

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT,
DE LA LUTTE CONTRE
LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES,
DE LA FAUNE ET DES PARCS

État du stock de poulamons atlantiques (*Microgadus tomcod*) de l'estuaire du Saint-Laurent



Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec (DGFa-04-17) et 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 produite par la Direction des communications du MELCCFP.

Référence à citer

LANDRY-MASSICOTTE, L., P. BRODEUR et É. PAQUIN (2023). État du stock de poulamons atlantiques (*Microgadus tomcod*) de l'estuaire du Saint-Laurent, ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec et Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent, 30 p.

Photographie de la page titre

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2023

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2023

ISBN (PDF) : 978-2-550-93711-1

Équipes de réalisation

Rédaction

Louis Landry-Massicotte¹
Philippe Brodeur²
Émilie Paquin²

Équipes de terrain et de laboratoire

Johanne Dussureault ¹	Yves Paradis ³
Patrick Gagnon ¹	Simon Bernatchez ³
Martine Tremblay ¹	Léon L'Italien ⁴
Kim Belzile ¹	Francis Moore ⁴
Rémi Tardif ¹	Mathieu Trudel ⁴
David Bouchard ¹	Mélanie Desrosiers ⁵
Geneviève Bourget ¹	Gesche Winkler ⁶
Anne-Marie Pelletier ¹	Christiane Dufresne ⁶
Annie Marquis ¹	Abigaëlle Dusso ⁶
Guy Verreault ¹	Christophe Anderson ⁶
Jérôme Doucet-Caron ¹	Anne-Sophie Fabris ⁶
Marc Mingelbier ³	William Fortin ⁷
Denise Deschamps ³	Fanny Lescouzères ⁸
Marc-Antoine Couillard ³	Charlotte Carrier-Belleau ⁸

Révision

Michel Bélanger³
Yves Paradis³
Yves Mailhot⁹

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 de l'expertise sur la faune aquatique, MELCCFP

⁴ Direction de la gestion de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, MELCCFP

⁵ Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, MELCCFP

⁶ Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

⁷ Université du Québec à Chicoutimi

⁸ Université Laval

⁹ Expert externe

Résumé

Le poulamon atlantique (*Microgadus tomcod*), une espèce de poisson fourrage de l'estuaire du Saint-Laurent, revêt une importance écosystémique, économique et culturelle. Cette espèce fait l'objet d'une des plus populaires pêcheries sportives hivernales du Québec, principalement sur la rivière Sainte-Anne, située en Mauricie. Aucune évaluation récente de l'état du stock de poulamons de l'estuaire du Saint-Laurent n'est disponible à ce jour. La présente étude visait à déterminer si les pêches scientifiques du Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE), menées au site de Rivière-Ouelle au cours de la période 2009-2020 par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), peuvent être utilisées pour évaluer l'état du stock de cette espèce. Afin d'évaluer la représentativité des pêches du RIPE, des indicateurs de la structure du stock de poulamons, calculés à partir des données de la trappe de pêche à la fascine de Rivière-Ouelle recueillies en 2019, ont été comparés à ceux obtenus la même année au moyen d'un échantillonnage estival effectué au chalut dans l'estuaire moyen. Les données du RIPE ont également été comparées à un échantillonnage hivernal des captures à la pêche sportive sous la glace durant la migration de fraye dans les rivières Sainte-Anne et Batiscan. Les résultats suggèrent que les captures de la trappe fixe de Rivière-Ouelle sont représentatives de la structure du stock de poulamons de l'estuaire du Saint-Laurent. Toutefois, en 2019, les reproducteurs n'étaient que partiellement représentés par la trappe, la proportion des poulamons de taille supérieure à 240 mm étant moins élevée que dans les autres inventaires. L'analyse des tendances temporelles des captures par unité d'effort (CPUE) de la trappe de Rivière-Ouelle a permis de déceler une diminution significative de l'abondance globale du stock de l'ordre de 27 % de 2009 à 2020. Cette diminution est majoritairement attribuable à une baisse significative de l'abondance des jeunes de l'année de l'ordre de 58 % observée de 2010 à 2020. Aucune tendance temporelle significative des CPUE n'a été mesurée chez les individus d'âges 1+, 2+ et supérieur ou égal à 3+ ainsi que pour la biomasse par unité d'effort (BPUE) des femelles matures. L'analyse des courbes de capture linéarisées a permis de déterminer que pour la majorité des années, les données de la trappe fixe permettent d'estimer le taux annuel de mortalité totale du stock âgé entre 2 et 5 ou 6 ans. Le stock de poulamons n'est pas à l'abri d'un déséquilibre compte tenu de la diminution du recrutement à l'âge 0+ observée depuis 2010 et des taux annuels de mortalité élevés mesurés de 2018 à 2020 (69,1 à 71,0 %). Bien que les pêches du RIPE à Rivière-Ouelle permettent de suivre l'état du stock de poulamons de l'estuaire du Saint-Laurent, plusieurs recommandations sont toutefois présentées dans ce rapport afin d'optimiser cet outil de gestion et les analyses qui en découlent.

Table des matières

Équipes de réalisation	i
Résumé	ii
Liste des tableaux	iv
Liste des figures	iv
Remerciements	v
1. Introduction	1
2. Matériel et méthodes	3
2.1 Échantillonnage et traitement des captures	3
2.2 Représentativité de la trappe fixe de Rivière-Ouelle	5
2.3 État du stock de poulamons atlantiques	6
3. Résultats	8
3.1 Représentativité de la trappe fixe de Rivière-Ouelle	8
3.2 État du stock de poulamons atlantiques	11
4. Discussion	15
4.1 Représentativité de la trappe fixe de Rivière-Ouelle	15
4.2 État du stock de poulamons atlantiques	16
5. Recommandations et perspectives de gestion	19
6. Conclusion	20
7. Références bibliographiques	21
Annexes	24
Annexe 1. Synthèse de l'effort d'échantillonnage et de l'effectif des échantillons de poulamons.	24
Annexe 2. Clé longueur-âge créée à partir de 597 poulamons atlantiques capturés à la trappe fixe de Rivière-Ouelle de 2009 à 2012.	25
Annexe 3. Clé longueur-sexe créée à partir de 2 350 poulamons atlantiques sexés capturés à la trappe fixe de Rivière-Ouelle de 2009 à 2016.	26
Annexe 4. Clé longueur-maturité créée à partir de 1 989 observations sur des poulamons atlantiques capturés à la trappe fixe de Rivière-Ouelle de 2009 à 2015.	27
Annexe 5. Détermination du nombre optimal de mesures requises pour représenter la biomasse des poulamons femelles matures par le sous-échantillonnage mené durant les marées ciblées.	28
Annexe 6. Captures par unité d'effort (CPUE; nombre par jour) de poulamons atlantiques capturés annuellement à la trappe fixe de Saint-Nicolas du RIPE de 1971 à 2020.	30

Liste des tableaux

Tableau 1. Taux annuels de mortalité observés à la trappe fixe de Rivière-Ouelle de 2010 à 2020 (à l'exception de 2014 et 2017; tous sexes confondus). _____ 15

Liste des figures

Figure 1. Localisation des stations d'échantillonnage sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan (pêche sportive), de la campagne d'échantillonnage du Lampsilis dans l'estuaire moyen (chalut) et de l'échantillonnage du RIPE à Rivière-Ouelle _____ 4

Figure 2. Distribution des fréquences de taille (gauche) et d'âge estimé (droite) des poulamons atlantiques capturés au chalut et à la trappe fixe dans l'estuaire moyen en 2019 ainsi qu'à la pêche sportive sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan en 2020. _____ 8

Figure 3. Taille moyenne (gauche) et âge moyen estimé (droite) des poulamons atlantiques capturés au chalut et à la trappe fixe dans l'estuaire moyen en 2019 et à la pêche sportive sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan en 2020. La ligne centrale représente la médiane, la boîte les 25^e et 75^e percentiles, les moustaches les valeurs maximums et minimums de la distribution (1^{er} et 99^e percentile). Les différences significatives sont identifiées par des lettres différentes (Kruskal-Wallis, suivi d'une comparaison par paire de Wilcoxon). _____ 9

Figure 4. Taille moyenne (gauche) et distribution des fréquences de taille (droite) des poulamons atlantiques femelles matures (stade 3 et plus) capturés à la trappe fixe dans l'estuaire moyen en 2019 et à la pêche sportive sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan en 2020. La ligne centrale sur le graphique de gauche représente la médiane, la boîte les 25^e et 75^e percentiles, les moustaches les valeurs maximums et minimums de la distribution (1^{er} et 99^e percentile). Les différences significatives sont identifiées par des lettres différentes (test de Wilcoxon). _____ 10

Figure 5. Âge moyen (gauche) et distribution des fréquences d'âge estimé (droite) des poulamons atlantiques femelles matures (stade 3 et plus) capturés à la trappe fixe dans l'estuaire moyen en 2019 et à la pêche sportive sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan en 2020. La ligne centrale sur le graphique de gauche représente la médiane, la boîte les 25^e et 75^e percentiles, les moustaches les valeurs maximums et minimums de la distribution (1^{er} et 99^e percentile). Les différences significatives sont identifiées par des lettres différentes (test de Wilcoxon). _____ 10

Figure 6. Taux annuel de mortalité (A) mesuré par la méthode des courbes de captures linéarisées chez les poulamons atlantiques échantillonnés au chalut et à la trappe fixe en 2019. Les taux instantanés de mortalité, correspondant à la pente de la relation, ne montraient aucune différence significative entre l'échantillonnage à la trappe fixe et celui au chalut (ANCOVA). _____ 11

Figure 7. Structures en taille (gauche) et en âge (droite) des poulamons atlantiques capturés à la trappe fixe de la Rivière-Ouelle du RIPE de 2010 à 2020, exprimée en fonction des captures par unité d'effort (CPUE). _____ 12

Figure 8. Tendances temporelles des CPUE de poulamons atlantiques (globale, 0+, 1+, 2+ et 3+ et plus) à la trappe de Rivière-Ouelle. Les valeurs prédites par le modèle compromis et leurs intervalles de confiance sont présentés. Les points représentent les moyennes annuelles des CPUE \pm erreur type de 2009 à 2020 (aucune donnée pour 2014 et valeurs pour 2009 présentées uniquement pour la CPUE globale). _____ 13

Figure 9. Tendances temporelles des BPUE de femelles matures (stade de maturité 3 et plus) de poulamons atlantiques à la trappe de Rivière-Ouelle. Les valeurs prédites par le modèle compromis et leurs intervalles de confiance sont présentés. Les points représentent les moyennes annuelles de la BPUE \pm erreur type de 2010 à 2020, à l'exception de 2014. _____ 14

Figure A5.1 Taille moyenne des poulamons atlantiques en fonction du nombre d'individus mesurés chaque année de 2009 à 2012. L'erreur type obtenue pour chaque taille de sous-échantillon est représentée par la zone grise sur la figure de gauche et exprimée en pourcentage sur la figure de droite. _____ 28

Figure A5.2 Biomasse moyenne des poulamons atlantiques femelles matures en fonction du nombre d'individus mesurés à chaque marée ciblée de 2009 à 2012. Chaque courbe représente les captures d'une marée ciblée. L'erreur type associée à chaque taille de sous-échantillon est représentée par la zone grise sur la figure de gauche et exprimée en pourcentage sur la figure de droite. _____ 29

Remerciements

Nous remercions tous les biologistes, techniciens de la faune et pêcheurs commerciaux qui contribuent chaque année à la réalisation des pêches du RIPE. Nous souhaitons souligner particulièrement la passion et le dévouement du pêcheur repère qui, chaque année, déploie la trappe fixe de Rivière-Ouelle et prend en charge la gestion des captures. Nous remercions également Yves Mailhot, Yves Paradis et Michel Bélanger pour leurs conseils et commentaires constructifs sur le présent rapport. Merci également à l'équipage du *Lampsilis*, navire de recherche utilisé pour la collecte de poulamons dans l'estuaire. Ces travaux ont été rendus possibles grâce au soutien financier du programme Odysée Saint-Laurent, du programme de Réinvestissement dans le domaine de la faune, de la Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées de l'Université du Québec à Chicoutimi, du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs et de l'Université Laval.

1. Introduction

Le poulamon atlantique (*Microgadus tomcod*) est une espèce fourrage de l'estuaire du Saint-Laurent (Scott et Crossman, 1974; Laprise et Dodson, 1990; Bernatchez et coll., 2020) qui occupe une position clé au sein du réseau trophique (Couture et coll., 1982). Le poulamon vit en eaux salées et se reproduit en eaux douces ou saumâtres. La zone de turbidité maximale de l'estuaire moyen du Saint-Laurent représente la principale zone d'alevinage et de croissance de cette espèce (Scott et Crossman, 1974; Laprise et Dodson, 1990; Couillard et coll., 2011). Depuis le XVIII^e siècle, le poulamon atlantique est reconnu pour se reproduire dans des tributaires du fleuve Saint-Laurent, dans la région de la Mauricie (Tessier, 1975; Mailhot et coll., 1988). La plus ancienne mention de l'utilisation d'une rivière de l'estuaire fluvial par le poulamon résulte des fouilles archéologiques menées par Chapdelaine et coll. (1986) sur un site iroquoien qui aurait été utilisé vers 1450, près de la rivière Saint-Maurice. Le poulamon se reproduisait autrefois dans les rivières Saint-Maurice (d'où provient l'appellation de petit poisson des chenaux), Batiscan et Sainte-Anne sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, et il était également recensé dans les rivières Bécancour et Saint-François sur la rive sud (Couture et coll., 1982; Hart et coll., 1991). L'espèce a presque complètement abandonné les rivières Saint-Maurice et Batiscan et les tributaires de la rive sud du Saint-Laurent dans les années 1980 pour se reproduire majoritairement dans la rivière Sainte-Anne (Hart et coll., 1991). La dégradation de la qualité de l'eau des rivières, les variations de niveaux d'eau du fleuve et l'ensablement à l'embouchure de la rivière Sainte-Anne ont fait partie des hypothèses énoncées pour expliquer la forte baisse d'abondance de l'espèce survenue de 1986 à 1988 (Mailhot et coll., 1988; Hart et coll., 1991; Bergeron et coll., 1998) ainsi que la désertion de plusieurs rivières. Le poulamon aurait vraisemblablement effectué un retour dans la rivière Batiscan en 1989, où des activités de fraye ont été confirmées depuis (Hart et coll., 1991). Des migrations de fraye sont également rapportées dans la rivière Saint-Maurice (Y. Bergeron, technicien de la faune, comm. pers.), mais aucune information récente ne permet de juger de l'ampleur de l'utilisation de ce site. À la suite de sa reproduction dans les tributaires du fleuve, le poulamon atlantique migre de l'estuaire fluvial vers la zone de transition de l'estuaire moyen (Laprise et Dodson, 1990).

