5$ years) were significantly older than natural ones ($13,8 \pm 3,3$ years). The exotic swim bladder parasite *Anguillicola crassus* was found in 45 eels representing a prevalence rate of 14,5 % and a mean intensity of $4,1 \pm 5,9$ parasites per infected eel. 42 (93,3 %) of the 45 infected eels were wild migrants. Although the prevalence and intensity of infestation is increasing for eels from natural recruitment, these parameters remain stable for transferred eels. The abundance of downstream eel in the St. Lawrence estuary now only represents 20,6 % (12,7 – 28,8 %) of the numbers established in 1996-1997. The trajectory of eel abundance in the St. Lawrence system and Lake Ontario is worrisome and will likely require a significant increase in recruitment in order to reverse the current trend.

Table des matières

Équipes de réalisation	I
Résumé	II
Abstract	III
Table des matières	i
Liste des tableaux	i
Liste des figures	ii
Remerciements	ii
1. Introduction	1
2. Matériel et méthodes	2
2.1 Aire d'étude	2
2.2 Paramètres halieutiques	2
2.3 Caractérisation des anguilles en dévalaison capturées dans la pêche	3
3. Résultats	5
3.1 Paramètres halieutiques	5
3.2 Caractéristiques des anguilles en dévalaison capturées dans la pêche	7
4. Discussion	10
4.1 Paramètres halieutiques	10
4.2 Caractérisation des anguilles en dévalaison capturées dans la pêche	11
5. Conclusion	13
6. Références bibliographiques	14

Liste des tableaux

Tableau 1. Protocole appliqué au traitement des anguilles récupérées en 2023	4
Tableau 2. Paramètres halieutiques de la pêche commerciale d'anguilles argentées de 2009 à 2023 dans l'estuaire du Saint-Laurent	6
Tableau 3. Scénario vraisemblable de l'abondance des anguilles en avalaison dans l'estuaire du Saint-Laurent de 2015 à 2023, stratifiée en fonction de leur origine ¹	7
Tableau 4. Caractéristiques des anguilles argentées échantillonnées dans l'estuaire du Saint-Laurent en 2023	8
Tableau 5. Prévalence et intensité de l'infestation d' <i>Anguillicola crassus</i> dans la pêche commerciale de l'estuaire de 2015 à 2023	10

Liste des figures

Figure 1. Localisation des sites d'échantillonnage (points bleus) des anguilles argentées dans l'estuaire du Saint-Laurent en 2023. _____ 2

Figure 2. (A) Captures par unité d'effort (CPUE; kg d'anguilles par mètre de tenture), (B) effort de pêche (mètre de tenture), (C) nombre de trappes fixes opérationnelles et (D) débarquements totaux d'anguilles argentées estimés entre 2009 et 2023 dans la pêche commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent. ____ 5

Figure 3. Chronologie des captures quotidiennes (%) d'anguilles argentées dans la pêche commerciale de l'estuaire du Saint Laurent en 2020, 2021, 2022 et 2023. Les données de 2020, 2021, 2022 et 2023 présentées dans cette figure concernent respectivement 9 pêcheurs sur 11, 9 pêcheurs sur 11, 9 pêcheurs sur 10 et 8 pêcheurs sur 10. _____ 6

Figure 4. Distribution des fréquences de taille (gauche) et d'âge (droite) des anguilles capturées lors de la caractérisation de la récolte commerciale en 2023, selon leur origine. _____ 9

Figure 5. Nombre d'anguilles d'origine naturelle et transférée dans la pêche commerciale de l'estuaire du Saint Laurent pour chaque date d'échantillonnage en 2023. La courbe représente l'évolution temporelle de la proportion d'anguilles transférées. _____ 9

Remerciements

Plusieurs personnes ont participé à ce projet et nous tenons à souligner leur implication. Nous tenons premièrement à remercier tout particulièrement les 10 pêcheurs commerciaux d'anguilles de l'estuaire du Saint-Laurent. Leur collaboration s'est avérée essentielle pour la réalisation de cette étude. Merci à David Stanley, de l'Ontario Power Generation (OPG), pour son soutien aux travaux. Les auteurs tiennent à remercier Philippe Brodeur et Jean-François Dumont pour leur contribution à une version préliminaire de ce rapport. Finalement, un merci spécial à Julien Mainguy pour le soutien analytique, qui a permis de bonifier grandement la qualité de ce rapport.

1. Introduction

L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*), une espèce largement distribuée dans l'est du Canada, a connu des déclin d'abondance marqués dans certaines régions de son aire de répartition, notamment au lac Ontario et dans le cours supérieur du fleuve Saint-Laurent (Caron et collab., 2007; COSEPAC, 2012). En 2007, l'Ontario a désigné l'anguille comme espèce menacée en vertu de sa *Loi sur les espèces en voie de disparition* (L.O. 2007, chap. 6). Une des principales causes de mortalité identifiées dans ce secteur est associée au passage des anguilles dans les turbines de deux principaux ouvrages hydroélectriques : les barrages de Moses-Saunders (État de New York et Ontario) et ceux de Beauharnois (Québec). Il a été estimé que 40 % des anguilles migratrices qui transitent par ces ouvrages meurent lors de leur passage par les turbines (Verreault et Dumont, 2003).

Le Groupe de travail canadien sur l'anguille a élaboré en 2010 une ébauche de plan d'action visant à mettre un frein à l'important déclin de l'anguille et à favoriser le rétablissement de l'espèce (GTCA, non publié). Les actions proposées dans ce plan comprenaient un programme expérimental de transfert d'anguilles. Ainsi, 2,8 millions de civelles capturées en Nouvelle-Écosse ont été transférées dans la rivière Richelieu entre 2005 et 2008 dans le cadre d'un projet indépendant propre au Québec. De 2006 à 2010, l'Ontario Power Generation (OPG) a transféré plus de 4 millions de civelles et d'anguillettes dans la partie nord-est du lac Ontario. Les programmes de recherche et de suivi concernant les transferts sont inscrits au Plan d'action 2019-2023 de l'OPG visant à compenser les mortalités induites par la centrale hydroélectrique R. H. Saunders à Cornwall. Au total, 6,8 millions de civelles ont été transférées dans le système Saint-Laurent de 2005 à 2010. Bien qu'il ait été envisagé de distinguer les anguilles transférées dans le but d'évaluer le succès respectif des deux campagnes, il demeure impossible à ce jour d'associer ces recrues artificielles à leurs eaux d'accueil.

L'objectif de la présente étude était de caractériser les anguilles argentées provenant des deux initiatives de transferts et d'évaluer leur abondance à l'intérieur du segment de population d'anguilles migrant par l'estuaire du Saint-Laurent. Ce suivi, mis en place en 2015, a permis d'évaluer annuellement la performance globale de ces deux programmes comme moyen d'augmenter le nombre de femelles reproductrices produites dans le système Saint-Laurent et le lac Ontario.

2. Matériel et méthodes

2.1 Aire d'étude

L'échantillonnage a été réalisé dans la pêcherie commerciale d'anguilles argentées située majoritairement sur la rive sud de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. En 2023, les stations de capture se situaient entre l'île aux Coudres en amont et la municipalité de Saint-André-de-Kamouraska en aval (figure 1).

