

Dynamique et habitats de reproduction de la population réintroduite de bars rayés (*Morone saxatilis*) dans le fleuve Saint-Laurent

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS



Plusieurs des études présentées dans ce document ont été menées dans le cadre de l'Entente Canada-Québec sur les espèces en péril. Certaines études ont aussi été réalisées grâce au soutien du Plan d'action Saint-Laurent.

Photographie de la couverture :

Jim Levison

Référence à citer :

L'ITALIEN, L., J. MAINGUY et E. VALIQUETTE (2020). *Dynamique et habitats de reproduction de la population réintroduite de bars rayés (Morone saxatilis) dans le fleuve Saint-Laurent*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, XVI + 123 p.

© Gouvernement du Québec

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2020

ISBN (PDF) : 978-2-550-87421-8

Remerciements

Au cours de la dernière décennie, le bar rayé de la population réintroduite du fleuve Saint-Laurent a fait l'objet de nombreuses études scientifiques visant à décrire son habitat de reproduction et à en évaluer son utilisation. Les travaux présentés dans ce document sont le fruit d'efforts collectifs soutenus. Nos remerciements s'adressent d'abord à toutes les personnes impliquées de près ou de loin dans les projets d'acquisition de connaissances sur le bar rayé du fleuve Saint-Laurent : techniciens de la faune, biologistes, stagiaires, étudiants, personnel administratif. Nous remercions aussi toutes les personnes ayant travaillé à la réalisation des analyses et à la production des résultats présentés dans ce rapport.

Nous souhaitons tout particulièrement remercier Denis Fournier, technicien de la faune au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), qui a mené et coordonné de manière remarquable la plupart des travaux sur le terrain touchant le bar rayé au Québec au cours des 10 dernières années. Par son engagement et sa rigueur, il a contribué non seulement à acquérir les données elles-mêmes, mais aussi à les organiser et à les pérenniser. Son expérience du terrain et ses connaissances approfondies des habitats du poisson ont été des atouts majeurs dans le dossier du bar rayé.

Nous tenons également à souligner la contribution de Pascal Sirois, professeur au département des sciences fondamentales à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et titulaire de la Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées, pour son implication dans les travaux sur le bar rayé. Ses recherches et ses réflexions ont apporté un éclairage additionnel à la compréhension de la biologie de la population de bars rayés du fleuve Saint-Laurent.

Nos remerciements s'adressent aussi à Isabel Thibault, Olivier Morissette, Valérie Bujold et Frédéric Lecomte qui ont effectué la révision scientifique de ce document. Les nombreux échanges et commentaires ont nettement contribué à approfondir les analyses et les résultats présentés dans le rapport.

Enfin, nous tenons spécialement à exprimer notre gratitude à Michel Legault, biologiste ayant travaillé au gouvernement du Québec pendant près de 30 ans. À titre de coordonnateur provincial du dossier du bar rayé de 2004 à 2019, Michel a su faire preuve d'ouverture, de créativité, d'audace et d'écoute, des qualités qui ont instauré un climat de collaboration positif entre les acteurs du rétablissement de l'espèce au Québec. Nous lui devons la majorité des suivis mis en place pour le bar rayé, dont certains sont appelés à persister bien au-delà de son départ à la retraite. Ses actions ont incontestablement contribué à la réintroduction réussie du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent, mais aussi à mener l'espèce sur la voie du rétablissement.

Résumé

Dès les premières preuves de reproduction naturelle au sein de la population réintroduite de bars rayés (*Morone saxatilis*) du fleuve Saint-Laurent, le gouvernement du Québec a entrepris de localiser les habitats clés pour l'espèce, notamment les habitats de reproduction et de croissance.

De nombreux travaux de recherche portant sur les habitats et la dynamique de reproduction des bars rayés de la population du fleuve Saint-Laurent ont été menés intensivement de 2011 à 2018. Des suivis des reproducteurs par télémétrie acoustique et au filet maillant, des captures d'œufs et de larves à l'aide de filets à plancton ainsi que des captures de jeunes de l'année à la seine de rivage ont permis de caractériser plusieurs secteurs d'importance pour la reproduction et la croissance, notamment l'estuaire fluvial. Ces travaux ont permis d'approfondir les connaissances scientifiques sur les habitats d'importance pour la reproduction du bar rayé et sur la dynamique de reproduction de l'espèce, à la limite de son aire de distribution nordique. Ce rapport se veut un compendium permettant de retracer l'ensemble des travaux réalisés sur la nouvelle population et d'en combiner les conclusions afin d'établir un portrait global.

L'ensemble des résultats issus des suivis des reproducteurs, de la capture d'œufs et de larves, ainsi que ceux du suivi de l'abondance des jeunes de l'année ont permis de localiser deux frayères d'importance qui contribuent au rétablissement et au maintien de la population de bars rayés du fleuve Saint-Laurent. Ces frayères sont localisées dans le fleuve Saint-Laurent à l'embouchure de la rivière du Sud, à Montmagny, et à l'extrémité portuaire de la ville de Québec, dans le secteur de la baie de Beauport. L'embouchure de la rivière Ouelle apparaît comme un site d'importance pour la maturation des femelles, alors que l'ensemble de la zone de turbidité maximale (ZTM) constitue un secteur critique pour la survie et la croissance des jeunes de l'année, de leur stade larvaire jusqu'à la fin de leur première saison de croissance. La position géographique de la ZTM, en ce qui a trait à la distance par rapport aux sites utilisés pour la reproduction de l'espèce, semble avoir une incidence sur la croissance et la survie des jeunes bars rayés de la population du fleuve Saint-Laurent.

Outre les secteurs de reproduction identifiés dans ce rapport, les plus récentes données suggèrent que le bar rayé pourrait utiliser des secteurs situés dans le tronçon fluvial du fleuve Saint-Laurent pour la reproduction, et ce, bien en amont de la ville de Québec. La contribution de ces secteurs en matière de recrutement pour la population réintroduite demeure inconnue. Des études à ce sujet sont en cours et pourront apporter un nouvel éclairage au cours des prochaines années.

Le présent rapport dresse un portrait à jour (2018) de la dynamique de reproduction de la population réintroduite de bars rayés dans le fleuve Saint-Laurent

Table des matières

Remerciements.....	iii
Résumé.....	v
Table des matières.....	vii
Liste des figures.....	ix
Liste des tableaux.....	xiii
1 Introduction.....	1
1.1 Le bar rayé du fleuve Saint-Laurent.....	1
1.2 Objectif.....	2
1.3 Synthèse des connaissances sur la dynamique de reproduction du bar rayé.....	2
Encadré 1. Variabilité des températures de fraie pour le bar rayé.....	7
2 Méthodologie.....	9
2.1 Suivi des bars rayés adultes.....	9
2.1.1 Pêches scientifiques au filet maillant.....	9
2.1.1.1 État de référence de la faune aquatique et de ses habitats dans le secteur du pont de l'île d'Orléans — 2012 et 2013.....	9
2.1.1.2 Fleuve Saint-Laurent — 2014.....	12
2.1.1.3 Extrémité portuaire de la baie de Beauport — 2015-2018.....	13
2.1.1.4 Embouchure de la rivière du Sud — 2014 à 2018.....	15
2.1.1.5 Embouchure de la rivière Ouelle — 2012 à 2018.....	17
2.1.1.6 Analyses graphiques et statistiques des inventaires normalisés.....	18
2.1.1.7 Mesure de la température.....	19
2.1.2 Suivi par télémétrie acoustique.....	20
2.1.2.1 Captures et marquage de bars rayés adultes 2010 à 2018.....	20
Encadré 2. Réseau de suivi par télémétrie acoustique dans le système Saint-Laurent.....	22
2.1.2.2 Système de positionnement dans le secteur du pont de l'île d'Orléans 2013.....	23
2.1.2.3 Système de positionnement dans le secteur portuaire de Québec 2015 à 2018 ...	23
2.1.2.4 Analyses spatiales basées sur les données issues d'un système de positionnement VPS.....	24
Encadré 3. Description de l'utilisation de l'habitat par l'analyse par domaine vital.....	26
2.1.2.5 Localisations par télémétrie acoustique et analyse en composantes principales...	30
2.1.3 Assignation populationnelle des bars rayés adultes sur les sites de reproduction.....	33
2.2 Capture d'œufs et de larves.....	34
2.2.1 Inventaire de 2010 : estuaire moyen.....	34
2.2.2 Inventaire de 2011 : estuaire moyen.....	35
2.2.3 Inventaire de 2014 : secteur de Trois-Rivières à Kamouraska.....	36
2.2.4 Inventaire de 2016 : secteur de Québec.....	37
2.2.5 Inventaire de 2016 : secteur de Bécancour.....	38
2.3 Captures de jeunes de l'année.....	40
2.3.1 Réseau de suivi ichthyologique des poissons d'eau douce du Québec, volet seine de rivage : 1995-2018.....	40
2.3.2 Réseau de suivi du recrutement des chevaliers : 1999-2018.....	41
2.3.3 Recherche de jeunes bars rayés dans l'estuaire du Saint-Laurent : 2011.....	41
2.3.4 Travaux de démarrage du réseau de suivi de l'abondance des jeunes de l'année : 2012	42
2.3.5 Projet de recherche sur l'habitat des jeunes bars rayés de l'année et les stratégies de migration : 2011-2012.....	43
2.3.6 Projet de recherche sur l'habitat des jeunes bars rayés de l'année : 2014.....	44
2.3.7 Suivi de l'abondance des jeunes de l'année du bar rayé à l'embouchure de la rivière Bécancour et dans le secteur de Trois-Rivières : 2016.....	46
2.3.8 Réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés de l'année : 2013-2018.....	46