La pêche sportive sous la glace durant la migration de fraye hivernale du poulamon atlantique a débuté en 1938 dans la rivière Sainte-Anne et, quelques années plus tard, dans la rivière Batiscan (Tessier, 1975). Dans les années 1970, on comptait plus de 1 000 cabanes de pêche installées sur la rivière Sainte-Anne. La récolte sportive a été estimée à 6,5 millions de poulamons ou 225 t en 1978-1979 et à 8,5 millions de poulamons ou 318 t en 1979-1980 (Cournoyer et Laterrière, 1981; Couture et coll., 1982). La pêche dans la rivière Sainte-Anne constitue une importante activité touristique et génère des retombées économiques de plusieurs millions de dollars annuellement (LPPDC, 2019; Marceau, 2018). Au cours de l'hiver 2018-2019, 18 centres de pêche étaient en activité sur la rivière Sainte-Anne, pour un total de 417 cabanes, alors

qu'une dizaine de cabanes de pêche au poulamon étaient installées sur la rivière Batiscan (Bernatchez et coll., 2020).

En plus de cette pêche sportive traditionnelle, l'espèce faisait autrefois l'objet d'une importante pêche commerciale au verveux en hiver (Mailhot et coll., 1988). En 1978-1979 et en 1979-1980, les captures commerciales de poulamons ont été estimées à 56 et 71 t, respectivement (Couture et coll., 1982). À la suite d'un important déclin survenu au cours des années 1980, les modalités de pêche commerciale ont été révisées (Mailhot, 1991). La pêche commerciale est dorénavant permise dans des secteurs restreints du fleuve Saint-Laurent. Au cours de la période 2015-2019, des débarquements d'uniquement 329 et 5 kg de poulamons ont été déclarés en 2016 et 2017, respectivement (MAPAQ, 2019; données non publiées). La récolte de poulamons est également permise dans les trappes fixes de l'estuaire du Saint-Laurent. Des débarquements annuels déclarés de 0,07 à 0,74 t ont été enregistrés dans l'estuaire durant la période 2015-2019, alors qu'ils ont oscillé de 30 à 60 t de 1986 à 1992 dans l'ensemble du fleuve (MAPAQ, 2019; données non publiées). Cette chute importante de l'exploitation commerciale du poulamon s'explique vraisemblablement par une baisse de l'engouement pour cette pêche, couplée aux changements des modalités de pêche commerciale près de la rivière Sainte-Anne et au programme de rachat de trappes fixes de l'estuaire en 2009.

Le Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE), mis en place en 2009 par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), vise à suivre annuellement l'état des stocks de poissons de l'estuaire du Saint-Laurent (Bourget, 2011; Bourget et coll., 2011; Mingelbier et coll., 2016). Quatre sites d'échantillonnage à l'aide de trappes fixes de pêche à la fascine sont distribués dans l'estuaire fluvial et l'estuaire moyen. Les trappes situées dans l'estuaire fluvial à Cap-Santé et à Saint-Nicolas sont considérées comme représentatives des communautés de poissons d'eau douce, tandis que celles localisées en aval, soit à Saint-Irénée et à Rivière-Ouelle, sont représentatives des communautés d'eau saumâtre (Bourget, 2011). Au site du RIPE de Rivière-Ouelle, le poulamon atlantique représentait 68,9 % des prises, alors qu'il ne constituait que 0,5 % des captures au site de Saint-Irénée en 2009 (Bourget, 2011).

Aucun suivi de l'état du stock de poulamons du Saint-Laurent n'a été mis en place à ce jour. La présente étude visait à déterminer si les captures effectuées par le RIPE à Rivière-Ouelle sont représentatives du stock de poulamons fréquentant l'estuaire moyen durant l'été et dans les rivières Sainte-Anne et Batiscan en hiver. Une évaluation de l'état du stock de poulamons basée sur les captures du RIPE a également été réalisée. Pour ce faire, des indicateurs de dynamique de populations mesurés au cours de la période 2009-2020 au site d'échantillonnage de la Rivière-Ouelle ont été analysés. Des recommandations ont également été formulées afin de bonifier le suivi futur du poulamon atlantique de l'estuaire du Saint-Laurent et de sa pêche sportive.

2. Matériel et méthodes

2.1 Échantillonnage et traitement des captures

Les poulamons atlantiques ont été capturés à l'aide d'une trappe fixe de pêche à la fascine (guideaux de 100 m; marnage moyen de $3,6 \pm 1$ m; Bourget, 2011) installée annuellement dans l'estran à Rivière-Ouelle de 2009 à 2020 (à l'exception de 2014; figure 1). Lorsque les conditions météorologiques le permettaient, la trappe était visitée à chaque marée basse par un pêcheur commercial employé sous contrat par le MELCCFP, au cours d'environ 9 à 11 semaines, du 1^{er} septembre au 13 novembre (annexe 1). Le nombre total de poissons par espèce contenus dans le coffre de la pêche à la fascine était comptabilisé et la plupart des individus étaient remis à l'eau. Avant 2016, l'ensemble des poissons capturés au cours d'une marée par semaine étaient conservés au congélateur pour analyse ultérieure en laboratoire. L'âge, déterminé à partir des otolithes (2009 à 2012 seulement), le sexe et le stade de maturité (Nikolsky, 1976) d'un sous-échantillon des captures ont été notés en laboratoire (Bourget et coll., 2011). À partir de 2016, le nombre total de poulamons atlantiques et d'éperlans arc-en-ciel a été estimé à chaque levée à partir du poids total des individus collectés. Pour calibrer cette estimation, un décompte de tous les spécimens de chaque espèce était réalisé au cours de 9 à 12 marées ciblées, selon les années (annexe 1), afin d'obtenir un rapport masse totale de poissons/nombre de poissons capturés. Le rapport moyen obtenu à la suite de deux marées ciblées successives a ensuite été utilisé pour estimer le nombre de poissons capturés à chaque levée de l'engin de pêche, entre ces deux marées ciblées. Dans le cadre des marées ciblées, les poulamons étaient triés sur le terrain et comptés en deux groupes de tailles, soit les recrues (longueur totale maximale < 110 mm) et les non-recrues (longueur totale maximale ≥ 110 mm) et un maximum de 100 poulamons, répartis proportionnellement entre les deux groupes de tailles, étaient ensuite congelés. En laboratoire, les poulamons décongelés étaient mesurés (longueur totale maximale; ± 1 mm). L'âge des individus a été estimé à l'aide d'une clé longueur-âge (mâles et femelles confondus) créée à partir de 597 poulamons atlantiques dont l'âge a été déterminé de 2009 à 2012 (annexe 2; 23 244 ou 97,5 % des individus dont l'âge a été réassigné). Le sexe des individus a été estimé à l'aide d'une clé longueur-rapport des sexes créée à partir de 2 350 poulamons sexés de 2009 à 2016 (annexe 3; 20 518 individus [ou 89,7 %] dont le sexe a été réassigné). Finalement, le stade de maturité des poulamons femelles a été estimé à partir d'une clé longueur-stade de maturité créée à partir de 1 989 observations de femelles réalisées de 2009 à 2015 (annexe 4; 20 879 individus [ou 91,3 %] dont le stade de maturité a été réassigné).

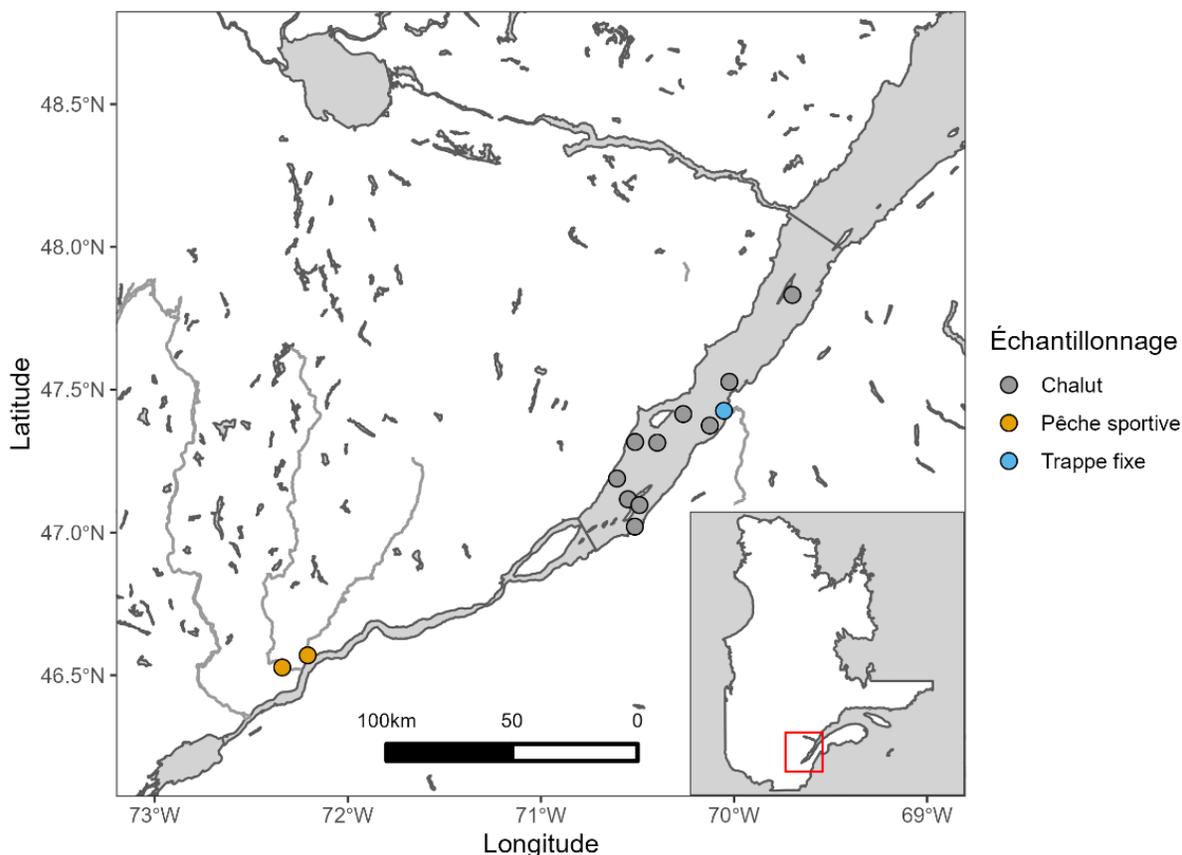


Figure 1. Localisation des stations d'échantillonnage sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan (pêche sportive), de la campagne d'échantillonnage du *Lampsilis* dans l'estuaire moyen (chalut) et de l'échantillonnage du RIPE à Rivière-Ouelle

En 2019, les poulamons du RIPE ont été capturés au site de la Rivière-Ouelle du 1^{er} septembre au 30 octobre. Un sous-échantillon décongelé des captures a été mesuré durant les marées ciblées (longueur totale maximale; ± 1 mm; $n = 491$). Le sexe et le stade de maturité (Nikolsky, 1976) ont été déterminés par l'examen des gonades en laboratoire sur un sous-échantillon aléatoire des captures ($n = 128$). Le sexe et le stade de maturité de l'ensemble des poulamons mesurés en 2019 ont été estimés à l'aide de clés longueur-rapport des sexes et longueur-maturité créées à partir du sous-échantillon de femelles traité en 2019. L'âge des poulamons a été estimé à partir de la clé longueur-âge du RIPE créée à partir des données collectées de 2009 à 2012 (annexe 2).

Des poulamons ont également été capturés à 10 stations d'échantillonnage de l'estuaire moyen du Saint-Laurent du 30 août au 2 septembre 2019 (figure 1). L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'un chalut benthique au cours d'une mission du navire de recherche *Lampsilis* (chalut de type Yankee; ouverture de 7,3 m de large sur 2,1 m de haut; maille étirée en polypropylène de 100 mm [ailes et cul], 80 mm [ventre et dos], 50 mm [rallonge] et de nylon tressé de 14 mm de maille étirée [doublure du cul du chalut]; deux portes Morgère de 200 kg disposés latéralement; Mingelbier et coll., 2019). Un sous-échantillon aléatoire

de poulamons capturés à chaque station ont été mesurés (longueur totale maximale; ± 1 mm) et congelés pour traitement ultérieur en laboratoire. Pour l'ensemble des poulamons mesurés ($n = 831$), l'âge a été estimé à partir de la clé longueur-âge du RIPE (annexe 2), tandis que le sexe et le stade de maturité de l'ensemble des captures ont été déterminés à l'aide des clés créées à partir des données du sous-échantillon du RIPE en 2019.