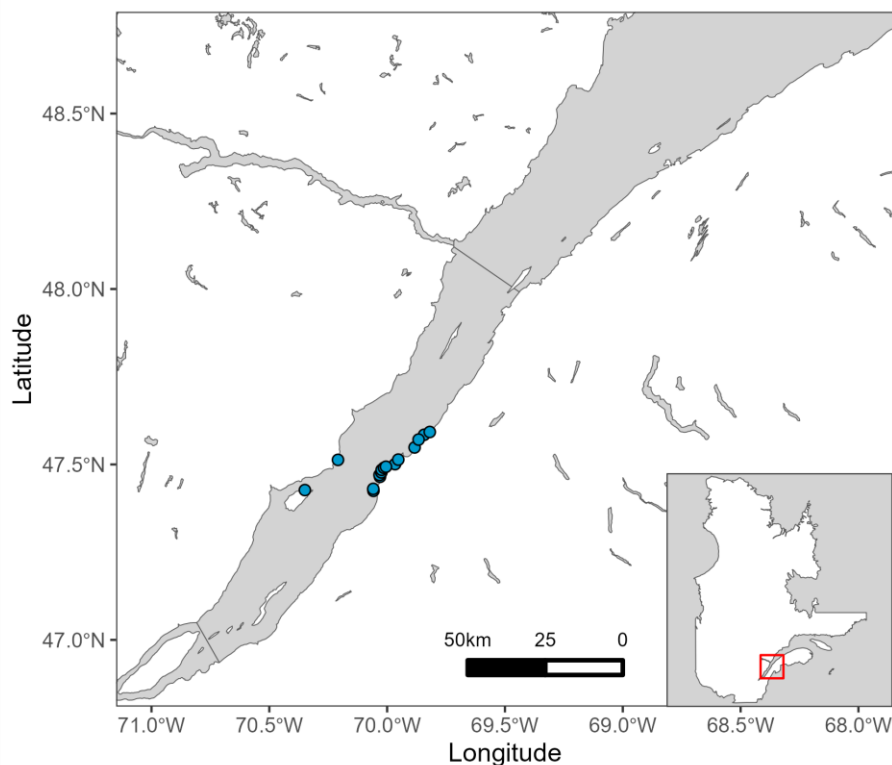


Figure 1. Localisation des sites d'échantillonnage (points bleus) des anguilles argentées dans l'estuaire du Saint-Laurent en 2023

2.2 Paramètres halieutiques

La trappe fixe (ou pêche à fascine) représente le seul type d'engin de pêche commercial à l'anguille utilisé dans les eaux à marées du Saint-Laurent en aval de Québec, sur les deux rives du fleuve. Les engins sont mis en place sur l'estran à la fin de l'été ou au début de l'automne et demeurent au même endroit durant toute la saison de pêche, qui se déroule habituellement du début du mois d'août à la fin novembre. Ceux-ci sont composés d'un guideau (mailles de 3,2 à 5,1 cm) orienté de façon perpendiculaire à la rive, qui permet de diriger les poissons vers une trappe de rétention que le pêcheur visite deux fois par jour à marée basse, lorsque les conditions le permettent. La totalité des détenteurs de permis de pêche actifs dans l'aire d'étude en 2023 a été échantillonnée et seules les anguilles argentées ont été échantillonnées durant toute la saison de pêche. Les captures totales de l'ensemble des pêcheurs commerciaux ont été comptabilisées pour la saison de pêche 2023, alors que les captures quotidiennes de 8 des 10 pêcheurs actifs ont été

suivies dans le but d'établir la chronoséquence de dévalaison des anguilles argentées dans l'estuaire du Saint-Laurent. Le débarquement total d'anguilles dans la pêcherie, exprimé en tonnes métriques, a été estimé en fonction du nombre d'anguilles capturées et de leur poids moyen, en utilisant l'équation suivante :

$$Dt = \frac{Ac/P}{1000}$$

où :

Dt débarquement total (tonnes métriques);
Ac nombre total d'anguilles capturées par la pêcherie commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent;
P poids moyen (kg) estimé à partir des captures de cinq pêcheurs commerciaux.

Les captures par unité d'effort (CPUE) ont été calculées à partir du débarquement total (kg) divisé par l'effort de pêche (m de tenture; longueur cumulée de l'ensemble des guideaux déployés). Cet indicateur permet de suivre les fluctuations de rendement de la pêcherie commerciale au fil des années.

Pour la saison de pêche 2023, le taux d'exploitation des anguilles par la pêcherie a été établi suivant l'approche proposée par Landry-Massicotte et Dussureault (2023). Cette méthode permet d'estimer la part des mortalités d'anguilles migrantes en provenance du système Saint-Laurent (amont de Québec) qui est attribuable à la pêche commerciale de l'estuaire. Ces taux d'exploitation, présentés en trois variantes (taux vraisemblable, optimiste et pessimiste), reposent sur l'effort de pêche total déployé par les pêcheurs commerciaux, estimé en mètres de tenture, et sont calculés à l'aide de ces équations :

$$\text{Taux d'exploitation vraisemblable (\%)} = 4,99 + 0,000508 \cdot \text{Effort de pêche (m de tenture)}$$

$$\text{Taux d'exploitation optimiste (\%)} = 3,29 + 0,000458 \cdot \text{Effort de pêche (m de tenture)}$$

$$\text{Taux d'exploitation pessimiste (\%)} = 8,89 + 0,000532 \cdot \text{Effort de pêche (m de tenture)}$$

2.3 Caractérisation des anguilles en dévalaison capturées dans la pêcherie

L'effectif total d'anguilles en dévalaison (*N*) a été déterminé à l'aide de la récolte commerciale totale (*n*) et des taux d'exploitation calculés, en utilisant la formule suivante :

$$\text{Nombre total d'anguilles en migration (N)} = \frac{\text{Récolte commerciale (n)} \cdot 100}{\text{Taux d'exploitation (\%)}}$$

L'exercice a été réalisé pour les trois scénarios énumérés précédemment (vraisemblable, optimiste et pessimiste), en remplaçant les valeurs de taux d'exploitation, pour ainsi obtenir un intervalle de confiance de l'estimation du nombre d'anguilles en dévalaison de 2023.