3	Résultats	49
3.1	Suivi des bars rayés adultes.....	49
3.1.1	État de référence de la faune aquatique et de ses habitats dans le secteur du pont de l'île d'Orléans — 2012 et 2013.....	49
3.1.2	Fleuve Saint-Laurent 2014	49
3.1.3	Extrémité portuaire de la baie de Beauport 2015-2018.....	52
3.1.4	Embouchure de la rivière du Sud 2017-2018.....	61
3.1.5	Embouchure de la rivière Ouelle	67
3.2	Suivi par télémétrie acoustique.....	68
3.2.1	Système de positionnement dans le secteur du pont de l'île d'Orléans 2013.....	68
3.2.2	Système de positionnement dans le secteur portuaire de Québec 2015 à 2018.....	69
3.2.2.1	Détermination du cœur du domaine vital.....	69
3.2.2.2	Noyaux de densité individuel et global	70
3.2.3	Analyse en composantes principales des localisations par télémétrie acoustique	72
3.3	Assignation populationnelle des bars rayés adultes dans les sites de reproduction.....	79
3.4	Capture d'œufs et de larves	80
3.4.1	Inventaire de 2010 : estuaire moyen.....	80
3.4.2	Inventaire de 2011 : estuaire moyen.....	82
3.4.3	Inventaire de 2014 : secteur de Trois-Rivières à Kamouraska.....	85
3.4.4	Inventaire de 2016 : secteur de Québec.....	89
3.4.5	Suivi de l'abondance des jeunes de l'année mené par la communauté de Wôlinak en 2016 : secteur de Bécancour.....	92
3.5	Captures de jeunes de l'année	92
3.5.1	Réseau de suivi ichtyologique des poissons d'eau douce du Québec, volet seine de rivage : 1995-2018	92
3.5.2	Réseau de suivi du recrutement des chevaliers : 1999-2018.....	93
3.5.3	Recherche de jeunes bars rayés dans l'estuaire du Saint-Laurent : 2011	93
3.5.4	Travaux de démarrage du réseau de suivi des jeunes bars rayés de l'année : 2012	94
3.5.5	Projet de recherche sur l'habitat des jeunes bars rayés de l'année et les stratégies de migration : 2011-2012	98
3.5.6	Projet de recherche sur l'habitat des jeunes bars rayés de l'année : 2014	100
3.5.7	Suivi de l'abondance des jeunes bars rayés à l'embouchure de la rivière Bécancour et dans le secteur de Trois-Rivières : 2016	103
3.5.8	Réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés de l'année : 2013-2018	103
4	Discussion.....	109
5	Conclusion.....	115
6	Bibliographie	117

Liste des figures

Figure 1 : Localisation et superficie approximative de la zone de turbidité maximale dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. L'étendue géographique de la ZTM varie dans le temps.	4
Figure 2 : Localisation des sites inventoriés en 2014, en période de reproduction du bar rayé.	12
Figure 3 : Localisation des filets maillants déployés à l'extrémité portuaire de la baie de Beauport de 2015 à 2018.....	14
Figure 4 : Secteur de l'embouchure de la rivière du Sud, à Montmagny, et filets déployés en 2017 et 2018.	16
Figure 5 : Zone de capture des bars rayés dans la portion aval de la rivière Ouelle de 2014 à 2018 ...	18
Figure 6 : Position des récepteurs acoustiques dans la grille de positionnement déployée par le MFFP dans le secteur du pont de l'île d'Orléans en 2013.	23
Figure 7 : Position des récepteurs acoustiques dans la grille de positionnement déployée par Englobe à l'extrémité portuaire de la baie de Beauport de 2015 à 2018.	25
Figure 8 : Relation entre le nombre d'observations servant à estimer le domaine vital et la superficie maximale de celui-ci. En moyenne (courbe noire; valeurs prédites du modèle de régression exponentielle), les différents schémas observés (n = 18, lignes pointillées de différentes couleurs en arrière-plan) tendaient vers un plateau en matière de superficie lorsque basés sur 77 positions ou plus (ligne verticale bleue pointillée; seuil de la fonction de décroissance exponentielle).	29
Figure 9 : Délimitation des cinq zones du fleuve Saint-Laurent définies pour l'analyse en composante principale (ACP). Les zones ont été délimitées arbitrairement selon les caractéristiques physiques générales de l'habitat, notamment les marées, la salinité et la configuration physique.	32
Figure 10 : Stations échantillonnées par chalutage en 2010. Tirée de Morissette (2011).	35
Figure 11 : Stations échantillonnées par chalutage de juin à août 2011.	36
Figure 12 : Stations échantillonnées par chalutage en juin 2014.	37
Figure 13 : Stations échantillonnées par chalutage dans la région de Québec en 2016.	38
Figure 14 : Localisation des stations échantillonnées lors du suivi de la dérive larvaire à l'embouchure de la rivière Bécancour. Tirée du bureau Environnement et terre de Wôlinak (2018).	39
Figure 15. Secteurs ciblés par le Réseau de suivi ichtyologique. Les secteurs en gris ne font pas partie du réseau.	40
Figure 16 : Localisation des secteurs échantillonnés à la seine dans le cadre du réseau de suivi des chevaliers dans la rivière Richelieu.	41
Figure 17 : Localisation des 27 stations échantillonnées à la seine de rivage du 3 août au 7 septembre 2011.	42
Figure 18 : Localisation des 152 stations échantillonnées en 2012 à la seine de rivage entre Trois-Rivières et Rivière-du-Loup. Tirée de Pelletier (2013).	43
Figure 19 : Sites d'échantillonnage des jeunes bars rayés en 2011 (cercles blancs) et 2012 (cercles noirs). Les lignes représentent les limites des habitats définis selon les taux de salinité. Les noms des habitats ainsi que les taux de salinité leur étant associés sont indiqués. Tirée de Morissette et coll. (2016)	44
Figure 20 : Localisation des stations échantillonnées en juillet et août 2014 à la seine de rivage entre Sainte-Anne-de-la-Pérade et Kamouraska.	45
Figure 21 : Localisation des 23 stations échantillonnées en 2016 à la seine de rivage entre le pont Laviolette et la ville de Gentilly. Tirée du bureau Environnement et terre de Wôlinak (2018).	46
Figure 22 : Localisation des 100 stations échantillonnées depuis 2013 dans le cadre du réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés de l'année, entre Trois-Rivières et Rivière-du-Loup.	47