Les captures en période de reproduction ont été réalisées sous la glace dans la rivière Sainte-Anne (village de pêche de Sainte-Anne-de-La-Pérade) du 22 décembre 2019 au 14 février 2020 ($n = 531$) et du 13 janvier au 12 février 2020 ($n = 438$) sur la rivière Batiscan (Sainte-Geneviève-de-Batiscan; figure 1). L'échantillonnage s'est déroulé sur plusieurs semaines afin de couvrir l'ensemble de la période de montaison du poulamon. Sur la rivière Batiscan, les trois premières semaines n'ont pas pu être documentées en raison de la prise tardive des glaces. Chaque semaine, les pêcheurs conservaient jusqu'à un maximum de 15 individus mâles et femelles ayant et n'ayant pas frayé. La méthode traditionnelle de pêche sportive aux petits poissons des chenaux a été utilisée pour collecter les individus (pêche sous la glace à l'aide de plusieurs lignes appâtées avec du foie de porc ou des crevettes; LPPDC, 2019b). Tous les individus capturés ont été sexés sur le terrain par pression abdominale et extrusion partielle des gamètes, mesurés en laboratoire après décongélation (longueur totale maximale; ± 1 mm; $n = 969$), et leur âge a été estimé à l'aide de la clé longueur-âge du RIPE (annexe 2).

2.2 Représentativité de la trappe fixe de Rivière-Ouelle

Plusieurs indicateurs de la structure du stock ont été analysés, soit la structure en taille, la structure en âge, la taille moyenne, l'âge moyen (population globale et femelles matures) et le taux annuel de mortalité. Afin de juger de la représentativité des captures de poulamons atlantiques à la trappe fixe du RIPE de Rivière-Ouelle, les indicateurs mesurés dans le cadre du RIPE ont été comparés à ceux provenant des deux autres échantillonnages réalisés en 2019, soit l'échantillonnage estival au chalut benthique dans l'estuaire moyen et l'échantillonnage à la pêche sportive hivernale sous la glace en période de reproduction sur les rivières Sainte-Anne et Batiscan (figure 1). Le traitement des données et l'ensemble des analyses statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel R studio version 4.1.0 (R Core Team, 2021).

Les structures en taille et en âge des poulamons capturés dans le cadre du RIPE en 2019 ont été exprimées en fonction des captures par unité d'effort (CPUE; nombre moyen d'individus capturés par marée), prenant en compte l'ensemble des levées de l'engin de pêche. Les distributions des fréquences d'âge et de taille de l'ensemble des individus et des femelles matures ont été comparées entre les trois inventaires réalisés en 2019 à l'aide du test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov (fonction *ks.test* de la librairie *dgof*; Arnold et Emerson, 2011). Puisque la taille moyenne et l'âge moyen estimé, tous sexes confondus, ne montraient aucune différence significative entre les individus collectés dans les rivières Sainte-Anne et Batiscan (taille moyenne : 222,06 et 219,54 mm, respectivement; $t_{1,968} = -1,24$; $p > 0,05$; âge moyen : 2,6 et 2,5 ans, respectivement; $t_{1,968} = -1,58$; $p > 0,05$), l'ensemble des poulamons capturés à ces sites ont

été considérés comme un seul et même échantillon. Comme la structure des données ne suivait pas une distribution normale, la taille moyenne et l'âge moyen estimé des captures ont été comparés entre les trois campagnes d'échantillonnage à l'aide du test non paramétrique de Kruskal-Wallis, suivi d'une comparaison par paire de Wilcoxon (fonctions *kruskal.test* et *pairwise.wilcox.test* de la librairie *stats*). La taille moyenne et l'âge moyen estimé des femelles matures ont également été comparés entre l'échantillon du RIPE et celui prélevé en migration de fraye à l'aide du test de Wilcoxon (fonction *wilcox.test* de la librairie *stats*).

Les taux annuel et instantané de mortalité du segment exploité du stock de poulamons (âge 2 à 5 ans) ont été calculés pour les échantillonnages à la trappe fixe et au chalut par la méthode des courbes de captures linéarisées (Ricker, 1980; Miranda et Bettoli, 2008; Ogle, 2018). Comme les individus en montaison de fraye ne représentaient qu'un segment de la population, soit le stock reproducteur, et que l'échantillonnage était potentiellement biaisé dû à l'utilisation d'un engin de pêche non standardisé et sélectif pour certaines classes de tailles, les taux de mortalité ont été calculés et comparés que pour l'échantillonnage au chalut et celui à la trappe fixe. L'estimation des taux de mortalité instantanés a été réalisée à partir des valeurs moyennes des CPUE par groupe d'âge pour les échantillonnages à la trappe fixe (nombre moyen de captures par marée) et au chalut (nombre moyen d'individus par 100 m de chalutage), après transformation en pourcentage dans le but de standardiser les comparaisons entre les différents engins de capture. Les taux de mortalité instantanés, correspondant à la pente de la courbe de captures, ont été comparés entre les deux échantillonnages à l'aide d'une ANCOVA (fonction *aov* de la librairie *stats*).

2.3 État du stock de poulamons atlantiques

L'abondance relative des poulamons capturés dans le cadre du RIPE a été exprimée en CPUE. Dû à un potentiel biais attribuable au fait que la trappe fixe comprenait deux coffres de pêche en 2009, cette année a été retirée des analyses, à l'exception de la comparaison du CPUE global (tous âges confondus). Un engin standard comportant un seul coffre de pêche a été utilisé au cours des années subséquentes (Bourget, 2011). L'abondance des différents groupes d'âge (0+, 1+, 2+ et 3+ et plus) a été exprimée en CPUE. Considérant que des mesures biométriques n'étaient disponibles qu'aux marées ciblées et seulement pour un sous-échantillon des captures, un traitement a été appliqué afin de prendre en compte la proportion connue des différents groupes d'âge aux marées ciblées et l'abondance mesurée à chaque marée. Pour ce faire, le nombre d'individus appartenant à chaque groupe d'âge a été calculé pour chaque marée ciblée. Le nombre de captures par groupe d'âge a ensuite été pondéré en fonction de la proportion de poissons mesurés (sous-échantillon) par rapport au nombre total de captures à chaque marée ciblée. La proportion des captures d'un groupe d'âge donné sur l'ensemble des captures réalisées aux marées ciblées a été appliquée aux valeurs d'abondance moyenne annuelle calculée à partir des données de l'ensemble des marées.

Afin de juger de l'abondance du stock reproducteur, la biomasse par unité d'effort des femelles matures (BPUE; femelles de stade 3 et plus) a été comparée entre les années à partir des données des marées

ciblées. Pour ce faire, un poids a premièrement été attribué à chaque individu mesuré au moyen d'une relation longueur-poids développée à partir de 18 082 individus pesés et mesurés de 2009 à 2015 ($y = 3,092x - 12,253$; $R^2 = 0,955$; transformation logarithmique). La méthode appliquée pour le calcul des CPUE des différents groupes d'âge a ensuite été utilisée, mais cette fois à l'aide des données de biomasse des femelles matures.

Plusieurs modèles statistiques ont été testés et comparés dans le but de sélectionner celui s'ajustant le mieux à la distribution des données de CPUE globales et par groupes d'âge (0+, 1+, 2+ et 3+ et plus) ainsi que de BPUE des femelles matures de 2009 à 2020. Des modèles linéaires généralisés (GLM) utilisant la distribution de Poisson, la distribution binomiale négative de type 1 et 2 et la distribution de Poisson généralisée ont été générés à l'aide des fonctions *glm*, *glm.nb* et *glmmTMB* comprises dans les bibliothèques *MASS* et *glmmTMB* (Brooks et coll., 2017; Venables et Ripley, 2002). Les modèles ont par la suite été classifiés selon leur performance, en se basant sur le critère d'information d'Akaike (AIC; fonction *AIC* de la bibliothèque *stats*), la surdispersion des résidus (fonction *hnp* de la bibliothèque *MASS*) et la capacité à prédire les zéros observés (fonction *check_zeroinflation* de la bibliothèque *performance*; Gelman et Hill, 2007). La distribution binomiale négative de type 2 a finalement été sélectionnée, puisque celle-ci représentait le plus adéquatement la distribution des données. Un premier modèle a été produit à partir des données de décompte (nombre absolu de poulamons) en incluant le nombre de marées depuis la dernière visite du pêcheur comme variable de standardisation. Parallèlement, un modèle utilisant des valeurs arrondies (sans décimale) de nombre d'individus capturés par marée a été testé. Comme les résultats des deux modèles étaient similaires, le deuxième modèle a été retenu par souci de simplification.

Dans le but de modéliser les tendances temporelles, les valeurs de CPUE globales et par groupes d'âge (0+, 1+, 2+ et 3+ et plus) et de BPUE des femelles matures ainsi que les intervalles de confiance des modèles retenus ont été prédits pour chaque dixième (0,1) d'année de 2009 à 2020 (fonction *predict* de la bibliothèque *car*; Fox et Weisberg, 2009). Les prédictions ont ensuite été comparées à celles du modèle nul, qui était également soutenu statistiquement (fonction *model.sel* de la bibliothèque *MuMIn*; Burnham et Anderson, 2002), puis ajustées afin de tenir compte de son effet en ayant recours à la moyenne des modèles (*model averaging*) (fonction *model.avg* de la bibliothèque *MuMIn*). Les graphiques des tendances temporelles présentent donc, pour chaque indicateur, un compromis entre les valeurs prédites par le modèle prenant en compte l'année et celles du modèle nul.

Finalement, les taux annuels de mortalité ont été estimés de 2010 à 2020 à l'aide de la méthode des courbes de captures linéarisées (fonction *CatchCurve* de la bibliothèque *FSA*; Ogle et coll., 2022). La normalité et l'homogénéité de la variance des résidus ont été vérifiées visuellement pour chaque année. Les postulats d'application de la méthode des courbes de captures linéarisées n'ayant pu être respectés en 2017, cette année a donc été exclue de l'analyse.

3. Résultats

3.1 Représentativité de la trappe fixe de Rivière-Ouelle

L'analyse visuelle des structures en âge des poulamons atlantiques capturés au chalut et à la trappe fixe de Rivière-Ouelle en 2019 a révélé qu'elles étaient similaires et composées majoritairement d'individus d'âges 0+, 1+ et 2+ (figure 2), mais que les poulamons de taille supérieure à 240 mm étaient sous-représentés dans les captures de la trappe fixe. Les structures en taille différaient significativement entre le chalut et la trappe fixe (Kolmogorov-Smirnov; $D = 0,195$; $p < 0,001$; figure 2), alors que les structures en âge étaient similaires entre les deux engins (Kolmogorov-Smirnov; $D = -0,041$; $p = 0,683$; figure 2). Les structures en taille et en âge des poulamons capturés à la pêche sportive hivernale dans les rivières Sainte-Anne et Batiscan différaient de ceux capturés par la trappe fixe et le chalut dans l'estuaire (Kolmogorov-Smirnov; $D = 0,743$, $p < 0,001$; $D = 0,467$, $p < 0,001$; figure 2). L'échantillon prélevé à la pêche sportive était majoritairement composé d'individus de taille supérieure à 150 mm, âgés principalement de 2 et de 3 ans (figure 2).

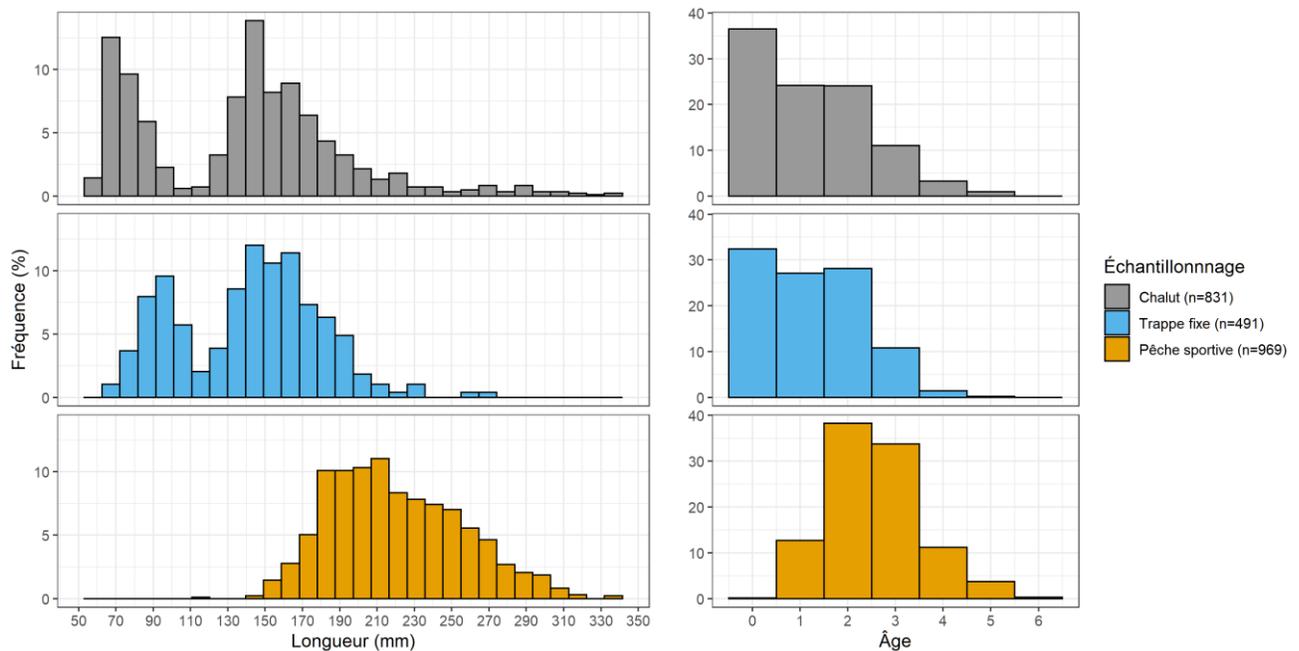


Figure 2. Distribution des fréquences de taille (gauche) et d'âge estimé (droite) des poulamons atlantiques capturés au chalut et à la trappe fixe dans l'estuaire moyen en 2019 ainsi qu'à la pêche sportive sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan en 2020.