Dans le but d'estimer la proportion et l'abondance des anguilles provenant des transferts réalisés de 2005 à 2010 dans le contingent total en dévalaison dans l'estuaire, un échantillon d'anguilles argentées capturées dans la trappe fixe d'un pêcheur commercial a été récupéré pour analyse en laboratoire ($n = 309$). Pendant 13 semaines réparties entre le 31 août et le 23 novembre, les 40 premières anguilles argentées capturées par le pêcheur commercial étaient conservées. Les anguilles ont ensuite été conservées dans un bassin oxygéné avant de procéder à leur euthanasie à l'aide d'une solution d'eugénol (300 mg/L; Hilltech Canada™), puis à leur dissection. Elles ont ensuite été traitées selon le protocole présenté au tableau 1. Les otolithes *sagittae* ont d'abord été extraits dans le but d'estimer l'âge des spécimens et de déterminer s'ils provenaient des transferts. Par la suite, un sous-échantillon de 153 spécimens a été utilisé à des fins de détermination d'âge. Ce dernier prenait en compte la semaine d'échantillonnage et la proportion d'individus provenant des transferts. L'estimation de l'âge a été réalisée simultanément par deux lecteurs, et certains spécimens ont été rejetés lorsqu'aucun consensus n'était atteint. La technique du craquage-brûlage (ICES, 2011) a été utilisée pour un des deux otolithes de chacun des individus. Lorsque le résultat de la première lecture basée sur cette méthode de préparation semblait incertain, la méthode de préparation des otolithes développée par Tardif (2012) a été utilisée afin d'augmenter la précision des lectures. Cette méthode se résume à couler les otolithes dans une résine d'époxy et à les couper transversalement à l'aide d'une scie à révolution lente (IsoMet™) munie d'une lame au diamant, dans le but d'exposer le cœur de l'otolithe. Les tranches d'otolithes ont par la suite été sablées, polies et colorées avec du bleu de toluidine dans le but de faciliter l'estimation de l'âge des spécimens. Préalablement au montage et à la lecture d'âge, les otolithes ont été examinés sous une lampe UV afin de détecter les traces d'oxytétracycline (OTC). Comme l'ensemble des anguilles transférées dans le cadre des programmes québécois et ontarien avaient été préalablement plongées dans une solution d'OTC, la présence des marques caractéristiques laissées sur les otolithes par cette substance permettait de déterminer si les individus étaient des recrues transférées ou naturelles. Ce type de marquage est considéré comme étant sans risque de mortalité pour l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*; Simon et Dörner, 2005) et présente une efficacité élevée, notamment estimée à 100 % chez la perchaude (*Perca flavescens*) et le doré jaune (*Sander vitreus*; Unkenholz et collab., 1997; Meerbeek, 2018).

Tableau 1. Protocole appliqué au traitement des anguilles récupérées en 2023

1	Mesure du poids à l'aide d'une balance électronique Denver Instrument S-8001 ($\pm 0,1$ g).
2	Mesure de la taille (± 1 mm) prise de l'extrémité de la tête au bout de la queue sur une planche à mesurer graduée en millimètres.
3	Détermination du sexe, prélèvement et dissection de la vessie natatoire pour la détection macroscopique du nématode <i>Anguillicola crassus</i> .
4	Prélèvement d'une paire d'otolithes (<i>sagittae</i>) pour la détermination de l'âge et l'observation sous une binoculaire Leica MZ16F équipé d'un éclairage à fluorescence muni d'un filtre violet Leica (désignation V) pour la détection des marques d'OTC.

3. Résultats

3.1 Paramètres halieutiques

En 2023, 10 pêcheurs d'anguilles étaient actifs dans l'aire d'étude. Ceux-ci ont opéré 16 trappes fixes totalisant 2 876 mètres de tenture, ce qui représente le plus faible effort de pêche observé depuis 2009 (tableau 2). Les mesures de biomasse recueillies chez les pêcheurs commerciaux ont permis d'estimer le poids moyen des anguilles argentées à $1,43 \pm 0,04$ kg. La récolte commerciale dans l'estuaire du Saint-Laurent a été estimée à 8 279 anguilles argentées en 2023 par l'ensemble des pêcheurs, totalisant un débarquement estimé à 11,8 tonnes métriques. Cette biomasse était significativement plus faible que la moyenne de la période 2009-2022 ($19,5 \pm 4,3$ tonnes; test de t; $t_{1,13} = 6,7$; $p < 0,001$). Les captures par unité d'effort (CPUE) étaient de 4,1 kg/m de tenture en 2023, soit une valeur qui n'était pas significativement différente de la moyenne de la période 2009-2022, estimée à $4,5 \pm 1,5$ kg/m de tenture (tableau 2; test de t; $t_{1,13} = -1,07$; $p = 0,305$). Quoique non significative, une légère tendance à la hausse des CPUE est observée depuis 2009 (figure 2A; $R^2 = 0,20$; $p = 0,091$). Cette légère augmentation pourrait notamment être influencée par les baisses constantes de l'effort de pêche (figure 2B; $R^2 = 0,86$; $p < 0,001$) et du nombre de trappes fixes opérationnelles (figure 2C; $R^2 = 0,68$; $p < 0,001$) ainsi que par la légère diminution des débarquements annuels totaux (figure 2D; $R^2 = 0,27$; $p = 0,046$) observée depuis 2009.

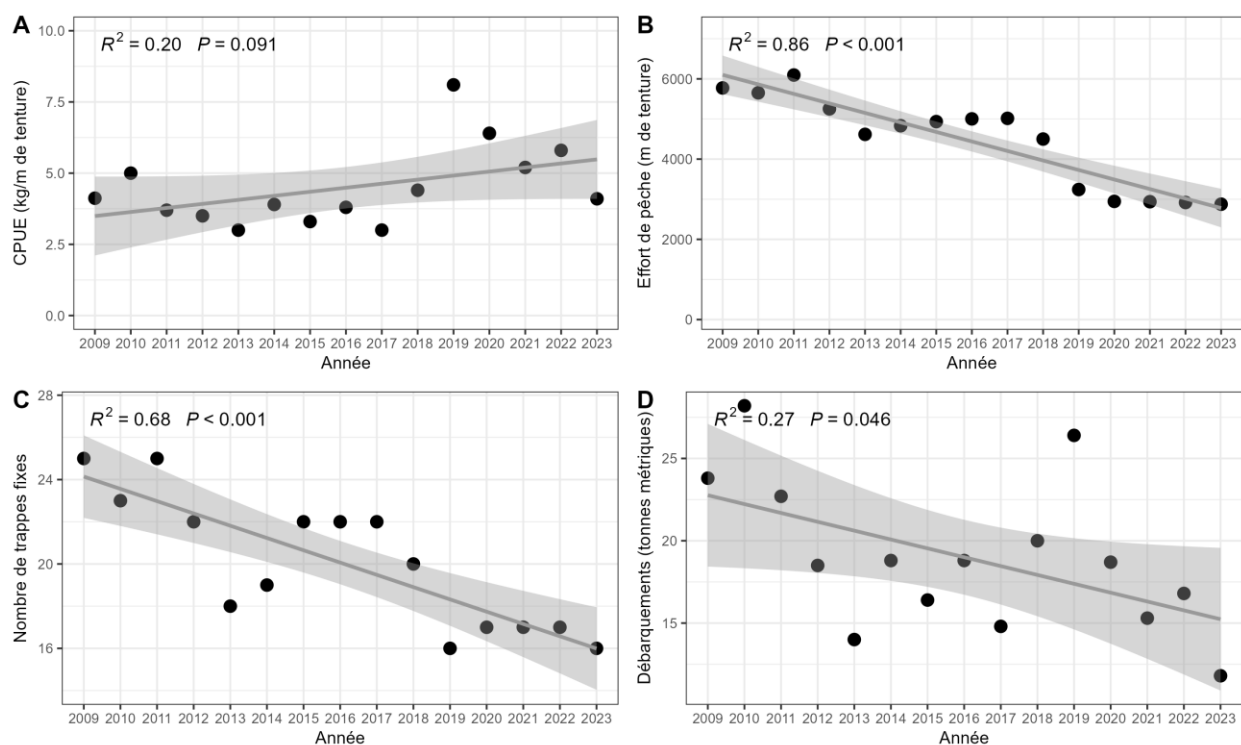


Figure 2. (A) Captures par unité d'effort (CPUE; kg d'anguilles par mètre de tenture), (B) effort de pêche (mètre de tenture), (C) nombre de trappes fixes opérationnelles et (D) débarquements totaux d'anguilles argentées estimés entre 2009 et 2023 dans la pêcherie commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent

Tableau 2. Paramètres halieutiques de la pêche commerciale d'anguilles argentées de 2009 à 2023 dans l'estuaire du Saint-Laurent

Paramètres d'exploitation	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Moyenne 2009-2022 (\pm é-t)	2023
Effort de pêche total (m de tentures) ¹	5774	5652	6096	5253	4617	4832	4935	5003	5016	4500	3242	2946	2938	2918	4551,6 (\pm 1102,4)	2876
Trappes fixes (n)	25	23	25	22	18	19	22	22	22	20	16	17	17	17	20,4 (\pm 3,1)	16
Pêcheurs actifs (n)	13	14	14	12	11	9	12	12	11	11	10	11	11	10	11,5 (\pm 1,5)	10
Débarquement (t)	23,8	28,2	22,7	18,5	14,0	18,8	16,4	18,8	14,8	20,0	26,4	18,7	15,3	16,8	19,5 (\pm 4,3)	11,8
CPUE (kg/m de tenture)	4,1	5	3,7	3,5	3,0	3,9	3,3	3,8	3,0	4,4	8,1	6,4	5,2	5,8	4,5 (\pm 1,5)	4,1

¹ L'effort de pêche correspond à la longueur cumulée de l'ensemble des guideaux déployés, en mètres.

Lors de la saison de pêche de 2023, des trappes ont été opérationnelles dès le 1^{er} septembre, et certains pêcheurs ont maintenu des engins en fonction jusqu'au 26 novembre. Les captures d'anguilles étaient marginales avant la semaine du 13 octobre et ont culminé à la mi-novembre (figure 3). Une variation interannuelle de la chronologie des pics de capture au cours des saisons 2020, 2021, 2022 et 2023 a été observée (figure 3). En 2020 et 2023, les captures étaient étalées sur la majorité de la saison, tandis que les saisons 2021 et 2022 ont été caractérisées par des pics de capture tardifs, qui ont été observés entre la mi-octobre et le début novembre (Doucet-Caron et Dussureault, 2021; Landry-Massicotte et collab., 2022; Landry-Massicotte et Dussureault, 2023; figure 3). La saison 2023 a été caractérisée par des captures réparties entre le début octobre et la mi-novembre, avec un pic de captures enregistré au début novembre.

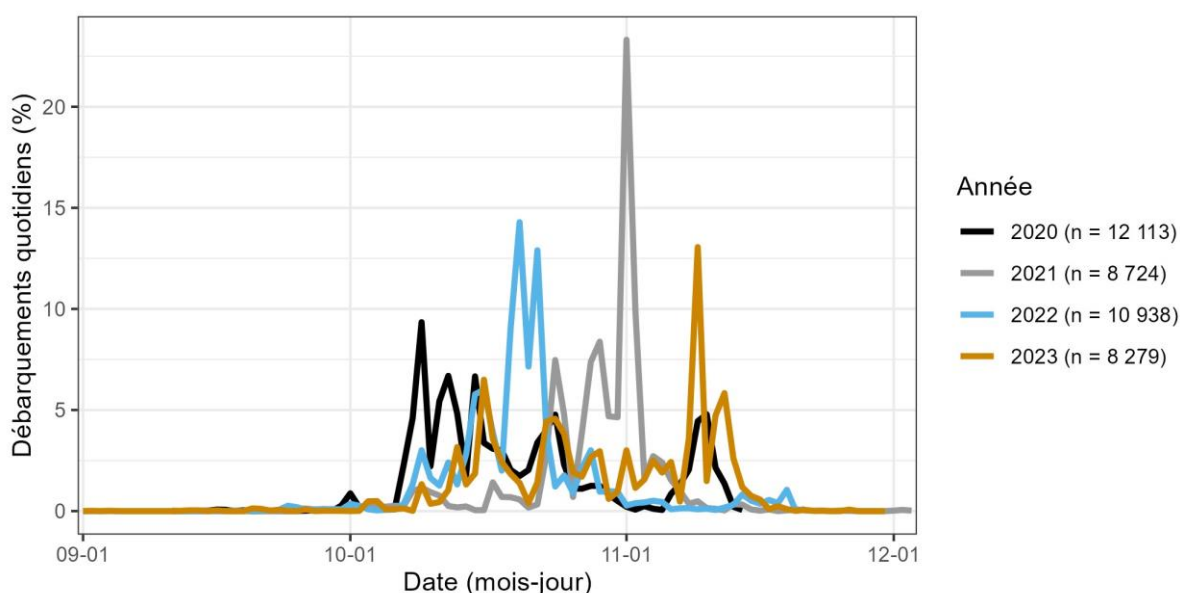


Figure 3. Chronologie des captures quotidiennes (%) d'anguilles argentées dans la pêche commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent en 2020, 2021, 2022 et 2023. Les données de 2020, 2021, 2022 et 2023 présentées dans cette figure concernent respectivement 9 pêcheurs sur 11, 9 pêcheurs sur 11, 9 pêcheurs sur 10 et 8 pêcheurs sur 10.

3.2 Caractéristiques des anguilles en dévalaison capturées dans la pêche

Au cours de la saison de pêche de 2023, un échantillon de 309 anguilles a été récolté afin de mesurer leurs caractéristiques morphologiques, leur origine (transférée ou naturelle) et leur âge. L'ensemble des 309 anguilles récupérées dans la pêche entre le 1^{er} septembre et le 23 novembre 2023 étaient des femelles. Sur l'ensemble des anguilles échantillonnées en 2023, les otolithes de 27,5 % des spécimens présentaient des marques d'OTC, indiquant qu'elles provenaient des transferts réalisés entre 2005 et 2010 (tableau 3). En appliquant cette proportion aux 128 357 (79 453 – 179 588) femelles matures qui auraient transité par l'estuaire du Saint-Laurent lors de la migration d'avalaison de 2023, 35 298 (21 850 – 49 387) d'entre elles seraient des représentantes des juvéniles transférées dans le Richelieu et en Ontario au cours de la période 2005-2010. Cette valeur est supérieure à la proportion observée lors des deux années précédentes (24,3 % et 16,3 %, respectivement), mais inférieure à celle enregistrée en 2020 (34,5 %).

Tableau 3. Scénario vraisemblable de l'abondance des anguilles en avalaison dans l'estuaire du Saint-Laurent de 2015 à 2023, stratifiée en fonction de leur origine¹

Année	Récolte commerciale (n)	Taux d'exploitation moyen (%)	Nombre total d'anguilles en migration	Proportion marquée à l'OTC (%)	Nombre total d'anguilles marquées à l'OTC	Nombre total d'anguilles non marquées
2015	11 347	7,50 (5,55 – 11,52)	151 293 (98 537 – 204 442)	10,3	15 589 (10 149 – 21 058)	135 765 (88 388 – 183 384)
2016	12 473	7,53 (5,58 – 11,55)	165 610 (107 976 – 223 475)	27,4	45 387 (29 585 – 61 232)	119 807 (78 391 – 162 243)
2017	9 933	7,54 (5,59 – 11,56)	131 770 (85 937 – 177 777)	33,5	44 143 (28 789 – 59 555)	87 627 (57 148 – 118 222)
2018	12 751	7,28 (5,35 – 11,28)	175 247 (113 001 – 238 292)	30,3	53 100 (34 239 – 72 202)	122 147 (78 761 – 166 089)
2019	16 923	6,64 (4,77 – 10,61)	254 982 (159 429 – 354 421)	33,0	84 144 (52 612 – 116 959)	170 838 (106 818 – 237 462)
2020	12 190	4,90 (2,9 – 8)	248 776 (152 375 – 420 345)	34,5	85 828 (52 569 – 145 019)	162 948 (99 806 – 275 326)
2021	9 626	6,60 (4,4 – 13,5)	145 849 (71 304 – 218 773)	16,3	23 773 (11 623 – 35 660)	122 075 (59 681 – 183 113)
2022	10 945	5,80 (4,2 – 9,7)	188 707 (112 835 – 260 595)	24,3	45 856 (27 419 – 63 325)	142 851 (85 416 – 197 271)
2023	8 279	6,45 (4,61 – 10,42)	128 357 (79 453 – 179 588)	27,5	35 298 (21 850 – 49 387)	93 059 (57 603 – 130 201)

¹ Les taux d'exploitation présentés en italique ont été estimés à partir d'une relation taux d'exploitation–effort de pêche. La même séquence de calcul a été réalisée à partir des estimations de taux d'exploitation optimiste et pessimiste, qui sont présentées entre parenthèses.