Figure 23 : Évolution temporelle des captures de bars rayés et de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport en 2015.	55
Figure 24 : Évolution temporelle du nombre de captures de bar rayé et du rapport des sexes, ainsi que de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport lors du suivi des reproducteurs en 2015.	55
Figure 25 : Évolution temporelle des captures de bars rayés et de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport en 2016.	56
Figure 26 : Évolution temporelle du nombre de captures de bar rayé et du rapport des sexes, ainsi que de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport lors du suivi des reproducteurs en 2016.	56
Figure 27 : Évolution temporelle des captures de bars rayés et de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport en 2017.	57
Figure 28 : Évolution temporelle du nombre de captures de bar rayé et du rapport des sexes, ainsi que de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport lors du suivi des reproducteurs en 2017.	57
Figure 29 : Évolution temporelle des captures de bars rayés et de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport en 2018.	58
Figure 30 : Évolution temporelle du nombre de captures de bar rayé et du rapport des sexes, ainsi que de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport lors du suivi des reproducteurs en 2018.	58
Figure 31 : Nombre prédit de bars rayés capturés par période de 40 minutes de filet mouillé à la baie de Beauport en fonction de la date à laquelle la pêche au filet maillant (mailles de 4 po) a été effectuée de 2015 à 2018. Les traits pointillés verticaux indiquent la date à laquelle le nombre de captures prédit était maximal (asymptote) pour chacune des années.	59
Figure 32 : Probabilité de capturer un bar rayé mâle lors des pêches au filet maillant à la baie de Beauport en fonction du temps de 2015 à 2018. Les traits pointillés verticaux indiquent la date à laquelle la probabilité atteint une valeur prédite maximale.	60
Figure 33 : Relation entre la longueur à la fourche et la progression dans le temps de la période de la fraie pour les bars rayés du fleuve Saint-Laurent à la baie de Beauport pour les années 2015-2018 (regroupées).	61
Figure 34 : Évolution temporelle des captures (haut) et du rapport des sexes (bas) du bar rayé à l'embouchure de la rivière du Sud en 2017.	63
Figure 35 : Évolution temporelle des captures (haut) et du rapport des sexes (bas) du bar rayé à l'embouchure de la rivière du Sud en 2018.	64
Figure 36 : Nombre prédit de bars rayés capturés par levée de filet au bassin de la rivière du Sud à Montmagny en fonction de la date à laquelle la pêche au filet maillant (4 po) a été effectuée en 2017 et 2018 (années regroupées). Le trait pointillé vertical indique la date à laquelle le nombre de captures prédit était maximal (asymptote) pour ces deux années.	65
Figure 37 : Probabilité de capturer un bar rayé mâle lors des pêches au filet maillant au bassin de la rivière du Sud à Montmagny en fonction du temps de 2017 à 2018. Le trait pointillé vertical indique la date à laquelle la probabilité atteint une valeur prédite maximale.	66
Figure 38 : Relation exponentielle entre l'isoplèthe sélectionné et la superficie comprise dans celui-ci pour le noyau final de densité à base de treillis pondéré. L'isoplèthe seuil (0,71; ligne pointillée verticale) démarque l'endroit où la proportion du domaine vital augmente plus rapidement que l'isoplèthe de volume, soit là où la pente de la courbe égale 1.	69
Figure 39 : Noyau de densité pondéré du groupe de bars rayés fréquentant la baie de Beauport pendant la période de reproduction (12 mai au 26 juin) de 2015 à 2018. Les lignes noires correspondent aux isoplèthes de volume dont la valeur augmente vers l'extérieur (0,25, 0,5, 0,75 et 0,95). Le polygone rouge correspond au centre d'activité du bar rayé, soit un isoplèthe de 0,71. La légende correspond à la gradation de couleurs : plus la couleur tend vers le rouge, plus la densité de positions du bar rayé augmente.	71
Figure 40 : Illustration de la contribution des différentes zones à l'analyse en composantes principales (ACP) selon les valeurs absolues des vecteurs présentés dans le Tableau 20 pour la CP1	

(haut) et la CP2 (bas). Une couleur plus foncée et une taille plus grande du cercle indiquent une contribution plus grande à la CP considérée, alors qu'un cercle plus petit et plus pâle indique une contribution plus modeste.....	74
Figure 41 : Graphique de type biplot illustrant à la fois les vecteurs associés aux cinq zones concernées ainsi que les valeurs individuelles des CP1 et CP2 en tenant compte aussi de leur lieu d'origine pour le marquage. Les ellipses associées aux groupes ayant suffisamment d'individus indiquent visuellement comment les individus se regroupent en fonction des deux dimensions considérées.....	75
Figure 42 : Valeur moyenne (avec erreur-type) des pointages individuels pour la CP1 de l'analyse en composantes principales (ACP) selon le site de marquage de bars rayés suivis par télémétrie acoustique durant la période de fraie en 2018. Des valeurs positives indiquent une tendance à avoir des localisations plus fréquentes dans les zones 1 et 3, alors que des valeurs négatives indiquent une plus grande utilisation des zones 4 et 5.....	76
Figure 43 : Graphique de type biplot illustrant à la fois les vecteurs associés aux cinq zones concernées ainsi que les valeurs individuelles des CP1 et CP2 en tenant compte aussi du sexe. Les ellipses associées aux groupes ayant suffisamment d'individus indiquent visuellement comment les individus se regroupent en fonction des deux dimensions considérées.	77
Figure 44 : Valeurs moyennes (avec erreur-type) des pointages individuels pour la CP1 de l'analyse en composantes principales (ACP) selon le sexe des bars rayés suivis par télémétrie acoustique durant la période de fraie en 2018. Des valeurs positives indiquent une tendance à avoir des localisations plus fréquentes dans les zones 1 et 3, alors que des valeurs négatives indiquent une utilisation plus grande des zones 4 et 5.....	78
Figure 45 : Valeurs moyennes (avec erreur-type) des pointages individuels pour la CP2 de l'analyse en composantes principales selon le sexe des bars rayés suivis par télémétrie acoustique durant la période de fraie en 2018. Des valeurs positives indiquent une tendance à avoir des localisations plus fréquentes dans les zones 1 et 3, alors que des valeurs négatives indiquent une plus grande utilisation des zones 4 et 5.	79
Figure 46 : Densité larvaire de bar rayé (individu/m ³) estimée par l'analyse de krigage près du bassin de la rivière du Sud à Montmagny en 2010. Les « X » représentent les stations échantillonnées. Préparée par Morissette et coll., données non publiées.	81
Figure 47 : Corrélation de l'abondance des larves de bars rayés (individu/m ³) selon quatre paramètres physico-chimiques : la température (A), la turbidité (B), la salinité (C) et la profondeur (D). Figure tirée de Morissette 2011.	82
Figure 48 : Localisation des stations de chalutage où des œufs de poissons, notamment de bars rayés, ont été capturés du 6 au 16 juin 2011.....	84
Figure 49 : Secteur dans lequel ont été échantillonnées les 15 larves de bars rayés du 6 juin au 2 août 2011.	85
Figure 50 : Localisation des stations où des larves de bars rayés ont été capturées du 4 au 28 juin 2014.....	86
Figure 51 : Distribution de fréquence des larves de bars rayés issues des activités de fraie ayant eu lieu Montmagny en 2014 pour différentes dates, établies selon l'âge rétrocalculé des larves échantillonnées les 6, 15 et 23 juin 2014.	87
Figure 52 : Distribution de fréquence des larves de bars rayés issues des activités de fraie ayant eu lieu dans le secteur nord du fleuve Saint-Laurent en 2014 pour différentes dates, établies selon l'âge rétrocalculé des larves échantillonnées les 8, 17 et 22 juin 2014.....	88
Figure 53 : Localisation des stations où des larves de bars rayés, âgées de 4 à 7 jours, ont été capturées du 4 au 28 juin 2014. La taille des cercles orange est proportionnelle au nombre de larves capturées.	89
Figure 54 : Localisation des stations avec œufs de bars rayés lors de l'inventaire par chalutage en 2016.	90
Figure 55 : Localisation des stations avec larves de bars rayés lors de l'inventaire par chalutage en 2016.	91