La taille moyenne des poulamons montrait des différences significatives entre les trois échantillonnages et était nettement supérieure chez les poulamons capturés à la pêche sportive (Kruskal-Wallis; $\chi^2_{2, 2291} = 1186,6$; $p < 0,001$; figure 3). Bien que la taille moyenne des poulamons capturés à la trappe fixe différait

significativement de celle des individus capturés au chalut, ces derniers montraient des tailles moyennes relativement similaires ($141,55 \pm 38,34$ mm à la trappe fixe et $138,82 \pm 54,55$ mm au chalut, respectivement). L'âge moyen estimé des individus capturés à la trappe fixe et au chalut était similaire (Kruskal-Wallis; $\chi^2_{2, 2291} = 627,67$; $p = 0,6$; figure 3), mais était significativement inférieur à celui des poulamons capturés en période de fraye ($p < 0,001$).

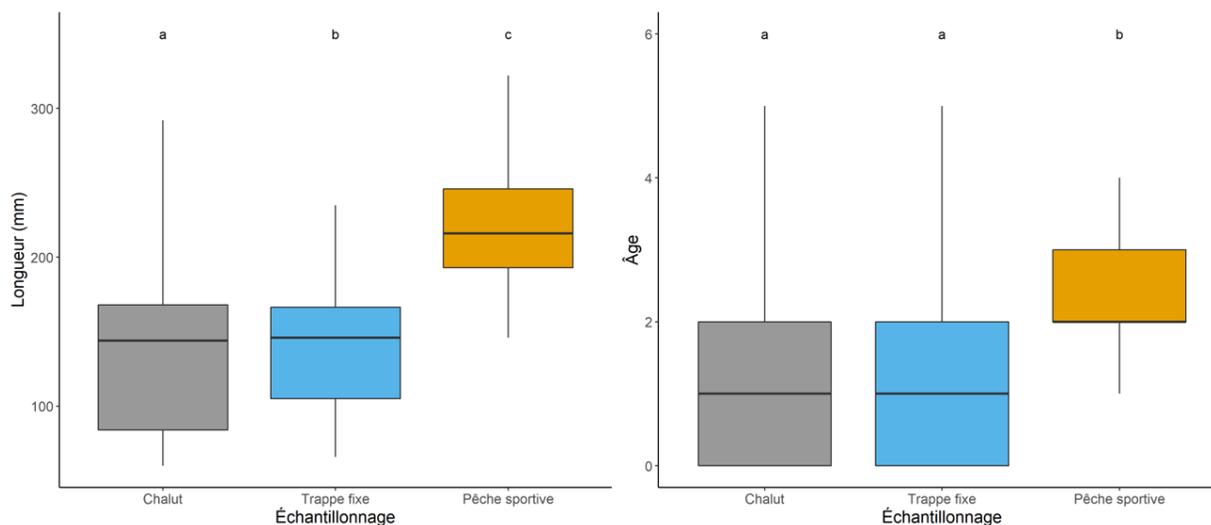


Figure 3. Taille moyenne (gauche) et âge moyen estimé (droite) des poulamons atlantiques capturés au chalut et à la trappe fixe dans l'estuaire moyen en 2019 et à la pêche sportive sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan en 2020. La ligne centrale représente la médiane, la boîte les 25^e et 75^e percentiles, les moustaches les valeurs maximums et minimums de la distribution (1^{er} et 99^e percentile). Les différences significatives sont identifiées par des lettres différentes (Kruskal-Wallis, suivi d'une comparaison par paire de Wilcoxon).

Les structures en taille et en âge des femelles matures indiquent qu'une portion du stock reproducteur trouvé en période de reproduction dans les rivières Sainte-Anne et Batiscan était représenté dans l'échantillonnage du RIPE (figures 4 et 5). Les femelles matures de taille supérieure à 200 mm et âgées de quatre ans et plus étaient toutefois davantage représentées dans l'échantillon capturé à la pêche sportive. Les structures en taille et en âge des femelles matures différaient significativement entre l'échantillon de la trappe fixe et celui à la pêche sportive (Kolmogorov-Smirnov; $D = 0,633$ et $D = 0,227$; $p < 0,001$; figures 4 et 5). La taille moyenne et l'âge moyen estimé des femelles matures capturées à la trappe fixe étaient significativement inférieurs à celles capturées à la pêche sportive (Test de Wilcoxon; $\chi^2_{1,642} = 80,42$ et $\chi^2_{1,642} = 16,26$; $p < 0,001$; figures 4 et 5). Les différences décelées dans l'âge moyen estimé (2,15 et 2,67 ans au RIPE et à la pêche sportive, respectivement) et la structure en âge des femelles matures étaient relativement faibles entre les deux échantillonnages (figure 5).

Les femelles matures montraient une taille moyenne et un âge moyen estimé plus élevés sur la rivière Sainte-Anne comparativement à celles de la rivière Batiscan (taille moyenne : 244,6 et 219,0 mm,

respectivement; $t_{1,581} = -9,00$; $p < 0,001$; âge moyen : 2,94 et 2,46 ans, respectivement; $t_{1,581} = -5,94$; $p < 0,001$). La taille moyenne et l'âge moyen estimé des femelles matures échantillonnées dans la rivière Batiscan étaient plus faibles que dans la rivière Sainte-Anne, mais plus élevés que chez les spécimens collectés à la trappe fixe de Rivière-Ouelle ($t_{1,388} = 9,45$ et $t_{1,388} = -2,57$; $p < 0,05$). Ce résultat confirme qu'il existe des différences morphométriques chez les femelles matures entre l'échantillonnage réalisé sur les sites de reproduction et celui de la trappe fixe, peu importe la rivière considérée.

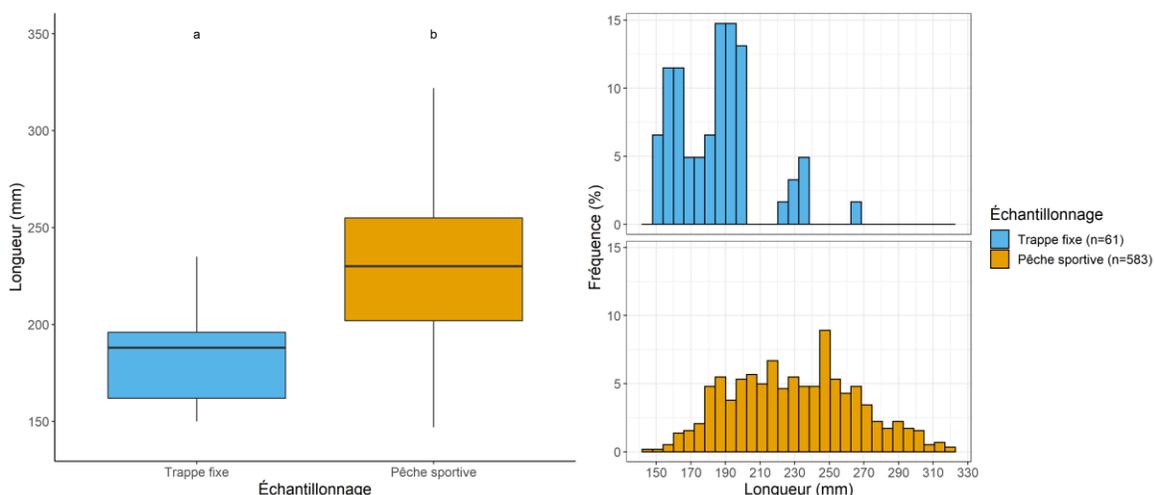


Figure 4. Taille moyenne (gauche) et distribution des fréquences de taille (droite) des poulamons atlantiques femelles matures (stade 3 et plus) capturés à la trappe fixe dans l'estuaire moyen en 2019 et à la pêche sportive sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan en 2020. La ligne centrale sur le graphique de gauche représente la médiane, la boîte les 25^e et 75^e percentiles, les moustaches les valeurs maximums et minimums de la distribution (1^{er} et 99^e percentile). Les différences significatives sont identifiées par des lettres différentes (test de Wilcoxon).

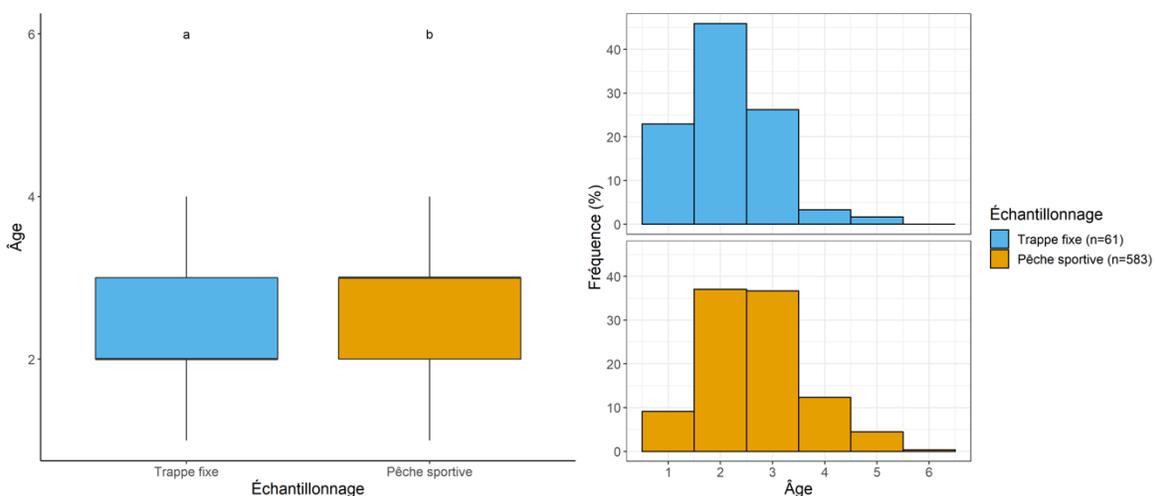


Figure 5. Âge moyen (gauche) et distribution des fréquences d'âge estimé (droite) des poulamons atlantiques femelles matures (stade 3 et plus) capturés à la trappe fixe dans l'estuaire moyen en 2019 et à la pêche sportive dans l'estuaire des rivières Sainte-Anne et Batiscan en 2020. La ligne centrale sur le graphique de gauche représente la médiane, la boîte les 25^e et 75^e percentiles, les moustaches les valeurs maximums et minimums de la distribution (1^{er} et 99^e percentile). Les différences significatives sont identifiées par des lettres différentes (test de Wilcoxon).

Les taux instantanés de mortalité ne montraient aucune différence significative entre l'échantillonnage à la trappe fixe ($A = 71,0\%$) et celui au chalut ($A = 77,0\%$; ANCOVA; $F_{1,9} = 0,64$; $p = 0,64$; figure 6).

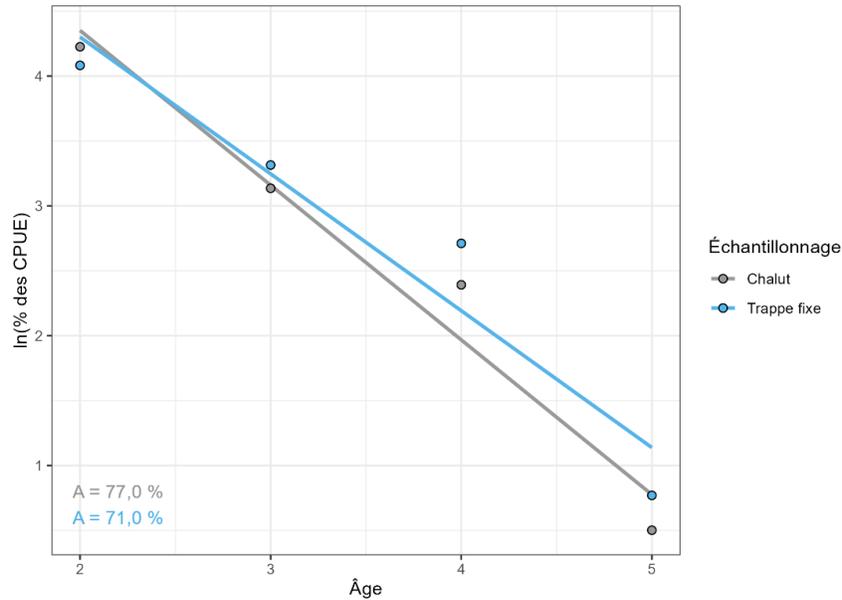


Figure 6. Taux annuel de mortalité (A) mesuré par la méthode des courbes de captures linéarisées chez les poulamons atlantiques échantillonnés au chalut et à la trappe fixe en 2019. Les taux instantanés de mortalité, correspondant à la pente de la relation, ne montraient aucune différence significative entre l'échantillonnage à la trappe fixe et celui au chalut (ANCOVA).

3.2 État du stock de poulamons atlantiques

L'analyse visuelle des structures en taille et en âge a révélé que le stock de poulamons échantillonné à la trappe de Rivière-Ouelle de 2009 à 2020 était surtout composé de jeunes individus (figure 7). Le stock était majoritairement constitué de quatre groupes d'âge, soit d'individus d'âges 0+ à 3+ ou de taille inférieure à 200 mm (figure 7).