La taille moyenne des anguilles transférées était de $826,8 \pm 104,9$ mm en 2023, soit une valeur légèrement supérieure à celle des anguilles transférées capturées lors de la saison 2021 ($817,2 \pm 114,4$ mm; Landry-Massicotte et collab., 2022), mais légèrement inférieure à celle observée lors de la saison de pêche de 2022 ($857,6 \pm 125,0$ mm; Landry-Massicotte et Dussureault, 2023). En 2023, les anguilles transférées étaient significativement plus petites que les individus d'origine naturelle dont la taille moyenne était de $893,8 \pm 107,8$ mm (test de t; $t_{1,309} = -4,97$; $p < 0,001$; tableau 4; figure 4). Les anguilles d'origine naturelle

capturées en 2023 montraient un poids moyen de $1\,575,0 \pm 597,7$ g, soit une valeur significativement supérieure à celle des individus provenant des transferts ($1\,258,6 \pm 583,0$ g; test de t; $t_{1,309} = -4,23$; $p < 0,001$). Sur la base des observations réalisées depuis le début du suivi en 2015, les différences morphologiques entre les anguilles d'origine naturelle et celles transférées se sont atténuées avec les années.

Tableau 4. Caractéristiques des anguilles argentées échantillonnées dans l'estuaire du Saint-Laurent en 2023

Paramètres	Transférées (n = 85)		Naturelles (n = 224)	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Longueur totale (mm)	826,8	104,9	893,8	107,8
Poids (g)	1258,6	583,0	1575,0	597,7
Âge ¹	15,2	1,5	13,8	3,3

¹ L'estimation de l'âge a été réalisée sur 43 anguilles provenant des transferts et 108 anguilles d'origine naturelle.

Les anguilles provenant des transferts avaient un âge moyen de $15,2 \pm 1,5$ ans en 2023, soit un âge significativement supérieur à celui des anguilles d'origine naturelle âgées en moyenne de $13,8 \pm 3,3$ ans (test de Wilcoxon; $W = 3115$; $p = 0,001$). Il s'agit de la première année depuis le début du suivi que l'âge moyen des anguilles issues des transferts dépasse celui des anguilles issues du recrutement naturel. Les anguilles provenant des transferts étaient d'une taille comprise entre 608 et 1 155 mm et âgées de 13 à 18 ans. Les poissons issus du recrutement naturel présentaient des tailles réparties entre 596 et 1 216 mm et étaient âgés de 8 et 24 ans (figure 4). Les structures en âge et en taille des deux groupes d'anguilles divergeaient significativement (test de Kolmogorov-Smirnov; $D = 0,37$; $p < 0,001$ et $D = 0,32$; $p < 0,001$, respectivement). En 2023, la proportion d'individus issus de la première année de transferts en 2005 était marginale; elle représentait 7 % des captures totales d'anguilles transférées. Les anguilles provenant des transferts de 2006 et 2007 totalisaient 30 % des individus transférés. Comme en 2022, les individus transférés en 2008 étaient les mieux représentés (33 %). Finalement, les individus transférés en 2009-2010 représentaient quant à eux une proportion comparable à celle des transferts de 2006-2007 (30 %).

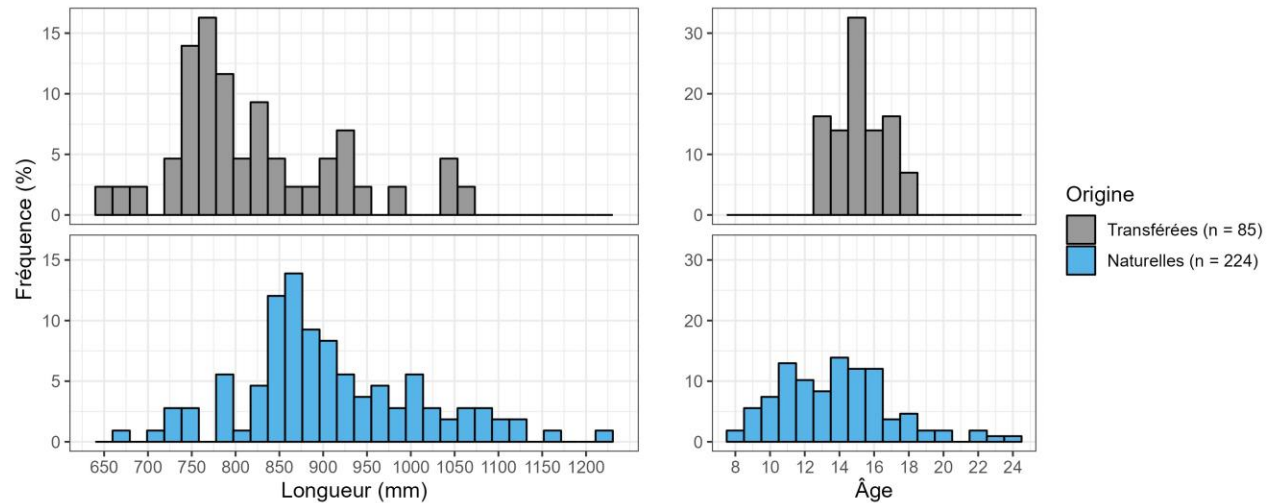


Figure 4. Distribution des fréquences de taille (gauche) et d'âge (droite) des anguilles capturées lors de la caractérisation de la récolte commerciale en 2023, selon leur origine

Au même titre que les années précédentes, une différence a été observée en 2023 quant à la chronoséquence de la dévalaison des individus d'origine naturelle et provenant des transferts (figure 5). Les individus d'origine naturelle ont majoritairement été capturés au début de la saison de pêche, tandis que les individus issus des transferts ont principalement été capturés vers la fin de la saison. En 2023, les individus transférés ont été capturés dans la pêcherie à partir de la semaine du 5 octobre, toutefois leur abondance dans les captures commerciales était faible à ce moment. Leur abondance a ensuite graduellement augmenté jusqu'à totaliser 62,6 % des captures en novembre.