Figure 56 : Localisation des deux jeunes bars rayés de l'année capturés en 2012 dans le cadre du Réseau de suivi ichthyologique des poissons d'eau douce du Québec.	92
Figure 57 : Localisation des stations dans lesquelles de jeunes bars rayés de l'année ont été capturés du 3 août au 7 septembre 2011.	93
Figure 58 : Probabilité prédite de capturer un jeune de l'année selon les zones et les périodes échantillonnées pour le bar rayé du fleuve Saint-Laurent. Les lettres indiquent où se situent les différences significatives pour une période donnée. Tirée de Pelletier (2013).	95
Figure 59 : Distribution des captures de jeunes bars rayés de l'année obtenues au premier coup de seine pour les périodes de juillet à septembre 2012.	96
Figure 60 : Distribution de fréquences de classes de taille en mm (LTmax) des bars rayés 0+ selon la période. Les longueurs ont été mesurées suite à la conservation des spécimens échantillonnés dans l'éthanol 95 %. Tirée de Pelletier (2013).	97
Figure 61 : Concentration (en ppm) des éléments traces (Mg, Mn, Sr et Ba) au cours de la première saison de croissance déterminée à partir du profil de l'otolithe (rétrocalculé à l'âge en jours) à partir du cœur de l'otolithe. Les individus typiques des contingents : a) résident d'eau douce; b) migrant oligohalin; et c) migrant mésohalin sont présentés. Les lignes verticales indiquent une transition d'habitat déterminée par une analyse de fenêtre mobile (split-moving window analysis) et les lettres indiquent la classification de l'habitat telle qu'elle est déterminée par l'analyse discriminante : F (Freshwater) pour eau douce, O pour oligohalin et M pour mésohalin. Tirée de Morissette et coll. (2016).	99
Figure 62 : Panneau de gauche : proportion des individus attribués aux trois contingents chez les individus échantillonnés en 2011, au cours de leur première et de leur deuxième année de vie (haut) et proportion des individus attribués aux trois contingents chez les individus échantillonnés en 2012 au cours de leur première année de vie (bas). Panneau de droite : utilisation moyenne de l'habitat par les trois contingents de bar rayé au cours de leur première année de vie pour les bars rayés échantillonnés en 2011 (haut) et en 2012 (bas), les bars représentent l'erreur-type. Tirée de Morissette et coll. (2016).	100
Figure 63 : Abondance des jeunes de l'année dans les quatre habitats définis : a) dans la zone pélagique en juin (ind*m-3); b) dans la zone littorale de juillet à septembre (CPUE : captures par unité d'effort). Les lignes verticales représentent l'erreur standard. Les différentes lettres indiquent les différences significatives de la moyenne des valeurs (Test de Kruskal-Wallis suivi d'un test de comparaisons multiples de Dunn : $p < 0,025$). Tirée de Vanalderweireldt 2019.	101
Figure 64 : Résultats de l'analyse de groupement basé sur les mesures de turbidité et de salinité, ainsi que la localisation des stations échantillonnées en juin ($n = 54$) et en septembre ($n = 101$) 2014. Tirée de Vanalderweireldt (2019).	102
Figure 65 : Distribution des captures de jeunes bars rayés de l'année obtenues à la seine de rivage de juillet à septembre 2014.	103
Figure 66 : Nombre de jeunes bars rayés de l'année capturé par coup de seine aux 100 stations du suivi annuel de leur abondance pour 2013 à 2018. Le diamètre des cercles est proportionnel au nombre de stations ayant obtenu un nombre identique de captures par coup de seine. Le cercle rouge (en 2018) indique une valeur élevée ($n = 193$ captures) qui n'est pas à l'échelle afin de rendre le graphique plus facile à consulter visuellement.	105
Figure 67 : Répartition de l'ensemble des captures de jeunes bars rayés de l'année effectuées dans le cadre du réseau de suivi du recrutement du bar rayé, de 2013 à 2018. Les cercles rouges représentent les stations dans lesquelles des captures ont été effectuées. La taille des cercles pleins rouges est proportionnelle au nombre de captures.	105
Figure 68 : Nombre prédit ($\pm$ erreur-type) de bars rayés 0+ capturés par coup seine aux 100 stations du suivi de l'abondance des jeunes de l'année de 2013 à 2018 selon le GLMM. La courbe de régression (trait pointillé gris) indique l'augmentation prédite lorsque la variable « année » est plutôt considérée comme continue dans le GLMM.	106

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résumé de l'ensemble des travaux présentés dans le rapport, par ordre chronologique (suite à la page suivante).	10
Tableau 2 : Nombre (N) et caractéristiques des bars rayés marqués pour le suivi par télémétrie dans le fleuve Saint-Laurent, de 2010 à 2018.	21
Tableau 3 : Caractéristiques des émetteurs utilisés dans le cadre du suivi par télémétrie et nombre (N) de bars rayés en ayant été munis.	21
Tableau 4: Nombre de positions retenues par année à la suite de la procédure de raréfaction. Le nombre total de poissons-heure par année est indiqué dans le bas du tableau, pour une somme de 659 poissons-heure. Les caractères gras indiquent des jeux de données retenus pour l'estimation du noyau de densité pondéré ($n \geq 10$).	27
Tableau 5 : Nombre de positions par bar rayé unique par année retenues pour l'estimation du noyau de densité pondéré.	28
Tableau 6 : Caractéristiques des bars rayés suivi par télémétrie en période de reproduction en 2018 et inclus dans l'analyse en composantes principales.	31
Tableau 7 : nombre de bars rayés adultes échantillonnés en 2017 et en 2018 dans les sites de fraie, pour les cohortes 2012, 2013 et 2014.	34
Tableau 8 : Résumé des résultats des travaux présentés dans le présent rapport (suite à la page suivante).	50
Tableau 9 : Liste des sites échantillonnés, effort de pêche et nombre de bars rayés capturés en 2014.	52
Tableau 10 : Longueur à la fourche (LF) moyenne, valeurs minimales et maximales et pourcentage d'individus matures à l'extrémité portuaire de la baie de Beauport, de 2015 à 2018.	53
Tableau 11 : Période de pêche, effort total de pêche, nombre de bars rayés capturés, nombre de bars rayés coulant et pourcentage, le nombre de poissons par jour par effort de pêche en heure (CPUEj) global, ainsi que la température au pic de capture de 2015 à 2018.	54
Tableau 12 : Synchronisation des principaux pics de capture et des valeurs maximales du rapport des sexes biaisé en faveur des mâles de 2015 à 2018.	60
Tableau 13 : Taille minimale, maximale et moyenne, ainsi que pourcentage d'individus considérés comme matures parmi les bars rayés capturés à l'embouchure de la rivière du Sud en 2017 et 2018.	62
Tableau 14 : Période de pêche, effort total de pêche, nombre de bars rayés capturés, nombre de poissons par jour par effort global de pêche en heures (CPUEj) et température (°C) au pic de capture	62
Tableau 15 : Période de pêche, effort total, nombre de bars rayés capturés et CPUE annuelle dans la rivière Ouelle de 2014 à 2018.	68
Tableau 16 : Longueur à la fourche minimale et maximale (mm), longueur à la fourche moyenne (mm), pourcentage de femelles et pourcentage d'individus mature, capturés dans la rivière Ouelle de 2014 à 2018.	68
Tableau 17 : Attributs de chacun des noyaux de densité individuels. Le nombre d'observations disponibles par schéma après raréfaction (n), la longueur optimale (k) de la marche aléatoire servant à estimer le noyau de densité à base de treillis comme déterminée par validation croisée, le critère non biaisé de validation croisée (σ) et le poids accordé à chacun des noyaux lors de la pondération sont présentés.	70
Tableau 18 : Proportion du domaine vital et aire occupée par chaque isoplèthe de volume.	72
Tableau 19 : Statistiques descriptives de l'analyse en composantes principales (CP) sur les proportions de temps passé dans chacune des cinq zones en période de fraie par des bars rayés adultes en 2018.	72
Tableau 20 : Principales oppositions décelées dans le jeu de données selon la composante principale (CP) considérée pour chaque zone. Les zones pour lesquelles le contraste est le plus	

élevé pour chacune des deux CP considérées ont des valeurs (pointage de l'ACP) en caractères gras.....	73
Tableau 21 : Résultats du test de comparaisons multiples de Dunn réalisé sur les valeurs de pointage de la CP1 selon le lieu d'origine des bars rayés. Les valeurs p présentées l'ont été avec la méthode Benjamini-Hochberg.	75
Tableau 22 : Moyenne ($\pm$ écart-type) du pourcentage de temps passé dans chacune des zones du fleuve Saint-Laurent par les bars rayés marqués (n) à différents sites de marquage (Origine). Les valeurs en gras représentent les zones où les individus ont passé le plus de temps en fonction de leur site de marquage.	76
Tableau 23 : Proportion de bars rayés assignés à la population du fleuve Saint-Laurent (Fleuve), à la population du sud du golfe du Saint-Laurent (Rivière Miramichi) et à la station piscicole de Baldwin-Coaticook (Station piscicole). Le nombre total de bars rayés analysés (N total) est également présenté.....	80
Tableau 24. Espèces dont les œufs ont été échantillonnés et identifiés par analyses génétiques lors de l'inventaire de 2016.	90
Tableau 25. Espèces dont les larves ont été échantillonnées et identifiées par des critères morphologiques ou génétiques lors de l'inventaire de 2016.	91
Tableau 26 : Nombre d'individus capturés par espèce lors de l'inventaire à la seine de rivage ayant eu lieu du 3 août au 7 septembre 2011, de l'île d'Orléans à Rivière-Ouelle.....	94
Tableau 27 : Origine (en pourcentage) du bar rayé résident d'eau douce (RED), migrant oligohalin (MO) et migrant mésohalin (MM) déterminée à partir de l'empreinte élémentaire du cœur de l'otolithe. Adapté de Morissette et coll. (2016).	98
Tableau 28 : Nombre de captures de jeunes bars rayés de l'année dans le cadre du réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés et caractéristiques morphologiques.....	104
Tableau 29 : Nombre prédit ($\pm$ erreur-type) de bars rayés capturés par coup seine aux 100 stations du suivi de l'abondance des jeunes de l'année pour 2013 à 2018.....	106

1 Introduction

1.1 Le bar rayé du fleuve Saint-Laurent

Le bar rayé (*Morone saxatilis*) est une espèce anadrome qui occupe généralement des habitats associés aux estuaires et au littoral de la côte est nord-américaine (Scott et Crossman, 1974). L'aire de répartition de l'espèce s'étend de manière presque continue du fleuve Saint-Laurent, limite nordique de sa distribution, jusqu'à la rivière St. Johns en Floride. Le bar rayé vit aussi dans le golfe du Mexique et dans les eaux douces ou saumâtres des tributaires de l'ouest de la Floride, de l'Alabama, du Mississippi et de la Louisiane.