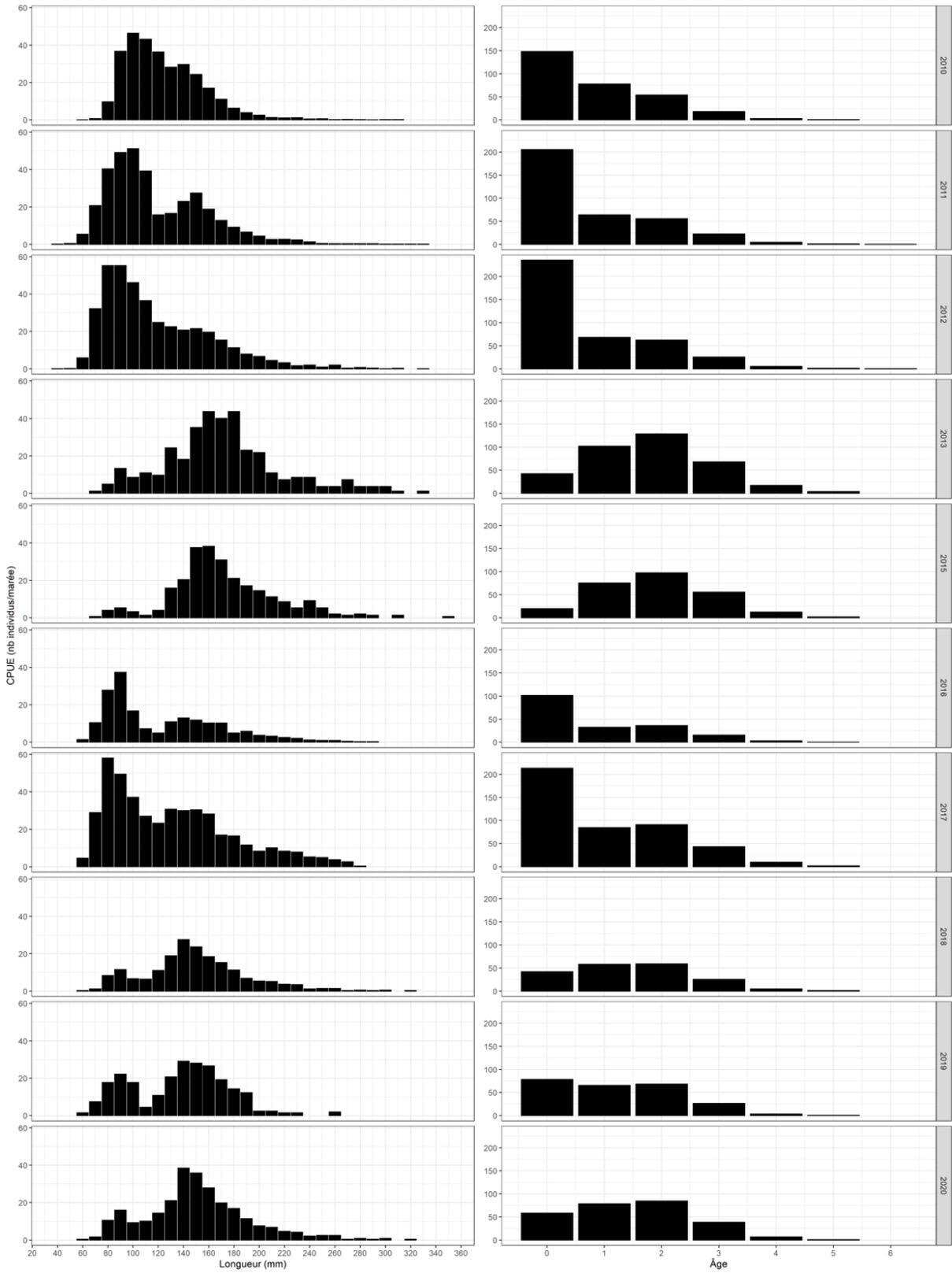


Figure 7. Structures en taille (gauche) et en âge (droite) des poulamons atlantiques capturés à la trappe fixe de la Rivière-Ouelle du RIPE de 2010 à 2020, exprimée en fonction des captures par unité d'effort (CPUE).

Les CPUE globales, tous âges confondus, ont montré une baisse significative de 2009 à 2020 ($p = 0,024$; figure 8). Les valeurs prédites par le modèle présentaient une diminution des CPUE globales de 341 individus/marée en 2009 à 250 individus/marée en 2020, soit une chute d'abondance relative de 27 % en 11 ans. Une diminution concomitante de l'abondance des jeunes de l'année (âge 0+) a été observée de 2010 à 2020, dont l'ordre de grandeur a atteint 58 % ($p = 0,019$; figure 8). Des CPUE d'individus d'âge 0+ particulièrement faibles ont été observées en 2013, en 2015 ainsi qu'au cours de la période 2018-2020 (figure 8). Aucune relation significative n'a été mesurée entre les CPUE des individus d'âge 0+, la taille des individus d'âge 0+ et les CPUE des individus 1+ mesurée l'année suivante (ANOVA à trois facteurs; $R^2 = 0,266$; $p = 0,156$; transformation logarithmique). Aucune tendance temporelle des CPUE des groupes d'âge 1+, 2+ et supérieur ou égal à 3+ n'a été mesurée ($p = 0,885$, 0,523 et 0,536, respectivement; figure 8). Bien que non significatives, des valeurs particulièrement faibles d'abondance des groupes d'âge 1+, 2+ et 3+ et plus ont été observées en 2016 (figure 8).

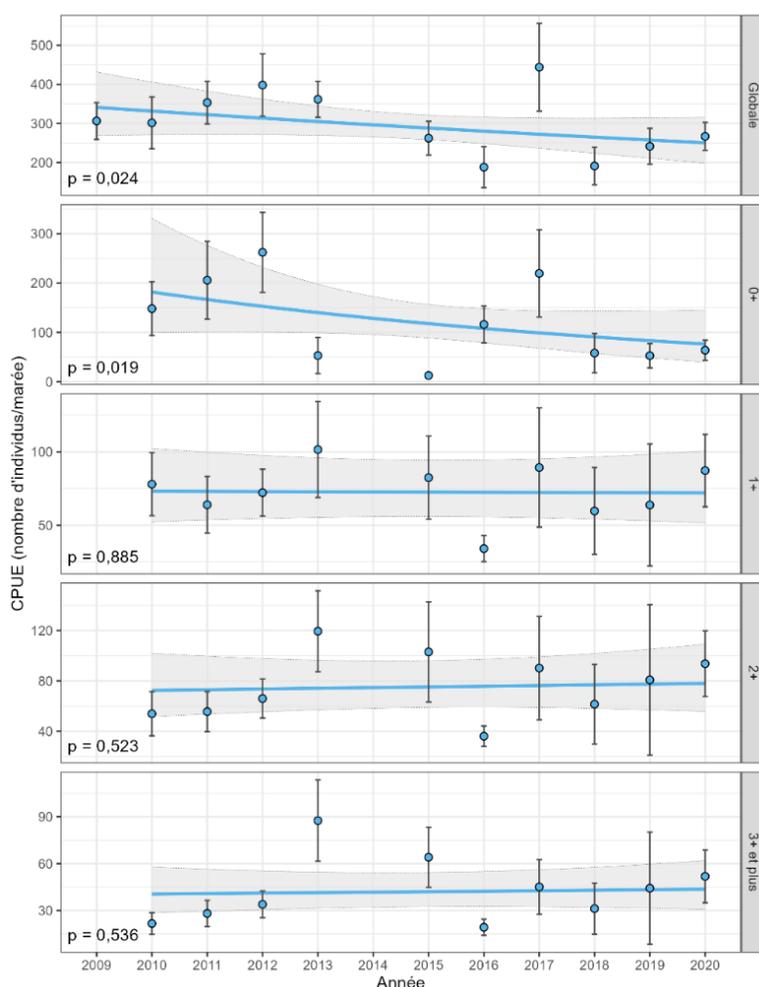


Figure 8. Tendances temporelles des CPUE de poulamons atlantiques (globale, 0+, 1+, 2+ et 3+ et plus) à la trappe de Rivière-Ouelle. Les valeurs prédites par le modèle compromis et leurs intervalles de confiance sont présentés. Les points représentent les moyennes annuelles des CPUE \pm erreur type de 2009 à 2020 (aucune donnée pour 2014 et valeurs pour 2009 présentées uniquement pour la CPUE globale).

Aucune tendance significative des BPUE des femelles matures n'a été décelée de 2010 à 2020 ($p = 0,980$; figure 9). La BPUE des femelles matures a toutefois montré une tendance vers des valeurs élevées en 2013 et 2015 (figure 9). La BPUE moyenne des femelles matures de 2018 à 2020 se situait sous la moyenne, ou près de celle-ci, de la période 2010-2020 (5 116,59 g/marée; figure 9).

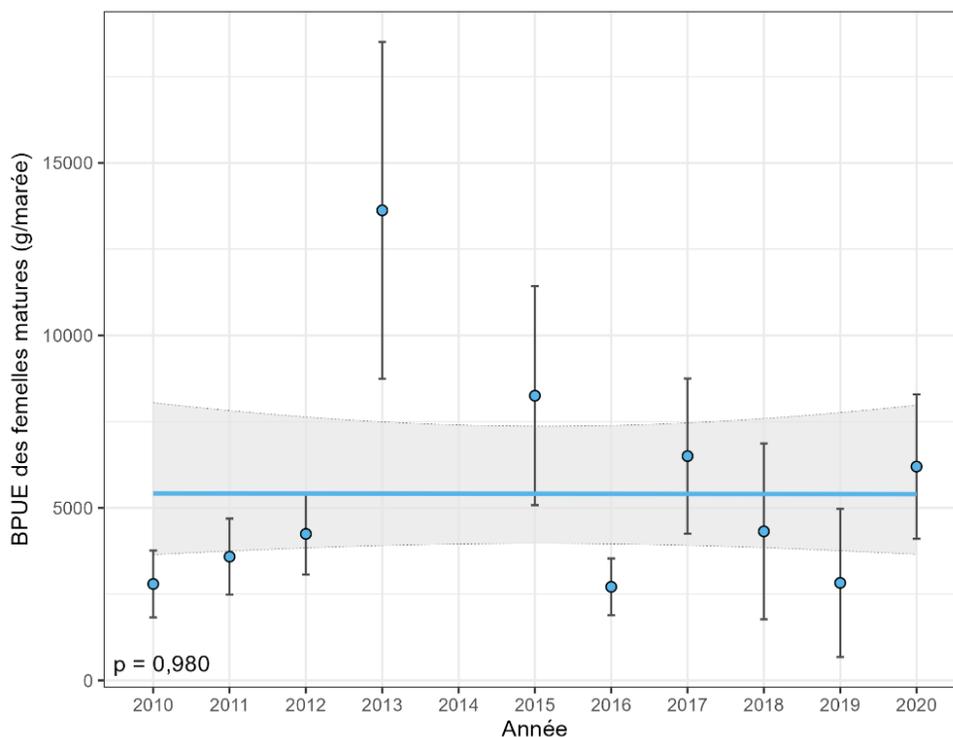


Figure 9. Tendances temporelles des BPUE de femelles matures (stade de maturité 3 et plus) de poulamons atlantiques à la trappe de Rivière-Ouelle. Les valeurs prédites par le modèle compromis et leurs intervalles de confiance sont présentés. Les points représentent les moyennes annuelles de la BPUE \pm erreur type de 2010 à 2020, à l'exception de 2014.

Les taux annuels de mortalité mesurés par l'échantillonnage à la trappe fixe ont varié entre 55,3 % et 71,5 % de 2010 à 2020 (tableau 1). L'analyse détaillée des courbes de capture linéarisées a permis de déterminer que pour toutes les années, à l'exception de 2017, les données de la trappe fixe permettent d'estimer le taux annuel de mortalité totale du stock âgé entre 2 et 5 ou 6 ans. Des taux annuels de mortalité élevés, variant de 69,1 % à 71,0 %, ont été observés au cours des années récentes, soit de 2018 à 2020, mais la valeur moyenne des taux annuels de mortalité observés au cours de cette période ($70,4 \pm 1,1$ %) n'était pas significativement différente de celle de la période 2010-2016 ($65,7 \pm 6,0$ %; $t_{1,8} = -1,879$, $p = 0,113$; tableau 1).

Tableau 1. Taux annuels de mortalité observés à la trappe fixe de Rivière-Ouelle de 2010 à 2020 (à l'exception de 2014 et 2017; sexes confondus).

Échantillonnage	Période	Année	Intervalle des âges	Taux annuel de mortalité (%)
Trappe fixe Rivière-Ouelle	Automne	2010	2 à 5	71,5
		2011	2 à 6	67,7
		2012	2 à 6	65,5
		2013	2 à 5	55,3
		2015	2 à 5	70,6
		2016	2 à 5	63,2
		2018	2 à 5	69,1
		2019	2 à 5	71,0
		2020	2 à 5	71,0

4. Discussion

4.1 Représentativité de la trappe fixe de Rivière-Ouelle

Bien que les structures en taille et la taille moyenne divergeaient significativement entre les échantillonnages au chalut et à la trappe fixe réalisés en 2019, les structures en âge et l'âge moyen estimés étaient similaires. Les différences entre les structures en taille étaient majoritairement attribuables à la sous-représentation des individus dont la longueur était supérieure à 240 mm dans l'échantillonnage à la trappe fixe. Néanmoins, comme les indicateurs comparés entre ces deux échantillonnages sont globalement similaires, les captures réalisées à la trappe fixe de Rivière-Ouelle permettent de caractériser adéquatement la structure du stock fréquentant l'estuaire moyen en période estivale, au mieux la portion du stock composée d'individus d'âge 0 à 3 ans.