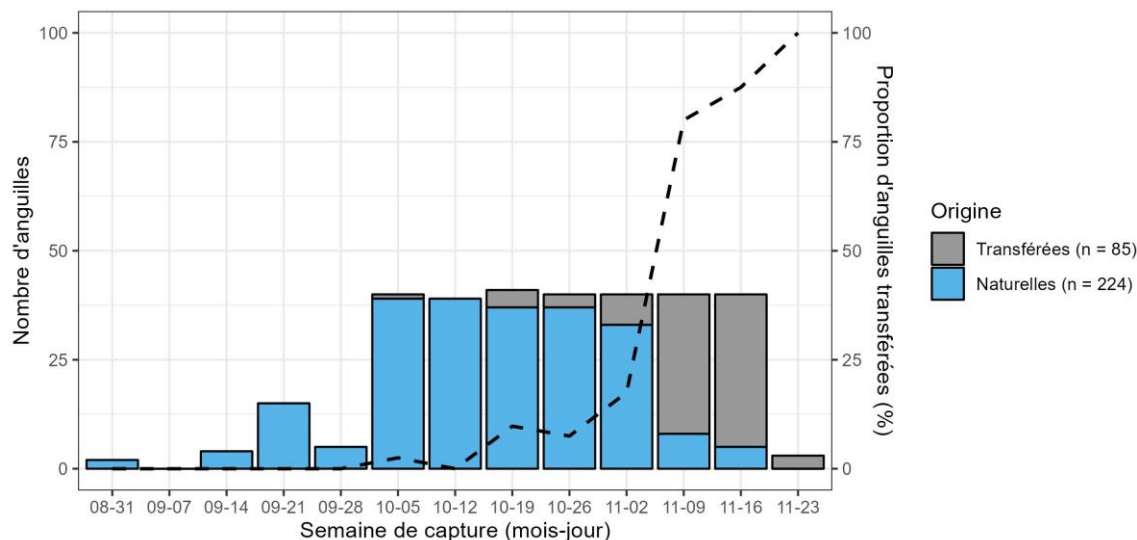


Figure 5. Nombre d'anguilles d'origine naturelle et transférée dans la pêcherie commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent pour chaque date d'échantillonnage en 2023. La courbe représente l'évolution temporelle de la proportion d'anguilles transférées.

Parmi les 309 anguilles argentées échantillonnées en 2023, le nématode *Anguillicola crassus* a été observé à l'intérieur de la vessie natatoire de 45 spécimens : 3 de ces anguilles provenaient des transferts et 42 étaient d'origine naturelle (tableau 5). La prévalence du parasite a donc été estimée à 14,5 % et l'intensité moyenne des infestations à $4,1 \pm 5,9$ parasites par sujet infesté. Pour les individus naturels, le nombre moyen de parasites par sujet infesté montrait une tendance à la hausse en 2023 ($4,3 \pm 6,1$ parasites), comparativement à la moyenne de la période 2015-2022 ($1,7 \pm 1,4$ parasites). Chez les individus issus des transferts en 2023, l'intensité de l'infestation ($1,0 \pm 1,4$ parasite) était similaire à la moyenne de la période 2015-2022 ($1,2 \pm 0,8$ parasites). Il s'agit, en 2023, de la septième année consécutive au cours de laquelle ce parasite exotique a été observé dans des anguilles d'origine naturelle. Bien que la prévalence et l'intensité de l'infestation soient à la hausse pour les anguilles issues du recrutement naturel, ces paramètres se maintiennent stables pour les anguilles provenant des transferts.

Tableau 5. Prévalence et intensité de l'infestation d'<i>Anguillicola crassus</i> dans la pêche commerciale de l'estuaire de 2015 à 2023				
Année	Naturelles		Transférées	
	Prévalence (%)	Intensité (nombre moyen par sujet \pm écart-type)	Prévalence (%)	Intensité (nombre moyen par sujet \pm écart-type)
2015	0,0	0,0	0,3	$1,0 \pm 1,0$
2016	0,0	0,0	0,9	$10,3 \pm 6,1$
2017	0,8	$1,3 \pm 0,6$	0,8	$2,0 \pm 1,0$
2018	0,3	2,0	1,0	$11,0 \pm 17,3$
2019	0,7	3,0	1,4	$9,5 \pm 12,0$
2020	2,3	$1,3 \pm 0,6$	3,1	$3,0 \pm 1,4$
2021	2,6	1,0	1,1	$3,0 \pm 1,4$
2022	6,6	$2,0 \pm 2,0$	1,5	$3,8 \pm 3,7$
2023	13,6	$4,3 \pm 6,1$	1,0	$1,0 \pm 0,0$

Discussion

3.3 Paramètres halieutiques

Dix pêcheurs actifs ayant déployé 2 876 mètres de tentures dans l'estuaire du Saint-Laurent en 2023 ont capturé 11,8 tonnes d'anguilles, une valeur significativement inférieure à la moyenne de la période 2009-2022. Les CPUE de 2023 étaient quant à elles similaires à la moyenne de la période 2009-2022, mais représentaient la valeur la plus faible depuis 2017. Une diminution marquée de l'effort de pêche a été observée de 2007 à 2009, en lien avec les différents programmes de rachat de permis de pêche commerciale (Verreault et collab., 2013). Il demeure que cette tendance à la baisse de l'effort de pêche est toujours perceptible de 2009 à 2023. Celle-ci serait notamment attribuable au vieillissement des pêcheurs commerciaux, à la diminution de l'engouement pour la pratique de cette activité et au manque de relève active au sein de la communauté de pêcheurs. La diminution constante du nombre de trappes et de la

longueur totale de tentures a pu contribuer à la légère augmentation des CPUE moyennes des trappes résiduelles depuis 2009. Il est plausible que les pêcheurs aient volontairement conservé les trappes les plus efficaces après le programme de rachat de 2009 et que les captures d'anguilles, anciennement réparties dans l'ensemble des trappes, se concentrent dorénavant dans les trappes offrant les plus hauts rendements. Outre la diminution de l'effort de pêche déployé, la constante diminution de l'âge et du poids moyens des anguilles argentées d'origine naturelle à la migration pourrait avoir contribué à la légère diminution des débarquements des pêcheurs commerciaux (Verreault et collab., 2017; Lecomte et collab., 2018).

Bien que les captures importantes aient été anciennement réalisées vers la fin septembre, les captures significatives d'anguilles argentées se font dorénavant vers la fin octobre et en novembre (Landry-Massicotte et collab., 2022; Landry-Massicotte et Dussureault, 2023). La saison de pêche de 2023 a été caractérisée par des captures tardives, de faibles captures d'anguilles argentées dans les trappes des pêcheurs avant la mi-octobre et un pic des captures vers la mi-novembre. En réaction à cette migration plus tardive, certains pêcheurs adaptent leurs pratiques en conservant leurs engins de pêche plus tard en saison, ce qui explique que des captures soient réalisées jusqu'au 26 novembre. Plusieurs auteurs ont démontré l'influence des facteurs abiotiques dans la chronologie des pics de migration chez l'anguille d'Amérique (Cullen et McCarthy, 2003; Durif, 2003; Verreault et collab., 2012). Le nombre de captures par les pêcheurs serait également influencé par une panoplie de facteurs abiotiques, selon les résultats d'une analyse préliminaire (données non présentées). La direction et la vitesse des vents entre septembre et novembre, la température moyenne de l'eau en octobre, le nombre de jours avec des rafales prédominantes de direction nord-est en novembre, le nombre de jours avec des rafales prédominantes de direction sud-ouest en septembre ainsi que les précipitations totales entre septembre et novembre influenceraient de manière positive le nombre de captures réalisées par les pêcheurs. Ces constats sont également corroborés par le savoir traditionnel des pêcheurs.