Dans le fleuve Saint-Laurent, la population historique de bars rayés abondait principalement entre le lac Saint-Pierre et Rivière-du-Loup, mais s'étendait vers l'ouest jusqu'à Sorel (Vladykov et MacAllister, 1961; Bergeron et Brousseau, 1975). Les connaissances de l'époque indiquaient une frayère d'importance dans le lac Saint-Pierre en raison de regroupements de reproducteurs en hiver dans ce secteur et de larves au printemps (Jacques Brousseau com. pers., 1983, cité dans Beaulieu 1985). La présence de jeunes de l'année dans le secteur de Portneuf-Neuville a également alimenté cette hypothèse (Vladykov et Brousseau, 1957; Magnin et Beaulieu, 1967; Beaulieu, 1985).

La population historique de bars rayés du fleuve Saint-Laurent a disparu à la fin des années 1960, la dernière mention de spécimens dans le fleuve remontant à 1968 (Robitaille, 2004). Sa disparition est principalement expliquée par la perturbation et la destruction d'habitats d'importance dans le fleuve Saint-Laurent, en particulier des habitats des individus immatures, causées par le développement de grands projets d'infrastructures. À titre d'exemple, de 1945 à 1986, plus de 250 ha de milieu aquatique ont été remblayés dans le secteur de Québec (Robitaille et coll., 1988). Cette perte d'habitat, combinée à une forte exploitation par la pêche commerciale et sportive, ainsi qu'au non-respect de la réglementation, aurait vraisemblablement engendré la disparition de la population du fleuve Saint-Laurent (Beaulieu, 1985; Beaulieu et coll., 1990; Robitaille, 2004).

Dans son ensemble, le fleuve a été grandement modifié depuis 1960 : régularisation de son débit et modification de l'écoulement, travaux de génie civil (ponts, tunnels), dragage de la voie maritime, dépôts de dragage, remblais divers, ouvrages de régularisation des glaces et assèchement d'habitats riverains (Robitaille et coll., 1988; Côté et Morin, 2007). Le lac Saint-Pierre ne fait pas exception, où des activités de remblayage, d'assèchement des terres riveraines, de dragage et de vidange du matériel dragué ont eu lieu. De plus, deux ouvrages situés directement en aval du lac Saint-Pierre sont considérés comme ayant eu des effets majeurs sur son écoulement, soit les ouvrages de l'île aux Sternes et du quai de Bécancour (Robitaille et coll., 1988).

En raison d'une volonté de réintroduire le bar rayé, élément clé de la biodiversité du Saint-Laurent, une évaluation positive quant à la faisabilité de rétablir une population a été effectuée par le Comité de travail pour la réintroduction du bar rayé au tournant des années 2000. Dès 2002, un plan d'action a été établi et le gouvernement du Québec a entrepris, en collaboration avec ses partenaires, les premiers travaux visant le rétablissement du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent.

De 2002 à 2018, le gouvernement du Québec aensemencé plus de 34,6 millions de larves et plus de 30 000 bars rayés juvéniles et adultes dans le fleuve Saint-Laurent. Un réseau de suivi

des captures accidentelles de bars rayés par les pêcheurs sportifs et commerciaux a été mis en place en 2003 afin d'évaluer les paramètres démographiques de la population réintroduite, de suivre ses déplacements et de répertorier les habitats de fraie et de croissance. En 2008, un premier portrait de l'état de la situation de cette nouvelle population a été dressé (Pelletier, 2009; Pelletier et coll., 2011) et a mis en évidence le fait que les bars rayés adultes se reproduisaient naturellement dans l'estuaire (Bourget et coll., 2008). En 2011, une première frayère a été localisée dans l'embouchure de la rivière du Sud à Montmagny (Morissette, 2011).

En septembre 2011, le *Programme de rétablissement du bar rayé (Morone saxatilis), population de l'estuaire du Saint-Laurent, Canada*, a été publié par Pêches et Océans Canada (MPO) (Robitaille et coll., 2011). Ce programme a déterminé des actions prioritaires à mettre en œuvre au cours des 10 années suivantes pour favoriser le rétablissement de cette population, notamment la désignation d'habitats essentiels. Devant l'augmentation du nombre de captures rapportées par le réseau de suivi des captures, des suivis normalisés ont aussi été mis en place pour produire des indices démographiques permettant de suivre l'état de la situation de l'espèce. Ainsi, en 2013, le MFFP a mis en place un suivi standardisé couvrant l'ensemble de l'estuaire du Saint-Laurent afin de quantifier annuellement l'abondance des jeunes de l'année. En 2015, un suivi standardisé de l'abondance des reproducteurs a été amorcé et s'est maintenu dans le secteur de la ville de Québec. Un suivi similaire a été mis en place à l'embouchure de la rivière du Sud en 2017.

Par ailleurs, depuis 2010, de nombreux projets d'acquisition de connaissances ont été menés sur le bar rayé par le MFFP et ses partenaires, ce qui a permis d'obtenir des connaissances plus approfondies sur l'utilisation des habitats du fleuve Saint-Laurent par l'espèce. En particulier, des habitats de reproduction, d'hivernage, d'alimentation des adultes et de croissance des juvéniles ont été répertoriés au cours de la dernière décennie.

1.2 Objectif

Ce rapport a pour objectif de présenter une mise à jour et une synthèse des connaissances sur les habitats et la dynamique de la reproduction de la population réintroduite de bars rayés du fleuve Saint-Laurent, en intégrant l'ensemble des données disponibles et analysées jusqu'en 2018.

1.3 Synthèse des connaissances sur la dynamique de reproduction du bar rayé

Le cycle de vie du bar rayé est intimement lié aux variations saisonnières des conditions environnementales des habitats qu'il fréquente. Pendant la saison hivernale, le bar rayé est connu pour séjourner à proximité des sites de fraie (Raney et coll., 1954; Clark, 1968; Beaulieu, 1985; Young et Isely, 2002; Douglas et coll., 2009), dans des secteurs où il y a de légers courants et où la combinaison de température et de salinité lui permet d'optimiser sa survie (Andrews et coll., 2019). Bien que les populations de bars rayés canadiennes hivernent habituellement en eau douce, des exceptions sont parfois observées (Andrews et coll., 2019). C'est le cas de la population de la baie de Fundy pour laquelle des individus ont été observés

en eau salée (30 ppm) dans une section très dynamique du passage de Minas, et ce, pendant tout l'hiver (Keyser et coll., 2016).

Au printemps, avant la fraie, les adultes se concentrent près des sites de fraie et y demeurent en attente des activités de reproduction, puis les individus se déplacent vers les frayères. Ces dernières se situent habituellement dans les estuaires, près de la limite amont du front salin (Secor et Houde, 1995; North et Houde, 2001). Ce rassemblement s'observe généralement à une courte distance entre les sites d'hivernage et les sites de reproduction. Ainsi, à l'atteinte des conditions de reproduction adéquates, le bar rayé entreprend une migration prévisible, plus ou moins longue, vers les sites de fraie et atteint ces derniers lorsque la température atteint des valeurs propices à la reproduction de l'espèce (de 13,0 à 18,0 °C; Beaulieu, 1985; Secor et Houde, 1995; Robichaud-Leblanc et coll., 1996; Douglas et coll., 2009). Cette gamme de températures associées à la fraie varie d'année en année et selon la latitude (voir encadré 1). De plus, une brusque augmentation de la température de l'eau, plus que la température elle-même, pourrait être le facteur le plus déterminant pour déclencher le déplacement vers les sites de fraie (Williams et coll., 1984; Robichaud-Leblanc et coll., 1996; Douglas et coll., 2009). Les mâles sont généralement les premiers à arriver aux sites de fraie (McLaren et coll., 1981; Carmichael et coll., 1998; Douglas et coll., 2009) et l'arrivée des femelles pourrait vraisemblablement être conditionnée par le degré de maturité des œufs (Carmichael et coll., 1998).