Des écarts dans la structure du stock reproducteur ont cependant été observés entre les deux échantillonnages réalisés dans l'estuaire moyen et l'échantillon prélevé à la pêche sportive hivernale en période de migration de fraye dans les rivières Saint-Anne et Batiscan. Ces différences proviennent principalement d'une plus grande proportion de jeunes de l'année et d'une plus faible représentation des individus plus âgés dans les échantillonnages à la trappe fixe et au chalut. D'après l'analyse des structures en taille et en âge ainsi que la comparaison de la taille moyenne et de l'âge moyen estimé des femelles matures entre l'échantillonnage sur les sites de reproduction et celui à la trappe fixe, seule une partie du stock reproducteur serait représentée par la trappe fixe de Rivière-Ouelle. Les femelles matures de taille inférieure à 200 mm (groupes d'âge 1+, 2+ et 3+) se trouvaient dans la trappe, tandis que des femelles matures mesurant de 150 à 320 mm ont été capturées à la pêche sportive sur les frayères. La sélectivité de la pêche sportive pourrait expliquer en partie cet écart. Cloutier et Couture (1985) ont démontré que les poulamons capturés à la pêche sportive dans la rivière Sainte-Anne étaient de taille supérieure aux poulamons provenant de pêches expérimentales au verveux en hiver, réalisée aux mêmes moments dans la rivière. Les poulamons de 180 mm et moins (groupes d'âge de deux ans et une portion des individus de

trois ans) étaient moins abondants dans la récolte sportive, alors que ceux de taille supérieure à 180 mm étaient surreprésentés. Ces résultats sont cohérents avec les tendances mesurées dans la présente étude et suggèrent que l'écart dans la structure du stock de femelles matures entre la trappe et les frayères peut en partie s'expliquer par la méthode de capture. Il est impossible d'estimer l'ampleur de ce biais, mais la trappe de Rivière-Ouelle semble minimalement apte à représenter l'abondance des femelles matures de taille inférieure à 200 mm. La méthode de sous-échantillonnage appliquée au RIPE pour chaque marée ciblée a été testée par l'entremise d'une analyse complémentaire à la présente étude (annexe 5). Cette analyse suggère que la méthode est adéquate pour représenter la biomasse des femelles matures présentes dans les captures du RIPE et ne serait pas à l'origine des écarts observés avec l'échantillonnage en période de reproduction.

Des analyses de la microchimie des otolithes de poulamons réalisés sur un sous-échantillon de 132 individus collectés en 2019 à 10 stations d'échantillonnage au chalut dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent ont démontré que deux sources principales de recrues contribueraient à 65,2 % et 34,8 % au renouvellement du stock de poulamons de l'estuaire (Landry-Massicotte, 2022). Des analyses similaires, réalisées sur un sous-échantillon de 128 individus récoltés dans le cadre du RIPE en 2019, ont également permis de confirmer la contribution de deux sources de recrues ayant des signatures élémentaires similaires à celles observées par l'échantillonnage au chalut et qui contribueraient au renouvellement du stock à la hauteur de 61,3 % et 38,7 % (Landry-Massicotte et coll., en préparation). Cette similitude constitue un argument supplémentaire en faveur de la validité des captures de la trappe fixe de Rivière-Ouelle pour représenter l'ensemble du stock de poulamons de l'estuaire moyen du Saint-Laurent.

4.2 État du stock de poulamons atlantiques

Abondance et structure du stock. Les résultats obtenus à la trappe fixe de Rivière-Ouelle de 2009 à 2020 suggèrent que le stock de poulamons était principalement composé de quatre groupes d'âge (âges 0+ à 3+). En 2019, le stock de femelles matures capturé dans le cadre du RIPE reposait à 72 % sur les groupes d'âge 2+ et 3+. En comparaison, durant les saisons de pêche hivernale de 1978-1979 et de 1979-1980, soit avant le déclin de l'espèce dans le Saint-Laurent, le stock reproducteur capturé dans la rivière Sainte-Anne était composé à 74 % des groupes d'âge 2 et 3 ans (Cloutier et Couture, 1985).

L'abondance globale du poulamon, tous âges confondus, a diminué de 27 % de 2009 à 2020. Cette diminution s'explique principalement par une baisse de l'abondance du groupe d'âge 0+ de 2010 à 2020. Les valeurs élevées d'abondance à l'âge 0+ observées au cours de la période 2010-2012 pourraient avoir contribué à une tendance à la hausse des BPUE des femelles matures en 2013 et 2015. À l'opposé, la faible abondance des poulamons d'âge 0+ en 2013 pourrait être reliée à la plus faible valeur de la BPUE des femelles matures mesurée en 2016. Ces diminutions d'abondance à l'âge 0+ et des groupes d'âge plus élevés quelques années plus tard résultent possiblement d'événements ayant influencé le succès de la reproduction. La BPUE moyenne des femelles matures observée récemment, soit de 2018 à 2020, se

situait sous la moyenne, ou près de celle-ci, de la période 2010-2020. Considérant ces fluctuations d'abondance et le manque de connaissances sur les facteurs qui les expliquent, une attention particulière devrait être portée au suivi du recrutement et de l'abondance du stock reproducteur au cours des prochaines années.

Il est impossible de juger du niveau d'abondance actuel du poulamon atlantique de l'estuaire du Saint-Laurent comparativement aux années 1970 et 1980. Les données de capture de poulamons comptabilisées de 1975 à 2015 à une autre trappe fixe du RIPE, soit celle de Saint-Nicolas, suggèrent toutefois que l'abondance du poulamon aurait connu un déclin rapide de 1982 à 1987, pour se maintenir à des valeurs faibles depuis (annexe 6). De 1975 à 1982, une moyenne de $10,3 \pm 2,4$ poulamons par jour étaient capturés annuellement, alors que ce nombre était relativement stable et se situait en moyenne à $0,20 \pm 0,20$ poulamon par jour au cours de la période 1987-2020. D'après Marchand et de Lafontaine (2003), la trappe fixe de Saint-Nicolas capture des poulamons en migration de fraye vers l'amont du Saint-Laurent durant moins de 20 jours, de la mi-octobre à la fin octobre. Aucune information n'est actuellement disponible à propos de la représentativité des captures réalisées à cette trappe et de la validité de l'ampleur du déclin historique mesuré à ce site. Toutefois, ce déclin est corroboré par plusieurs pêcheurs. Le succès de pêche historique de la rivière Sainte-Anne observé avant le déclin du milieu des années 1980 n'aurait jamais été observé par la suite (Y. Mailhot, comm. pers.). Le poulamon demeure toutefois une espèce dominante de l'estuaire, qui composait 71 % des captures au chalut en 2019 durant la mission du navire *Lampsilis* (données non présentées).

Recrutement. L'analyse de l'abondance des captures de poulamons atlantiques à la trappe fixe de Rivière-Ouelle du RIPE de 2010 à 2020 indique que les CPUE des jeunes de l'année ont manifesté une tendance à la baisse de l'ordre de 58 % depuis 2010. L'abondance des jeunes de l'année (0+) au cours des années récentes (2018 à 2020) est légèrement sous la moyenne des 10 dernières années. Bien que cette comparaison n'ait pu être validée par une analyse statistique, une tendance à la baisse de l'abondance des groupes d'âge 1+, 2+ et 3+ et plus en 2016 a été décelée et pourrait être attribuable au faible succès de la reproduction de 2013 à 2015. Il est notamment reconnu que le succès de reproduction du poulamon sur la rivière Sainte-Anne est corrélé à son débit (Fortin et coll., 1990, 1992). Des variations du régime hydrologique pourraient potentiellement influencer la force des classes d'âges produites annuellement. L'influence des facteurs abiotiques durant la période de reproduction hivernale sur l'abondance des jeunes classes d'âge observée dans le cadre du RIPE mériterait d'être étudiée afin de mieux comprendre la dynamique du recrutement de cette espèce et d'interpréter les indicateurs mesurés grâce à la trappe de Rivière-Ouelle.

Taux annuels de mortalité. Des taux de mortalité élevés, souvent estimés à plus de 60 % (2018-2020 : 69,1-71,0 %), ont été répertoriés au moyen des données de la trappe fixe de Rivière-Ouelle. Ces valeurs élevées résultent notamment de la stratégie de reproduction typique des espèces fourragères qui misent

sur une production abondante de jeunes pour compenser un taux de mortalité naturelle élevé (stratégie *r*; Pianka, 1970), combinée à la mortalité engendrée par la pêche sur les sites de reproduction (Mailhot et coll., 1988).

Biais et limites à l'interprétation. Le RIPE offre un bon potentiel pour le suivi du poulamon de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Cependant, ses données d'abondance présentent une variabilité intra-annuelle très élevée, ce qui réduit la performance des modèles statistiques. Il est plausible que l'abondance des poissons dans la trappe fixe de Rivière-Ouelle soit influencée par des facteurs environnementaux, comme les marées et le vent, mais aucune étude à ce jour ne permet de cibler et de quantifier ces facteurs. L'intégration des facteurs environnementaux aux modèles statistiques permettrait de réduire des sources de variabilité et ainsi d'augmenter la performance des analyses statistiques d'abondance.

Le calcul de certains indicateurs repose actuellement sur des clés longueur-âge, longueur-sexe et longueur-maturité issues de mesures réalisées au cours de la période 2009-2016. Cette approche engendre nécessairement des biais dans le calcul de plusieurs indicateurs, soit l'abondance relative par groupe d'âge, le taux annuel de mortalité et la biomasse des femelles matures. Puisque les données d'âge, de sexe et de maturité sexuelle n'ont pas été mises à jour récemment, il est actuellement impossible d'évaluer l'ampleur de ces biais sur l'estimation des paramètres de dynamique de la population. En raison des différences observées entre la structure du stock obtenu à la trappe et sur les sites de reproduction, les indicateurs de structure en âge et en taille, le taux annuel de mortalité ainsi que la biomasse des femelles matures doivent être interprétés avec précaution et leur utilisation devrait se limiter au suivi des tendances temporelles. Il est nécessaire de réitérer que les données du RIPE reflètent principalement la portion du stock de femelles matures de taille inférieure à 200 mm.

5. Recommandations et perspectives de gestion

Le suivi des indicateurs d'état du stock de 2010 à 2020 à la trappe fixe de Rivière-Ouelle suggère que le stock de poulamons atlantiques est résilient aux fluctuations récentes d'abondance, mais qu'il n'est pas à l'abri d'un éventuel déséquilibre considérant la baisse graduelle de l'abondance globale et des jeunes de l'année et des taux annuels de mortalité élevés qui ont été observés. Ces constats militent en faveur d'une gestion prudente de cette ressource reposant minimalement sur la poursuite du suivi du RIPE et sur la mise en place d'un suivi de l'exploitation sur les sites de reproduction. L'ampleur du prélèvement à la pêche sportive sur les sites de reproduction n'a pas été évaluée depuis 1991 (Jolicoeur et Associés 1991). Une enquête de pêche sur les sites de reproduction des rivières Sainte-Anne et Batiscan devrait être réalisée afin d'évaluer l'effort et le succès de pêche sportive et d'estimer l'ampleur actuelle de la récolte de poulamons. La prise de données biométriques (longueur, poids, sexe et âge) sur les individus capturés à la pêche sportive permettrait d'obtenir une estimation de la structure du stock reproducteur complémentaire au suivi du RIPE.

Le maintien de la qualité de la frayère de la rivière Sainte-Anne est également un enjeu primordial pour assurer le renouvellement du stock considérant que ce site contribuerait à la hauteur de 65 % au recrutement du poulamon de l'estuaire du Saint-Laurent (Landry-Massicotte, 2022). Le suivi de la dynamique hydrologique de la rivière Sainte-Anne et du fleuve Saint-Laurent en hiver est important, car ces facteurs sont reconnus pour avoir des conséquences potentielles sur la reproduction et la survie des jeunes stades de vie du poulamon. Les facteurs influençant le succès de la reproduction du poulamon dans les rivières Sainte-Anne et Batiscan mériteraient d'être étudiés afin de mieux comprendre les variations de recrutement et, ultimement, de développer des modèles prédictifs.

Il serait important d'identifier puis de quantifier les facteurs environnementaux qui influencent l'efficacité de la trappe ou qui génèrent des variations journalières et annuelles d'abondance de poulamons dans celle-ci afin d'inclure ces variables dans les modèles statistiques des indicateurs d'abondance.

Finalement, le sous-échantillonnage aux marées ciblées mis en place actuellement semble permettre de représenter adéquatement les paramètres de dynamique du stock de poulamons atlantiques (annexe 5). Cependant, des variables biométriques (âge, sexe, stade de maturité sexuelle et longueur totale maximale) devraient être mesurées annuellement sur un sous-échantillon des captures réalisées aux marées ciblées (dont l'ampleur reste à être déterminée en fonction des contraintes logistiques du RIPE) dans le but d'éviter des biais associés à un changement de la dynamique du stock. Ces variables permettront d'ajouter la croissance ainsi que la longueur et l'âge à maturité sexuelle à la liste des indicateurs. Lors du prochain échantillonnage, la clé longueur-âge devrait également être mise à jour afin d'augmenter la précision des analyses.

6. Conclusion

Les résultats de la présente étude confirment que les données acquises dans le cadre du RIPE peuvent être utilisées pour suivre l'état du stock de poulamons de l'estuaire du Saint-Laurent. Certaines nuances doivent cependant être apportées à l'interprétation de l'indicateur d'abondance du stock reproducteur, considérant qu'uniquement une partie de ce dernier est représenté par les captures à la trappe fixe de Rivière-Ouelle. Le suivi des indicateurs de l'état du stock de 2010 à 2020 à la trappe fixe de Rivière-Ouelle indique que le stock de poulamons atlantiques est résilient aux fluctuations récentes d'abondance, mais qu'il n'est pas à l'abri d'un éventuel déséquilibre. L'analyse a révélé une baisse significative de l'abondance globale du stock de l'ordre de 27 % de 2009 à 2020 attribuable à une baisse de l'abondance des jeunes de l'année de l'ordre de 58 % de 2010 à 2020. L'abondance du stock reproducteur se situerait près ou en dessous de la moyenne des valeurs observées depuis 2010. De surcroît, le stock reproducteur serait majoritairement composé de deux classes d'âge, et des taux annuels de mortalité élevés ont été observés de 2018 à 2020 (69,1 - 71,0 %). Compte tenu de cette mortalité, un recrutement élevé est nécessaire pour assurer le maintien du stock reproducteur dans l'avenir. L'abondance des reproducteurs observée au cours de la dernière décennie semble tout de même permettre au poulamon de se maintenir, notamment en raison de conditions environnementales, qui ont parfois été favorables à son recrutement. L'exploitation, le recrutement et les facteurs qui influencent l'efficacité de la trappe fixe de Rivière-Ouelle devraient être documentés et suivis à l'avenir pour fournir les bases d'une gestion éclairée de la population de poulamons atlantiques de l'estuaire du Saint-Laurent.