3.4 Caractérisation des anguilles en dévalaison capturées dans la pêcherie

Comme attendu, le nombre total d'anguilles provenant des transferts a montré une tendance à la baisse en 2023 (35 298), comparativement à 2022 (45 856). La proportion d'anguilles transférées répertoriée dans la pêcherie en 2023 (27,5 %) n'a pas diminué par rapport à l'année précédente (24,3 %), ce qui s'explique par la baisse du contingent total d'anguilles d'origine naturelle. Soulignons toutefois que l'échantillonnage réalisé en 2023 s'est déroulé sur 13 semaines en comparaison de 10 semaines en 2022 et de 7 semaines en 2021. En 2021 et 2022, des anguilles issues des transferts avaient été capturées dès la mi-octobre dans la pêcherie de l'estuaire et leur présence avait été recensée jusqu'aux semaines du 8 novembre et du 14 novembre, respectivement. Étant donné que les anguilles transférées sont reconnues pour migrer majoritairement en fin de saison (Verreault, 2019; Doucet-Caron et Dussureault, 2021; Landry-Massicotte

et collab., 2022), en raison possiblement de la grande distance qui sépare les sites de transfert et l'estuaire du Saint-Laurent (Hodson et collab., 1994), il est plausible que celles-ci n'aient été que partiellement représentées en 2021 et 2022 et qu'une proportion inconnue des anguilles issues des transferts aient dévalé après la fin du suivi. La durée annuelle de l'échantillonnage dépend de la période d'activité du pêcheur, pouvant influencer à la baisse la proportion des individus issue des transferts.

Entre 2015 et 2023, 28 079 anguilles issues des transferts auraient été capturées par les pêcheurs commerciaux sur une estimation totale de 433 118 génitrices ayant pu migrer vers la mer des Sargasses. Sur la base de ces estimations, 93,1 % des anguilles argentées issues des transferts auraient contribué au stock reproducteur et au renouvellement de la population. L'abondance des anguilles issues des transferts en 2023 a notamment dépassé de plus de quatre fois la récolte des pêcheurs commerciaux et permis de contribuer au stock reproducteur. Il reste difficile de prédire l'évolution de l'abondance des individus transférés en dévalaison pour les prochaines années, sachant que l'occurrence de ces individus dans la pêcherie peut être influencée par des facteurs indépendants des efforts de transfert, notamment par le recrutement naturel et le taux de survie. Néanmoins, dans le cadre d'une analyse connexe à ce rapport, une prédiction du nombre d'anguilles issues des transferts en dévalaison a pu être établie pour les années à venir. L'analyse prend en compte le nombre de civelles transférées entre 2005 et 2010, leur mortalité naturelle et anthropique, ainsi que la distribution en âge moyenne des anguilles transférées lors de leur dévalaison, mesurée entre 2015 et 2022. L'analyse a permis de prédire que 16 215 (13 520 – 23 249) anguilles issues des transferts dévaleront en 2024, 5 599 (3 277 – 7 288) en 2025, 1 745 (1 013 – 2 491) en 2026 et 172 (99 – 245) en 2027. L'analyse suggère que les gains associés aux transferts de 2005 à 2010 s'estomperont au cours des prochaines années et que le stock reproducteur reposera alors essentiellement sur le recrutement naturel.

Pour la première année depuis le début du suivi en 2015, l'âge moyen des anguilles issues du recrutement naturel était inférieur à celui des anguilles issues des transferts. Ce constat milite en faveur de l'hypothèse selon laquelle les anguilles transférées ont vraisemblablement la capacité d'adapter leur comportement de migration en fonction des caractéristiques environnementales du Saint-Laurent. Il est cependant important de mentionner que l'âge moyen à maturité des anguilles naturelles a considérablement diminué au cours des dernières décennies. Ce constat peut être le résultat d'un phénomène compensatoire expliqué par une croissance plus élevée attribuable à une densité d'individus plus faible dans le système Saint-Laurent (Lecomte et collab., 2018).

La prévalence du parasite *Anguillicola crassus* est en constante augmentation depuis le début du suivi en 2015. L'examen visuel des vessies natatoires a révélé que la prévalence du parasite atteignait 14,5 % des anguilles sous-échantillonnées en 2023, dont 13,6 % chez les anguilles d'origine naturelle. L'intensité moyenne de l'infestation était plus élevée chez les individus d'origine naturelle ($4,3 \pm 6,1$ parasites par anguille infestée comparativement à $1,0 \pm 0,0$ parasite par anguille infestée chez les individus issus des

transferts). Ces résultats permettent de confirmer que, depuis 2017, la prévalence de l'infestation chez les anguilles issues du recrutement naturel a augmenté et que le parasite est bien établi dans le système. Bien qu'*Anguillicola crassus* puisse entraîner des dommages physiologiques (Dezfuli et collab., 2021), son impact réel sur la dynamique du stock d'anguilles d'Amérique du Saint-Laurent demeure inconnu. Il est à noter que ce parasite est présent depuis longtemps en Asie et en Europe et que les anguilles japonaise (*Anguilla japonica*) et européenne auraient coévolué avec ce dernier et s'y seraient vraisemblablement adaptées (Moravec et Taraschewski, 1988; Knopf, 2006, Unger et collab., 2024).

4. Conclusion

Bien que les transferts n'aient pas été réalisés dans le but de soutenir l'exploitation commerciale, les anguilles issues des transferts de 2005-2010 représentent une proportion importante de la récolte annuelle depuis 2016. Cette récolte importante doit être mise en perspective et ne signifie pas pour autant que les pêcheurs commerciaux interceptent une part importante des génitrices produites avec les transferts du Québec et de l'Ontario. À titre d'exemple, pour la saison 2023, l'estimation de 35 298 (21 850 – 49 387) anguilles transférées en dévalaison dans l'estuaire surpasse de quatre fois les captures totales (naturelles et transférées) de 8 279 anguilles par la pêche commerciale. L'ajout de plusieurs dizaines de milliers d'anguilles transférées au contingent de femelles reproductrices en migration représente un gain significatif pour le stock reproducteur d'anguilles provenant du système Saint-Laurent. Entre 2015 et 2023, après le retrait du prélèvement par la pêche commerciale de l'estuaire, 93,1 % du contingent total d'anguilles issues des transferts aurait eu la possibilité de participer à la reproduction. L'abondance d'anguilles argentées d'origine naturelle provenant du bassin du Saint-Laurent s'établissait en 2023 à 93 059 (57 603 – 130 201) individus, ce qui représente 20,6 % (12,7 – 28,8 %) de l'effectif de cette même population estimée en 1996-1997 (452 000 individus; Caron et collab., 2003). Les abondances récentes ne constituent qu'une faible proportion de celles observées historiquement. Une baisse notable de l'abondance des anguilles en montaison a d'ailleurs été observée depuis 2008 au principal site de suivi du recrutement déployé à la centrale de Beauharnois (Verreault et collab., 2014). Bien qu'une légère hausse de l'abondance des anguilles juvéniles en montaison ait été observée à cette passe migratoire entre 2017 et 2023, l'effectif en montaison est relativement faible comparativement aux valeurs historiques, laissant présager un avenir incertain quant à la capacité du stock du Haut-Saint-Laurent à se rétablir.