Ce rassemblement de reproducteurs est prévisible (Douglas et coll., 2009) et les individus arrêtent de s'alimenter juste avant et pendant la fraie et s'y regroupent généralement pour deux à quatre semaines (Raney 1952, Williams et coll., 1984; Rulifson et coll., 1993; Van Den Avyle et Maynard, 1994; Rulifson et Dadswell, 1995; Robichaud-Leblanc et coll., 1996; Rulifson et Tull, 1999). Les mâles passent souvent plus de temps aux sites de fraie que les femelles (Beaulieu, 1985; Hocutt et coll., 1990; Carmichael et coll., 1998) et la majorité des mâles et des femelles y sont caractérisés par des gonades matures (Hocutt et coll., 1990). Le temps généralement plus long passé par les mâles que les femelles aux sites de fraie induit un déséquilibre du rapport des sexes en faveur des mâles (Carmichael et coll., 1998). Le temps passé par les femelles aux sites de fraie pourrait être également déterminé par le taux de maturité de leurs œufs (Hocutt et coll., 1990). Les activités de fraie peuvent être observées visuellement dans certaines conditions (c.-à-d. peu ou pas de vagues ou en eau claire) et sont souvent caractérisées par le regroupement de plusieurs mâles autour d'une femelle, pouvant atteindre jusqu'à 50 mâles pour une femelle (Merriman, 1941). Cet attroupement ponctuel de reproducteurs crée des éclaboussures et beaucoup de mouvements en surface (*rockfight*), ce qui peut être observé à bonne distance selon les conditions météorologiques. Aucun consensus n'existe sur la période de la journée durant laquelle les activités de fraie se déroulent préférentiellement (Setzler et coll., 1980).

Les œufs de bars rayés sont pélagiques, c'est-à-dire qu'ils sont relâchés et fertilisés à même la colonne d'eau (Scott et Crossman, 1974; Secor et Houde, 1995). Rees et Harrell (1990) ont observé que les femelles relâchent tous leurs œufs durant un simple épisode de maturation global des œufs, ceux-ci n'étant plus oxygénés au moment de l'ovulation. De ce fait, les œufs doivent être expulsés dans l'heure suivant l'ovulation pour demeurer viables (Rees et Harrell, 1990). Les œufs, légèrement démersaux (c.-à-d. qu'ils sont légèrement plus denses que l'eau et qu'ils coulent naturellement), peuvent être distribués dans certaines portions ou dans toute la colonne d'eau selon les conditions hydrodynamiques de l'environnement de fraie (North et Houde, 2001, 2006). À la suite de leur expulsion, les œufs fertilisés éclosent au bout de 48 à 72 heures passées dans une eau riche en oxygène et généralement à une température de 17,0

à 20,0 °C, la survie maximale étant observée de 15,0 à 18,0 °C (Setzler et coll., 1980). Pendant et après la fraie, les œufs et les larves qui se trouvent à proximité du site de relâchement peuvent être détectés (Robichaud-Leblanc et coll., 1996, 1998).

Les œufs et les larves, qui n'ont aucune capacité natatoire, dérivent dans la zone estuarienne où l'habitat correspond aux besoins de l'espèce par une salinité adéquate (de 0,1 à 3 ppm) et une abondance de zooplancton pour l'alimentation des jeunes larves à la suite de la résorption du sac vitellin (Setzler et coll., 1980; Robichaud-Leblanc et coll., 1997; Vanaldelweireldt, 2019), soit environ 5 à 8 jours après l'éclosion alors qu'elles atteignent une taille d'environ 7,5 mm SL¹ (Eldridge et coll., 1982; Peterson et coll., 1996). Pour assurer leur survie, les larves doivent atteindre un site où la quantité de proies est suffisante avant la résorption du sac vitellin, sans quoi elles risquent de mourir d'inanition ou de subir un retard dans leur croissance somatique qui pourrait ultimement compromettre leur survie.

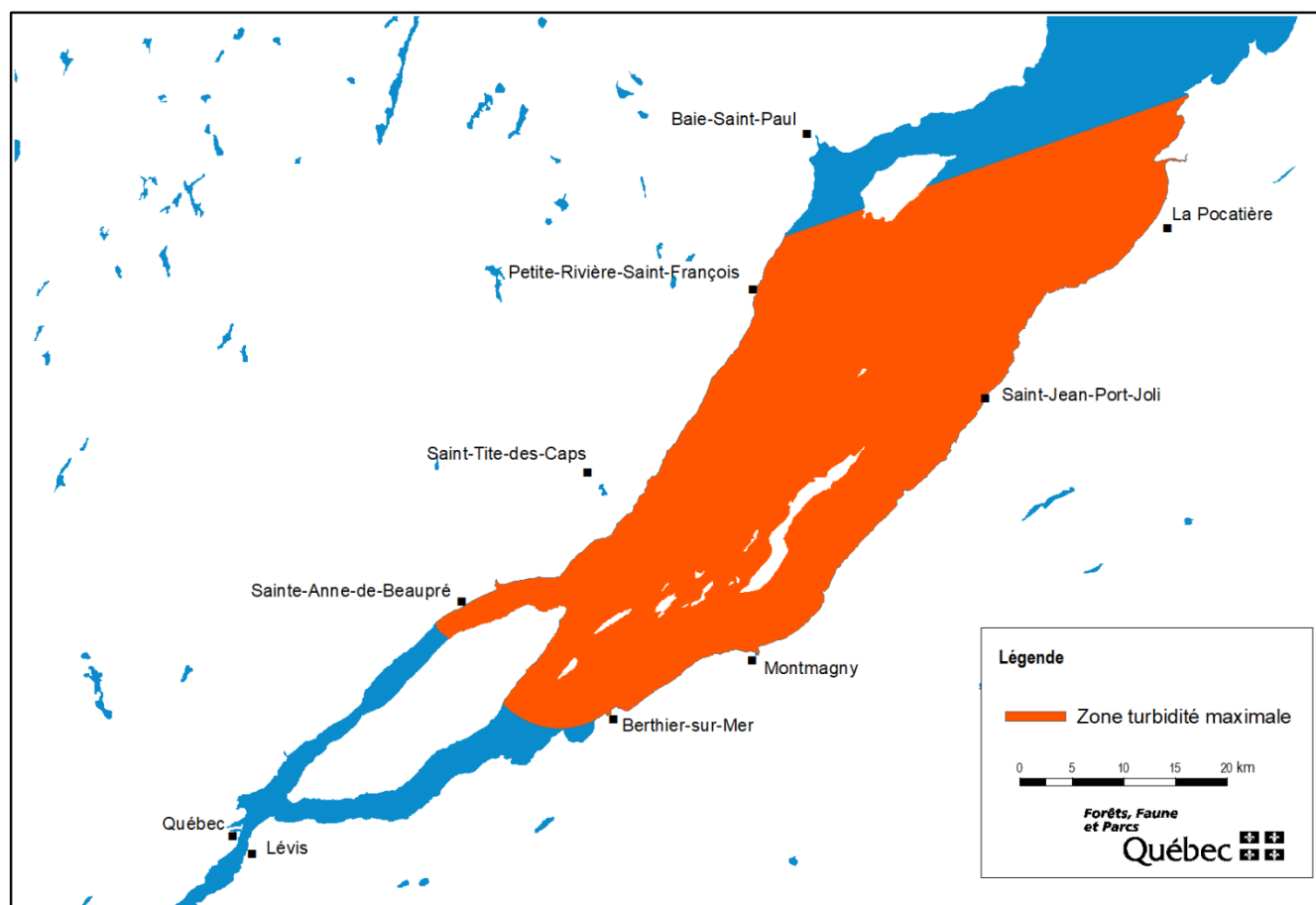


Figure 1 : Localisation et superficie approximative de la zone de turbidité maximale dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. L'étendue géographique de la ZTM varie dans le temps.

Chez le bar rayé, la zone de turbidité maximale (ZTM) est associée à des valeurs élevées quant à la croissance pour les jeunes stades de vie. Cela s'explique d'abord parce que la ZTM supporte une importante biomasse de zooplancton, mais aussi parce que ses caractéristiques physico-chimiques procurent aux jeunes larves de bars rayés une zone de refuge contre la prédation et des conditions osmotiques optimales favorisant la survie des œufs et des larves (Setzler et coll.,

¹ *Standard Length* (longueur standard); longueur mesurée du bout du museau à la fin du pédoncule caudal, excluant les rayons de la nageoire caudale.

1980; North et Houde, 2001, 2003; Martino et Houde, 2010; Vanalderweireldt, 2019). Ailleurs dans son aire de répartition, la survie des fortes cohortes de jeunes bars rayés de l'année serait associée à une proximité de la ZTM (North et Houde, 2006; Martino et Houde, 2010). La survie des larves et des jeunes bars rayés serait possiblement associée à des activités de fraie en amont de la ZTM, à une distance qui permet la dérive larvaire dans une zone présentant les conditions biotiques et abiotiques optimales (North et Houde, 2003; Martino et Houde, 2010).