7. Références bibliographiques

- ARNOLD, T. A. et J. W. EMERSON (2011). "Nonparametric goodness-of-fit tests for discrete null distributions", *The R Journal*, 3(2): 34-39.
- BERGERON, N. E., A. G. ROY, D. CHAUMONT, Y. MAILHOT et É. GUAY (1998). "Winter geomorphological processes in the Sainte-Anne River (Québec) and their impact on the migratory behaviour of Atlantic tomcod (*Microgadus tomcod*)", *Regulated Rivers: Research & Management*, 14: 95-105.
- BERNATCHEZ, S., Y. PARADIS, C. BRISSON-BONENFANT, P. BRODEUR, D. HATIN et M.-F. BARRETTE (2020). « Portrait de la pêche hivernale au Québec : historique, gestion et perspectives », *Le Naturaliste canadien*, 144 (2): 15-30.
- BOURGET, G. (2011). *Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE) — Bilan de l'année 2009*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire, Direction générale du Bas-Saint-Laurent, 48 p.
- BOURGET, G., K. BELZILE, M. TREMBLAY, C. LARUE et P. GAGNON (2011). *Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE) — Bilan de l'année 2011*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire du Bas-Saint-Laurent, Organisme de bassins versants de Kamouraska, L'Islet et Rivière-du-Loup, 10 p.
- BROOKS, M. E., K. KRISTENSEN, K. J. VAN BENTHEM, A. MAGNUSSON, C. W. BERG, A. NIELSEN, H. J. SKAUG, M. MAECHLER et B. M. BOLKER (2017). "glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modelin", *The R Journal*, 9(2): 378-400.
- BURNHAM, K. P. et D. R. ANDERSON (2002). *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*.
- CHAPDELAIN, C., N. CLERMONT et R. RIBES (1986). « Regard sur la préhistoire trifluvienne : le site Bourassa », *Recherches amérindiennes au Québec*, 16 (2-3): 5-55.
- CLOUTIER, A. et R. COUTURE (1985). *Caractéristiques et dynamique du stock de poulamons atlantiques Microgadus tomcod (Walbaum) de la rivière Sainte-Anne, La Pérade, Québec*, Comité d'étude sur le poulamon atlantique, rapport n° 8, gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, xi + 120 p.
- COUILLARD, M. A., G. CABANA, J.-F. DERY, G. DAIGLE et J. J. DODSON (2011). "Ontogenetic habitat shifts of the atlantic tomcod (*Microgadus tomcod*) across an estuarine transition zone", *Estuaries and Coasts*, 34: 1234-1245.
- COURNOYER, S. et G. LATERRIÈRE (1981). *Étude socio-économique et évaluation de l'exploitation sportive du poulamon atlantique de la rivière Sainte-Anne à La Pérade, comté de Champlain, Québec*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Comité d'étude sur le poulamon atlantique, Rapport technique N° 11, 87 p.
- COUTURE, R., J.-C. BOURGEOIS, R. FORTIN, Y. GRAVEL, M. LAGACÉ et Y. MAILHOT (1982). *Étude de l'habitat et de la population du poulamon atlantique de la fraysère de la rivière Sainte-Anne à La Pérade, Québec : synthèse et recommandations*, gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec, ix + 57 p.

- FORTIN, R., M. LEVEILLÉ, P. LARAMÉE et Y. MAILHOT (1990). "Reproduction and year-class strength of the Atlantic tomcod (*Microgadus tomcod*) in the Sainte-Anne River, at La Perade, Quebec", *Canadian Journal of Zoology*, 68: 1350-1359, doi:10.1139/z90-202.
- FORTIN, R., M. LÉVEILLÉ, S. GUÉNETTE et P. LARAMÉE (1992). "Hydrodynamics and the drift of Atlantic tomcod (*Microgadus tomcod*) eggs and larvae under the ice in the Sainte-Anne River, Québec", *Aquatic Living Resources*, 5: 127-136.
- FOX, J. et S. WEISBERG (2019). *An R Companion to Applied Regression*, Third edition.
- GELMAN, A. et J. HILL (2007). *Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models*, Cambridge, New York, Cambridge University Press.
- HART, C., Y. MAILHOT et D. BOURBEAU (1991). *Utilisation par le poulamon atlantique des principales rivières et du fleuve Saint-Laurent en Basse-Mauricie au cours de l'hiver 1990-91*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale Mauricie-Bois-Francs, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Trois-Rivières-Ouest, xii + 65 p.
- JOLICOEUR ET ASSOCIÉS (1991). *Étude sur la pêche au poulamon atlantique à Sainte-Anne de la Pérade, saison 1991*, rapport présenté à Vice-présidence environnement d'Hydro-Québec.
- LAPRISE, R. et J. J. DODSON (1990). "The mechanism of retention of pelagic tomcod, *Microgadus tomcod*, larvae and juveniles in the well-mixed part of the St. Lawrence Estuary", *Environmental Biology of Fishes*, 29: 293-302.
- LANDRY-MASSICOTTE, L. (2022). *Variabilité des empreintes élémentaires des otolithes de deux espèces de poissons fourrages estuariens provenant de plusieurs frayères*, mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi, Saguenay, 75 p.
- LANDRY-MASSICOTTE, L, P. BRODEUR, E. PAQUIN et P. SIROIS (en préparation). *Defining the structure of the Atlantic tomcod stock in the St. Lawrence River using otolith microchemistry*.
- LES PETITS POISSONS DES CHENAUX (LPPDC) (2019). *Histoire de pêche* [En ligne] [<https://lespetitspoissons.ca/la-peche-aux-petits-poissons-deschenaux/histoire-de-peche/>] (Consulté le 16 juil. 2019).
- LES PETITS POISSONS DES CHENAUX (2019b). *Technique de pêche au petit poisson des chenaux et règlements* [En ligne] [<https://lespetitspoissons.ca/la-peche-aux-petits-poissons-deschenaux/techniques-et-reglements/>] (Consulté le 27 juil. 2021).
- MAILHOT, Y. (1991). *La population de poulamons atlantiques du haut-estuaire du fleuve Saint-Laurent : Statut du stock en 1991-92 et balises pour une politique de gestion à long terme*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Comité conjoint de gestion de la pêche, Trois-Rivières-Ouest, 5 p.
- MAILHOT, Y., J. SCROSATI et D. BOURBEAU (1988). *La population du poulamon atlantique de La Pérade : Bilan, état de la situation actuelle en 1988 et nouveaux aspects de l'écologie de l'espèce*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale de Trois-Rivières, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Trois-Rivières-Ouest, 77 p.
- MARCEAU, M. (2018). *Le retour du froid permet le début de la pêche au poulamon* [En ligne] [<https://ici.radiocanada.ca/nouvelle/1143922/poulamon-st-anne-perade-peche-glace-poissons-tourisme-redoux>] (Consulté le 21 août 2019).

- MARCHAND, F. et Y. De LAFONTAINE (2003). *Hydrological impact on the seasonal occurrence and migratory timing of freshwater fish species in the lower St. Lawrence River*, Report presented to the International Joint Commission in partial fulfillment of the Plan of Study for Criteria Review for Regulation of Lake Ontario – St. Lawrence River Levels and Flows, St. Lawrence Center, Environment Canada, 44 p. and appendix.
- MINGELBIER, M., C. GRANT, G. CÔTÉ et D. DESCHAMPS (2019). *Caractérisation des communautés de poissons et de leurs habitats dans les zones portuaires et le chenal de navigation du Saint-Laurent — Analyse des données de la période 2007-2018*, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 105 p.
- MIRANDA, E. L. et P. W. BETTOLI (2007). "Mortality" dans *Analysis and interpretation of freshwater fisheries data*, C. S. Guy et M. L. Brown (eds.), American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, p. 229-277.
- NIKOLSKY, G. (1976). *The ecology of fishes*, Academic Press, New York, London, 352 p.
- OGLE, D. H., J. C. DOLL, P. WHEELER et A. DINNO (2022). *FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.9.3*.
- OGLE, D. (2018). *Introductory Fisheries Analyses*, with R. Chapman and Hall/CRC, 337 p.
- PELLETIER, M.-A. (2021). *Début de la pêche aux petits poissons des Chenaux* [En ligne] [<https://www.lapresse.ca/voyage/quebec-et-canada/2021-01-22/debut-de-la-peche-aux-petits-poissons-des-chenaux.php>] (Consulté le 3 déc. 2021).
- PIANKA, E. R. (1970). "On r- and K- selection", *The American naturalist*, 104: 592-597.
- R CORE TEAM (2021). *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RICKER, W. E. (1980). « Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons », *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada*, 191F.
- SCOTT, W. B. et E. J. CROSSMAN (1974). "Freshwater Fishes of Canada", *Fisheries Research Board of Canada Bulletin*, 184, 1011 p.
- TESSIER, A. (1975). *Petite histoire de notre petit poisson des chenaux*, Éditions du Bien public, Trois-Rivières, 28 p.
- VENABLES, W. N. et B. D. RIPLEY (2002). *Modern Applied Statistics with S-PLUS*, Fourth Edition, Springer.

Annexes

Annexe 1. Synthèse de l'effort d'échantillonnage et de l'effectif des échantillons de poulamons.

Échantillonnage	Année	Période d'échantillonnage	Nombre de marées ciblées ¹	Nombre total de marées depuis la vidange ²	Nombre de poulamons capturés	Nombre de poulamons mesurés
Trappe fixe Rivière-Ouelle (RIPE)	2009	2009-09-01 au 2009-10-30	10	13	35 295	3 053
	2010	2010-09-01 au 2010-10-30	9	11	30 606	4 570
	2011	2011-09-01 au 2011-10-30	11	13	37 162	5 977
	2012	2012-09-01 au 2012-10-31	12	18	43 833	3 845
	2013	2013-09-02 au 2013-10-31	9	9	40 924	298
	2015	2015-09-01 au 2015-10-31	11	12	25 690	398
	2016	2016-09-02 au 2016-11-13	12	12	20 944	811
	2017	2017-09-02 au 2017-11-05	11	12	45 127	1 184
	2018	2018-09-01 au 2018-11-09	11	12	29 011	777
	2019	2019-09-01 au 2019-10-30	9	11	26 623	491
	2020	2020-09-01 au 2020-11-01	10	11	32 911	633
Trappe fixe (sous-échantillon)	2019	2019-09-20 au 2019-10-30			26 623	128
Chalut	2019	2019-08-30 au 2019-09-02			14 717	831
Pêche sportive	2019	2019-12-22 au 2020-02-14			969	969

¹ **Marée ciblée** : Marée pour laquelle l'ensemble des poulamons sont dénombrés.

² **Nombre total de marées depuis la vidange** : Nombre cumulatif de cycles de marées entre les différentes levées de la trappe fixe de pêche à la fascine. Cette variable a été utilisée pour standardiser l'effort de pêche et exprimer l'abondance relative des poulamons capturés par unité d'effort (CPUE : nombre de poulamons capturés par cycle de marée).

Annexe 2. Clé longueur-âge créée à partir de 597 poulamons atlantiques capturés à la trappe fixe de Rivière-Ouelle de 2009 à 2012.

Classes de tailles (mm)	Nombre d'individus	Âge						
		0	1	2	3	4	5	6
60 à 69	1	100 %						
70 à 79	3	100 %						
80 à 89	18	100 %						
90 à 99	21	90 %		10 %				
100 à 109	20	100 %						
110 à 119	26	69 %	27 %	4 %				
120 à 129	45	44 %	44 %	11 %				
130 à 139	40	15 %	50 %	28 %	8 %			
140 à 149	38	8 %	47 %	42 %	3 %			
150 à 159	30		50 %	27 %	23 %			
160 à 169	32		31 %	38 %	22 %	6 %	3 %	
170 à 179	35		37 %	43 %	11 %	9 %		
180 à 189	30		20 %	67 %	13 %			
190 à 199	47		21 %	57 %	19 %	2 %		
200 à 209	36		14 %	53 %	28 %	6 %		
210 à 219	31		16 %	23 %	42 %	16 %		3 %
220 à 229	28			36 %	43 %	14 %	7 %	
230 à 239	23		4 %	30 %	48 %	17 %		
240 à 249	20			30 %	40 %	25 %	5 %	
250 à 259	9		11 %	44 %	44 %			
260 à 269	12			33 %	42 %	8 %	17 %	
270 à 279	13				46 %	31 %	23 %	
280 à 289	12				58 %	17 %	25 %	
290 à 299	8				25 %	63 %	13 %	
300 à 309	6				67 %	17 %	17 %	
310 à 319	7				43 %	43 %	14 %	
320 à 329	3					67 %	33 %	
330 à 339	3					67 %	33 %	

Annexe 3. Clé longueur-sexe créée à partir de 2 350 poulamons atlantiques sexés capturés à la trappe fixe de Rivière-Ouelle de 2009 à 2016.