5. Références bibliographiques

- Caron, F., P. Dumont, Y. Mailhot et G. Verreault. 2007. L'anguille au Québec, une situation préoccupante. *Le Naturaliste Canadien*. 131(1) : 59–66.
- Caron, F., G. Verreault et É. Rochard. 2003. Estimation of the Population size, Exploitation Rate, and Escapement of Silver-Phase American eels in the St. Lawrence Watershed. Pages 235-242 dans D.A. Dixon (dir.), *Biology, Management, and Protection of Catadromous Eels*, American Fisheries Society Symposium 33 Bethesda, Maryland.
- COSEPAC. 2012. Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xiii + 127 pages.
- Cornic, M., X. Zhu et D. K. Cairns. 2021. Cadre d'évaluation de l'anguille d'Amérique à l'échelle du stock : examen des tendances et approches en matière d'évaluation. Secrétariat canadien de consultation scientifique du MPO. Document de recherche. 2021/032. xi + 81 p.
- Cullen, P., et T. K. McCarthy. 2003. Hydrometric and Meteorological Factors Affecting the Seaward Migration of Silver eels (*Anguilla anguilla*, L.) in the Lower River Shannon. *Environmental Biology of Fishes*. 67: 349–357.
- Dezfuli, B. S., C. Maestri, M. Lorenzoni, A. Carosi, B. J. Maynard et G. Bosi. 2021. The impact of *Anguillicoloides crassus* (Nematoda) on European eel swimbladder: histopathology and relationship between neuroendocrine and immune cells. *Parasitology*. 148(5) : 612-622.
- Doucet-Caron, J., et J. Dussureault. 2021. Estimation de l'abondance et des caractéristiques des anguilles d'Amérique provenant des ensemencements dans la pêche de l'estuaire du Saint-Laurent en 2020. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent, 12 p.
- Durif, C. 2003. La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* : caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Hodson, P., M. Castonguay, C. Couillard, C. Desjardins, E. Pelletier et R. McLeod. 1994. Spatial and temporal variations in chemical contamination of American Eels, *Anguilla rostrata*, captured in the estuary of the St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 51 : 464-478.
- ICES. 2011. Report of the Workshop on Age Reading of European and American Eel (WKAREA2), 22-24 mars 2011, Bordeaux, France, ICES CM 2011/ACOM, 43 : 35 p.
- Knopf, K., 2006. The swimbladder nematode *Anguillicola crassus* in the European eel *Anguilla anguilla* and the Japanese eel *Anguilla japonica*: Differences in susceptibility and immunity between a recently colonized host and the original host. *Journal of Helminthology*. 80 : 129-136.

- Landry-Massicotte, L., J. Doucet-Caron et J. Dussureault, 2022. Estimation de l'abondance et des caractéristiques des anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) provenant des ensemencements dans la pêche commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent en 2021. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent, 20 p.
- Landry-Massicotte, L., et J. Dussureault, 2023. Estimation de l'abondance et caractérisation des anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) provenant des transferts dans la pêche commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent en 2022. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent, 18 p.
- Lecomte, F., G. Verreault, T. C. Pratt, Stanley D., S. Schlueter et P. Jacobson. 2018. Changes in American eel age structure and length at silvering in the St. Lawrence Estuary since 45yrs. International Association for Great Lakes Research (IAGRL) conference.
- Meerbeek, J. R. 2018. Marking Walleye with Oxytetracycline in Clear Lake, Iowa Department of Natural Resources, 27 p.
- Moravec, F., et H. Taraschewski. 1988. Revision of the genus *Anguillicola* Yamaguti, 1935 (*Nematoda*, *Anguillicolidae*) of the swim bladder of eels, including descriptions of 2 new species, *Anguillicola novaezelandiae* sp-n and *Anguillicola papernai* sp-n. *Folia Parasitologica*. 35 : 125–146.
- Pratt, T. C., et R. W. Threader. 2011. Preliminary evaluation of a large-scale American eel conservation stocking experiment. *North American Journal of Fisheries Management*. 31(4) : 619–628.
- Simon, J., et H. Dorner. 2005. Marking the European eel with oxytetracycline, alizarin red and coded wire tags: an evaluation of methods. *Journal of Fish Biology*. 67(5) : 1486-1491.
- Stacey, J. A., T. Pratt, G. Verreault et M. G. Fox. 2015. A caution for conservation stocking as an approach for recovering Atlantic eels. *Aquatic Conservation, Marine and Freshwater Ecosystem*. 25(4) : 569-580.
- Tardif, R. 2012. Procédure de préparation et de montage des otolithes d'anguille. Version 2. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire, Direction générale du Bas-Saint-Laurent, 23 p.
- Unger, P., J. Schmidt, M. Dorow, S. Möller, et H. Palm. 2024, Reaching the steady state: 30 years of *Anguillicola crassus* infection of European eel, *Anguilla anguilla* L., in Northern Germany. *Parasitology*, 12 : 1-9.
- Unkenholz, E. G., M. L. Brown et K. L. Pope. 1997. Oxytetracycline Marking Efficacy for Yellow Perch Fingerlings and Temporal Assays of Tissue Residues. *The Progressive Fish-Culturist*. 59 : 280-284.
- Verreault, G. 2019. Estimation de l'abondance des anguilles d'Amérique provenant des ensemencements dans la pêche commerciale de l'estuaire du Saint-Laurent en 2019. Guy Verreault – Expertises scientifiques, 20 p.

- Verreault, G., et P. Dumont. 2003. An estimation of American eel escapement from the Upper St. Lawrence River and Lake Ontario in 1996 and 1997, 243-251, D.A. Dixon (dir.), *Biology, Management, and Protection of Catadromous Eels*, American Fisheries Society Symposium, 33 Bethesda, Maryland.
- Verreault, G., M. Mingelbier et P. Dumont. 2012. Spawning migration of American eel *Anguilla rostrata* from pristine (1843-1872) to contemporary (1963-1990) periods in the St Lawrence Estuary, Canada. *Journal of Fish Biology*. 81 : 387-407.
- Verreault, G., P. Dumont, J. Dussureault et R. Tardif. 2010. First record of migrating American eels (*Anguilla rostrata*) in the St. Lawrence Estuary originating from a stocking program. *Journal of Great Lakes Research*. 36 : 794-797.
- Verreault, G., J. Schlueter, P. Jacobson, T. C. Pratt, F. Lecomte et D. Stanley. 2017. Modification in American eel (*Anguilla rostrata*) age structure and length at silvering in the St. Lawrence Estuary since the last 45 years. 1 st North American Eel Science Symposium, Cornwall, Canada.
- Verreault, G., J. Schlueter, P. Jacobson, T. C. Pratt, F. Lecomte et D. Stanley. 2017. Modification in American eel (*Anguilla rostrata*) age structure and length at silvering in the St. Lawrence Estuary since the last 45 years. 1 st North American Eel Science Symposium, Cornwall, Canada.
- Verreault, G., R. Tardif et M. Tremblay. 2014. Structure en âge des anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) en montaison aux passes migratoires de Beauharnois et de Chambly en 2009, 2011 et 2013. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent. Rivière-du-Loup, 33 p.
- Verreault, G., J. Dussureault, A.-M. Pelletier et P. Gagnon. 2013. Impact of a licenses buyout program on exploitation rates and escapement of American eel (*Anguilla rostrata*) in the St. Lawrence Estuary. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent, 1 p.

**Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs**

Québec