Dans le fleuve Saint-Laurent, la ZTM située dans l'estuaire est reconnue comme un secteur d'importance pour la survie et la croissance des jeunes stades des poissons (Dodson et coll., 1989; Sirois et Dodson, 2000). La ZTM se trouve à la confluence des masses d'eau douce et salée et la superficie qu'elle occupe varie selon les marées, les débits du fleuve et les saisons (Centre Saint-Laurent, 1996; Simons et coll., 2010; Figure 1). Elle se reconnaît par l'eau turbide, composée de matières organiques en suspension et de nutriments, résultant de la rencontre de ces masses d'eau. Dans le fleuve Saint-Laurent, la ZTM se situe approximativement de la pointe est de l'île d'Orléans à l'Isle-aux-Coudres (Centre Saint-Laurent, 1996; Simons et coll., 2010; Geshe Winkler, comm. pers.). Dans l'estuaire fluvial du Saint-Laurent, le déplacement net de l'eau est d'environ 25 km par jour vers l'aval (Paquet, 1993). Ainsi, de jeunes larves de bars rayés produites à Trois-Rivières et en dérive dans le fleuve mettraient environ sept jours pour atteindre la ZTM.

La zone oligohaline² (> 0 ppm < 9) de la ZTM du fleuve Saint-Laurent a été récemment désignée comme l'habitat présentant les meilleures conditions pour l'alimentation des jeunes larves de bars rayés. Les larves capturées dans la ZTM étaient en effet plus abondantes qu'ailleurs dans le fleuve et présentaient une meilleure croissance et un taux de mortalité plus faible comparativement aux zones d'eau douce peu turbides ou aux zones mésohalines² (> 9 ppm) ou polyhalines² (> 15 ppm) (Vanalderweireldt, 2019). Après la dérive larvaire, la croissance s'effectue principalement dans ou à proximité de la ZTM, en particulier dans les habitats d'eau douce et oligohalins, où des jeunes de l'année sont observés de façon récurrente (Robichaud-Leblanc et coll., 1998; Vanalderweireldt, 2019). Plus tard, au cours de la première saison de croissance, alors que les jeunes atteignent la taille d'environ 40 mm, certains entreprennent une migration vers les habitats situés en aval, à savoir des milieux méso- et polyhalins. Ces habitats sont toutefois sous-optimaux comparativement aux habitats d'eau douce et oligohalins de la ZTM situés en amont. Il est possible que cette migration soit induite par une forte compétition inter- et intraspécifique pour l'utilisation des meilleurs habitats de croissance (Vanalderweireldt 2019).

Dans le fleuve Saint-Laurent, en septembre, les jeunes de l'année atteignent une taille variant de 12 à 161 mm (moyenne de 66 mm $\pm$ écart-type 65 mm; MFFP, données non publiées). À cette période, les jeunes de l'année s'approchent de la fin de leur saison de croissance et s'apprêtent à affronter leur premier hiver. Un taux de croissance optimal favorise l'atteinte d'une taille seuil qui maximiserait les probabilités de survie des jeunes de l'année (Bernier, 1996; Hurst et Conover, 1998). Les travaux de Bernier (1996) menés sur la population de bars rayés du sud du golfe du Saint-Laurent suggèrent qu'une taille seuil de 100 mm (longueur totale; LT) pourrait être nécessaire pour assurer la survie des jeunes au cours de leur premier hiver. En deçà de cette taille, la probabilité de survie à l'hiver serait fortement compromise. Dans le fleuve Saint-Laurent, des travaux de recherche sont actuellement menés par le MFFP et l'Université du

² Les caractéristiques physiques utilisées pour définir les zones oligohaline, mésohaline et polyhaline de la ZTM varient selon les auteurs. Il est impératif de se rapporter aux définitions de chaque étude pour interpréter les résultats.

Québec à Chicoutimi afin d'évaluer la probabilité de survie à l'hiver en fonction de la croissance des jeunes bars rayés.

Peu d'information est disponible pour le segment subadulte du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent, et ce qui est présenté ci-dessous découle de travaux effectués sur les populations de la côte est américaine. Chez le segment subadulte du bar rayé (1 à 3 ans), les habitats utilisés sont essentiellement côtiers, d'une profondeur variant de 5 à 10 m (Morissette, 2019). Les individus sont souvent trouvés près des herbiers de zostères marines ou d'espèces similaires, dans une eau oligohaline ou mésohaline (de 2 à 12 ppm). Bien que ce stade de vie soit assez méconnu, tout porte à croire que l'utilisation de l'habitat par ce segment de la population du Saint-Laurent serait comparable à celle des autres populations de la côte est américaine (Morissette, 2019).

Dans le fleuve Saint-Laurent, les bars rayés atteignent la maturité sexuelle alors que les mâles mesurent environ 375 mm (longueur à la fourche [LF]) et les femelles, 420 mm (Pelletier, 2009). Les bars rayés matures se déplacent généralement vers les aires d'hivernage à l'automne pour revenir vers les aires de fraie au printemps afin de clore leur cycle vital.

Encadré 1. Variabilité des températures de fraie pour le bar rayé

La température de l'eau est une mesure simple, mais robuste pour définir la période de fraie des espèces de poissons (Kennedy et Fitzmaurice, 1968, 1972; de Vlaming, 1972; Helfman et coll., 2009; Vinagre et coll., 2009). Dans la littérature, l'estimation de la température de l'eau à laquelle le bar rayé participe à des activités de fraie varie géographiquement et temporellement (Setzler et coll., 1980). Dans le canal situé au nord de la baie de Chesapeake, dans un secteur où vit une des plus importantes populations de bars rayés de la côte est, la fraie, confirmée par la capture d'œufs, peut avoir lieu à une température variant de 8,4 à 29,0 °C (Kernehhan et coll., 1981). Les activités de fraie sont plus importantes lorsque les températures atteignent 12,5 à 15,0 °C. Kernehhan et coll. (1981) ont observé sur cinq années de suivi que 75 % de la ponte d'œufs était synchronisée avec des températures variant de 13,5 et 17,4 °C. Dans la rivière Pantuxet, tributaire de la baie de Chesapeake, les températures observées lorsque l'intensité de la fraie est à son comble varient d'année en année et fluctuent de 13,0 à 18,0 °C. C'est 67 % des œufs qui sont produits annuellement lorsque la température de l'eau a atteint 18,5 °C (Secor et Houde, 1995).

Tel que démontré par la présence d'œufs dans la colonne d'eau, la population de la baie de Fundy se reproduit à des températures variant de 10,1 à 23,8 °C dans l'estuaire des rivières Shubenacadie-Stewiacke en Nouvelle-Écosse (MacInnis, 2012; Reesor, 2012). Toutefois, la grande majorité des œufs est capturée de 12,0 à 18,0 °C (Reesor, 2012 : en 2008-2009, plus de 90 % des œufs ont été pondus de 14,0 à 18,0 °C; MacInnis, 2012 : en 2010, 73 % des œufs pondus de 12,0 à 18,0 °C et en 2011, 68 % des œufs pondus de 16,0 à 18,0 °C).

Pour la population du sud du golfe du Saint-Laurent qui se reproduit dans la rivière Miramichi au Nouveau-Brunswick, l'intensité maximale de la fraie est atteinte à des températures variant d'une année à l'autre : MPO (2013) : 12,0 à 19,0 °C; MPO (2014) : 11,0 à 13,0 °C; MPO (2015) : 14,0 à 17,0 °C; MPO (2016) : 17,0 °C; MPO (2017) : 17,0 °C. Cette population est la deuxième plus nordique pour l'espèce et celle qui se rapproche le plus de la population du fleuve Saint-Laurent, avec des valeurs pour l'ensemble des années variant de 11,0 à 19,0 °C.

Bien qu'une certaine variabilité soit observée, des températures de 13,0 à 18,0 °C sont reconnues comme optimales pour la reproduction du bar rayé (Robichaud-Leblanc et coll., 1996; Douglas et coll., 2009). Cette gamme de températures est utile pour orienter une période d'échantillonnage d'adultes, d'œufs ou de larves de l'espèce. Néanmoins, il faut garder à l'esprit qu'il existe une grande variabilité interannuelle dans les températures au pic d'intensité de fraie observées, et ce, pour un même site.