Classes de tailles (mm)	Nombre d'individus	Sexe		
		Indéterminé	Mâle	Femelle
40 à 69	25	100 %		
70 à 79	54	100 %		
80 à 89	104	96 %	2 %	2 %
90 à 99	157	98 %	1 %	1 %
100 à 109	108	94 %	3 %	3 %
110 à 119	119	82 %	13 %	5 %
120 à 129	139	36 %	40 %	24 %
130 à 139	175	17 %	54 %	29 %
140 à 149	180	7 %	67 %	26 %
150 à 159	177	5 %	60 %	35 %
160 à 169	175	3 %	49 %	48 %
170 à 179	158	3 %	46 %	51 %
180 à 189	139	2 %	41 %	57 %
190 à 199	129	1 %	35 %	64 %
200 à 209	108		33 %	67 %
210 à 219	82		33 %	67 %
220 à 229	69		26 %	74 %
230 à 239	58		19 %	81 %
240 à 249	53	2 %	13 %	85 %
250 à 259	30		13 %	87 %
260 à 269	22			100 %
270 à 279	24	4 %	4 %	92 %
280 à 289	21		5 %	95 %
290 à 299	14			100 %
300 à 309	10			100 %
310 à 319	12			100 %
320 à 329	3			100 %
330 à 360	5		100 %	

Annexe 4. Clé longueur-maturité créée à partir de 1 989 observations sur des poulamons atlantiques capturés à la trappe fixe de Rivière-Ouelle de 2009 à 2015.

Classes de tailles (mm)	Nombre d'individus	Stade de maturité				
		1	2	3	4	5
60 à 69	13	100 %				
70 à 79	27	100 %				
80 à 89	64	98 %	2 %			
90 à 99	97	99 %	1 %			
100 à 109	71	97 %	3 %			
110 à 119	99	81 %	15 %	4 %		
120 à 129	130	35 %	38 %	27 %		
130 à 139	147	15 %	49 %	35 %	1 %	
140 à 149	159	5 %	45 %	48 %	2 %	
150 à 159	156	4 %	29 %	64 %	3 %	
160 à 169	159	2 %	33 %	64 %	1 %	
170 à 179	157		24 %	75 %	1 %	
180 à 189	133	1 %	27 %	71 %	1 %	
190 à 199	121	1 %	19 %	79 %	2 %	
200 à 209	95		15 %	84 %	1 %	
210 à 219	69		16 %	83 %	1 %	
220 à 229	64		10 %	83 %	6 %	
230 à 239	52		15 %	83 %	2 %	
240 à 249	44		14 %	86 %		
250 à 259	25		4 %	96 %		
260 à 269	18		6 %	94 %		
270 à 279	23		91 %	9 %		
280 à 289	20		100 %			
290 à 299	14		7 %	86 %		7 %
300 à 309	12			100 %		
310 à 319	11			100 %		
320 à 329	3			100 %		
330 à 339	6			100 %		

Annexe 5. Détermination du nombre optimal de mesures requises pour représenter la biomasse des poulamons femelles matures par le sous-échantillonnage mené durant les marées ciblées.

Afin de réduire la variabilité (erreur type) sur l'estimation de la taille moyenne et de la biomasse des femelles matures capturées durant les marées ciblées, des échantillons aléatoires de différentes tailles ont été simulés afin de déterminer le nombre optimal de poulamons à mesurer. L'exercice a été réalisé en utilisant les premières années du suivi, soit les inventaires réalisés de 2009 à 2012, puisqu'un plus grand nombre de poulamons y ont été mesurés, permettant de tester une plus large gamme de tailles de sous-échantillons. Chaque pigue de taille variable a été répétée 100 fois afin d'obtenir une estimation de l'erreur type associée à la taille moyenne des individus mesurés et de la biomasse des femelles matures.

Les résultats des piges aléatoires de différentes tailles d'échantillon ont révélé que l'erreur type diminue en fonction de la taille du sous-échantillon (figure A5.1). L'estimation de la taille moyenne se stabilise et l'erreur type est trois fois moins élevée lorsque le nombre de poissons mesurés atteint un seuil de 1 000 individus. L'atteinte du nombre seuil de 1 000 mesures n'a été possible que durant 5 années, de 2009 à 2020 (annexe 1). Néanmoins, pour un sous-échantillon de tailles de 25 à 1 000 poulamons, l'erreur type demeure relativement faible ($< 0,3\%$; figure A5.1).

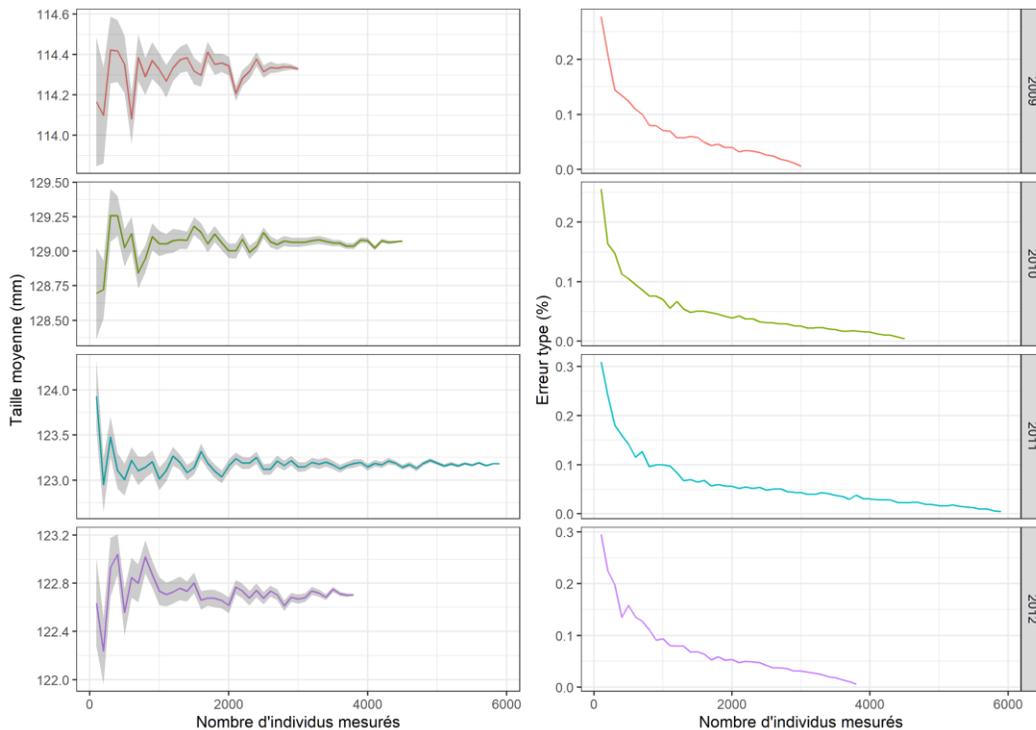


Figure A5.1 Taille moyenne des poulamons atlantiques en fonction du nombre d'individus mesurés chaque année de 2009 à 2012. L'erreur type obtenue pour chaque taille de sous-échantillon est représentée par la zone grise sur la figure de gauche et exprimée en pourcentage sur la figure de droite.

Les pignes aléatoires visant à déterminer le nombre optimal de poulamons à mesurer pour chaque marée ciblée afin de représenter adéquatement la biomasse des femelles matures n'ont pris en compte que les individus mesurant plus de 110 mm. Un maximum de 50 poulamons non-recrues (> 110 mm) est actuellement mesuré à chaque marée ciblée selon le protocole du RIPE (J. Doucet-Caron, biologiste, comm. pers.; figure A5.2). De 2009 à 2012, la moyenne de l'erreur type associée à l'estimation de la biomasse des femelles matures était de 5 % lorsque 25 poulamons étaient mesurés par marée ciblée et diminuait à 3 % lorsque 50 individus étaient mesurés. La comparaison des estimations de la biomasse des femelles matures lorsque 50 individus étaient mesurés et lorsque l'ensemble des individus était mesuré a permis de confirmer que le sous-échantillonnage est précis. Sur l'ensemble des marées ciblées, l'estimation était significativement plus basse à uniquement deux marées ciblées sur un total de 25 lorsque 50 poulamons étaient mesurés (Test de t de Student; $p < 0,05$). La présente analyse suggère que le sous-échantillonnage mis en place est précis et représente adéquatement les paramètres de dynamique du stock de poulamons atlantiques. La méthode de sous-échantillonnage utilisé au RIPE ne serait donc pas à l'origine de la sous-représentation des individus plus âgés dans l'échantillonnage de la trappe fixe.

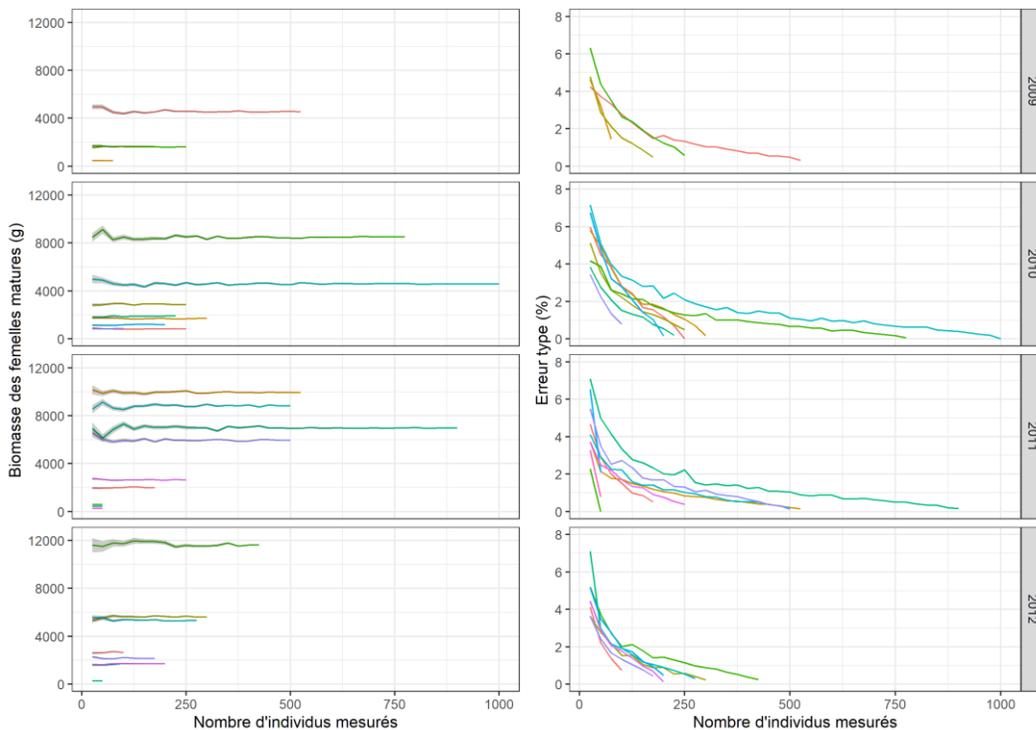
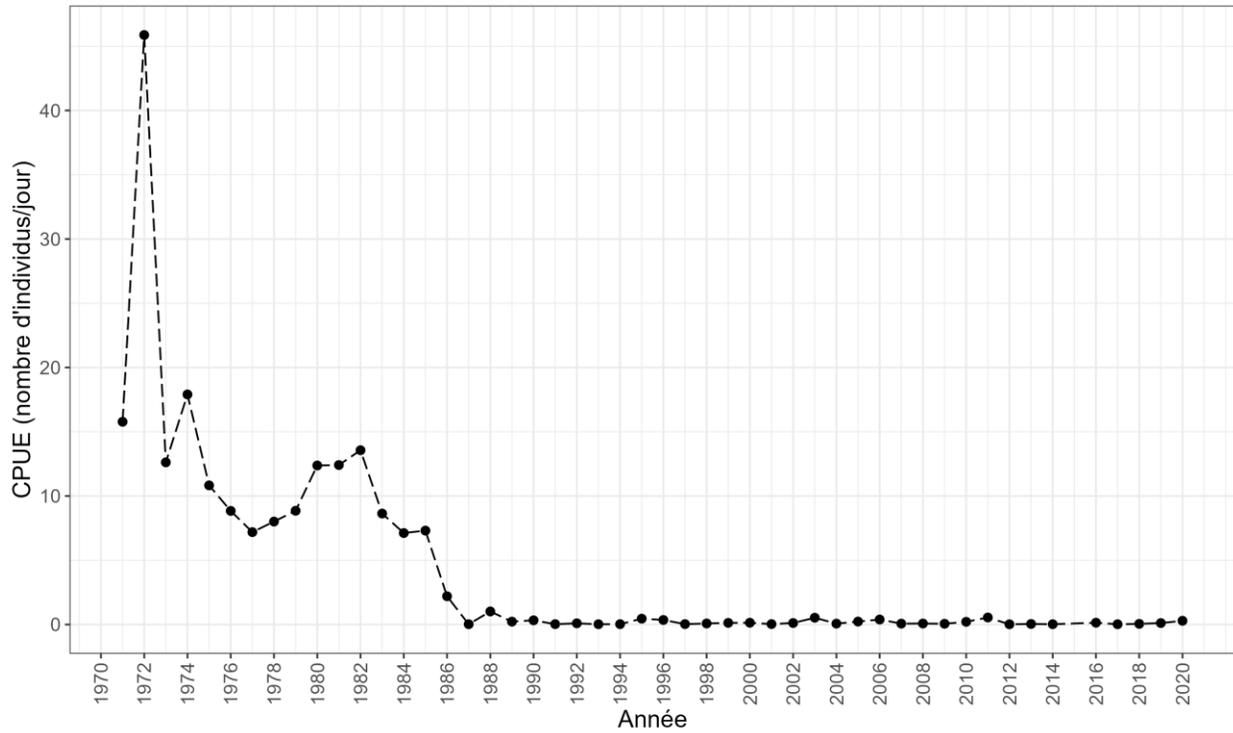


Figure A5.2 Biomasse moyenne des poulamons atlantiques femelles matures en fonction du nombre d'individus mesurés à chaque marée ciblée de 2009 à 2012. Chaque courbe représente les captures d'une marée ciblée. L'erreur type associée à chaque taille de sous-échantillon est représentée par la zone grise sur la figure de gauche et exprimée en pourcentage sur la figure de droite.

Annexe 6. Captures par unité d'effort (CPUE; nombre par jour) de poulamons atlantiques capturés annuellement à la trappe fixe de Saint-Nicolas du RIPE de 1971 à 2020





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

Québec 