2 Méthodologie

2.1 Suivi des bars rayés adultes

Depuis la réintroduction du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent, le gouvernement du Québec a capturé de nombreux spécimens lors de ses travaux d'acquisition de connaissances. À ces captures se sont ajoutées des mentions de pêcheurs sportifs, de consultants ainsi que du public en général, notamment par l'intermédiaire du réseau de suivi des captures accidentelles. L'ensemble de ces données a permis de localiser des secteurs de concentration de bars rayés adultes en période de reproduction dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. Les secteurs potentiels ainsi répertoriés ont fait l'objet d'inventaires visant à valider leur utilisation pour la reproduction de l'espèce.

2.1.1 Pêches scientifiques au filet maillant

De 2012 à 2018, des inventaires au filet maillant ont été réalisés par le MFFP à plusieurs sites de concentration de bars rayés, principalement avant et pendant la période correspondant à la fraie pour cette espèce (voir encadré 1). Ces inventaires avaient pour but de localiser et de caractériser les sites de rassemblement en période propice à la reproduction, tout en suivant l'évolution du rétablissement de la population. L'année 2014 constitue l'année au cours de laquelle le plus important effort d'exploration a été déployé, alors que les années 2015 à 2018 constituent quatre années de suivi normalisé. Ce suivi normalisé avait pour objectif d'évaluer la récurrence et l'importance de la fréquentation par le bar rayé de l'extrémité portuaire de la baie de Beauport et de l'embouchure de la rivière du Sud (2017 et 2018) en période de reproduction ainsi que de décrire les caractéristiques des individus fréquentant ces sites. De plus, ces pêches scientifiques ont permis de marquer plusieurs centaines d'individus, que ce soit à l'aide de transpondeurs passifs ou d'émetteurs acoustiques. La méthode et l'effort d'échantillonnage de ces inventaires sont décrits dans les sections qui suivent.

2.1.1.1 État de référence de la faune aquatique et de ses habitats dans le secteur du pont de l'île d'Orléans — 2012 et 2013

L'ensemble des méthodes sont décrites dans le rapport de Valiquette et coll. (2016). Dans le cadre d'une étude visant à caractériser la faune aquatique dans le secteur du pont de l'île d'Orléans, plusieurs filets expérimentaux ont été déployés afin de documenter les espèces présentes durant période d'eau libre (mai à novembre 2012 et 2013). Les filets expérimentaux ont été utilisés afin de capturer l'ensemble de la gamme de tailles possibles pour la majorité des espèces de poissons, y compris le bar rayé. De plus, des bars rayés munis d'un émetteur acoustique et suivis par télémétrie ont permis de décrire l'utilisation spatio-temporelle du secteur à l'étude (pour plus de détails, voir p. 20).

Tableau 1 : Résumé de l'ensemble des travaux présentés dans le rapport, par ordre chronologique (suite à la page suivante).

Année	Secteur	Type d'inventaire	Engin utilisé	Méthode	Section	Commentaire
1995-2018	Lac Saint-François à Donnacona	Communauté ichthyologique sur le littoral	Seine de rivage	1 coup de seine	Section 2.3.1	Début du suivi normalisé 1995-2018
1998-2018	Rivière Richelieu	Recrutement des chevaliers	Seine de rivage	1 coup de seine	Section 2.3.2	Début du suivi normalisé de ce secteur 1998-2018
2010	Montmagny	Capture d'œufs et de larves	Filets bongo 333 µm	Trait oblique, toute la colonne d'eau	Section 2.2.1	-
2010	Gentilly	Capture d'adultes pour télémétrie	Verveux, trappe Alaska	Temps de pêche variés	Section 2.1.2.1	-
2011	Montmagny et Gentilly	Capture d'adultes pour télémétrie	Filet maillant expérimental (exp.) et filets maillant 3, 5 et 8 po	Temps de pêche variés, aucune station prédéfinie	Section 2.1.2.1	-
2011	Montmagny	Capture d'œufs, de larves et de 0+	Chalut pélagique 500 µm et seine de rivage	Pêche dans une partie de la colonne d'eau, faible profondeur, 1 coup de seine	Sections 2.2.2 et 2.3.3	-
2011-2012	Portneuf à Rivière-Ouelle	Capture de 0+	Pêche fixe et seine de rivage	Visitées toutes les 24 heures, 1 coup de seine	Section 2.3.5	-
2012	Trois-Rivières à Rivière-du-Loup	Capture de 0+	Seine de rivage	1 coup de seine	Section 2.3.3	-
2012	Lévis, Rivière-Ouelle et St-Irénée	Capture d'adultes pour télémétrie	Pêche fixe	Visitée toutes les 12 à 24 heures	Section 2.1.2.1	-
2012-2013	Île d'Orléans	Capture d'adultes et de 0+; -capture d'adultes pour télémétrie	Filet maillant exp. et seine de rivage	Filet; 18 à 24 heures de pêche, seine; 2 coups	Section 2.1.2.2	-
2013-2018	Trois-Rivières à Rivière-du-Loup	Capture de 0+	Seine de rivage	1 coup de seine	Section 2.3.8	Début du suivi normalisé 2013-2018
2013	Rivière-Ouelle et Montmagny	Capture d'adultes pour télémétrie	Filet maillant exp.	Temps de pêche variés	Section 2.1.2.1	-
2014	Trois-Rivières à Kamouraska	Capture d'œufs, de larves et de 0+	Filet bongo 333 µm et seine de rivage	Trait oblique; de 0 à 5 m de profondeur	Sections 2.2.3 et 2.3.6	-
2014	Québec, Lévis, Portneuf, Cap-Santé, Montmagny, rivière du Loup	Capture d'adultes : pêches exploratoires et captures pour télémétrie	Filet exp. et filets maillant 4 et 5 po	Temps de pêche variés	Section 2.1.1.2	-

Tableau 1 : Résumé de l'ensemble des travaux présentés dans le rapport, par ordre chronologique (suite de la page précédente).

Année	Secteur	Type d'inventaire	Engin utilisé	Méthode	Référence	Commentaire
2014-2018	Rivière-Ouelle	Captures d'adultes : projet divers	Filet exp. et filets maillant 4 et 5 po	Temps de pêche variés	Section 2.1.1.5	Début du suivi à long terme du secteur 2014-2018
2015-2018	Extrémité portuaire de Québec	Capture d'adultes : suivi et télémétrie	Filets maillant 4 et 5 po	Temps de pêche de 45 minutes, stations fixes	Section 2.1.1.3	Début du suivi normalisé de ce secteur 2015-2018
2015-2018	Extrémité portuaire de Québec	Système de positionnement par télémétrie (VPS)	Récepteur acoustique à station fixe	Grille de récepteurs, suivi en continu, de mai à novembre	Section 2.1.2.3	Début du suivi à long terme du secteur 2015-2018
2016	Extrémité portuaire de Québec	Capture d'œufs et de larves	Filet bongo 500 µm	Trait oblique, toute la colonne d'eau	Section 2.2.4	-
2016	Bécancour et Trois-Rivières	Capture d'œufs, de larves et de 0+	Filet de dérive 500 µm et seine de rivage	À 1,5 m de profondeur, temps de pêche de 24 heures, 1 coup de seine	Sections 2.2.5 et 2.3.7	-
2017-2018	Montmagny	Capture d'adultes : suivi et télémétrie	Filets maillant 4 et 5 po	Temps de pêche de 10 à 30 minutes, stations fixes	Section 2.1.1.4	Début du suivi normalisé de ce secteur 2017-2018
2017-2018	Extrémité portuaire et Montmagny	Assignation populationnelle des adultes sur les sites de reproduction	Chimie des écailles	Manganèse et strontium utilisés dans le modèle d'assignation	Section 2.1.3	
2018	Montréal à Rimouski	Suivi par télémétrie acoustique	Récepteur acoustique	Suivi en continu à station fixe, de mai à novembre	Section 2.1.2.1	

2.1.1.2 Fleuve Saint-Laurent — 2014

Des efforts considérables ont été consentis en 2014 afin de localiser des sites de concentration de bars rayés dans le fleuve Saint-Laurent pour trouver des sites de fraie potentiels. Le choix des sites d'inventaire a été basé sur les conditions abiotiques propices au rassemblement de l'espèce, mais aussi en fonction des mentions provenant de consultants, de pêcheurs sportifs et de pêcheurs commerciaux. Ainsi, plus de 11 sites de concentration ont fait l'objet d'une pêche scientifique exploratoire au cours de l'année 2014 dans l'estuaire fluvial et moyen du Saint-Laurent (Figure 2). L'effort investi à chacun des sites visés dépendait du potentiel du milieu, du nombre de poissons capturés et du type de mention associé à chaque site. L'effort consenti n'est donc pas uniforme pour l'ensemble des sites. Le nombre de filets maillants déployés et le nombre de levées réalisées par filet, au cours d'une même sortie, ne sont pas normalisés pour l'année 2014.

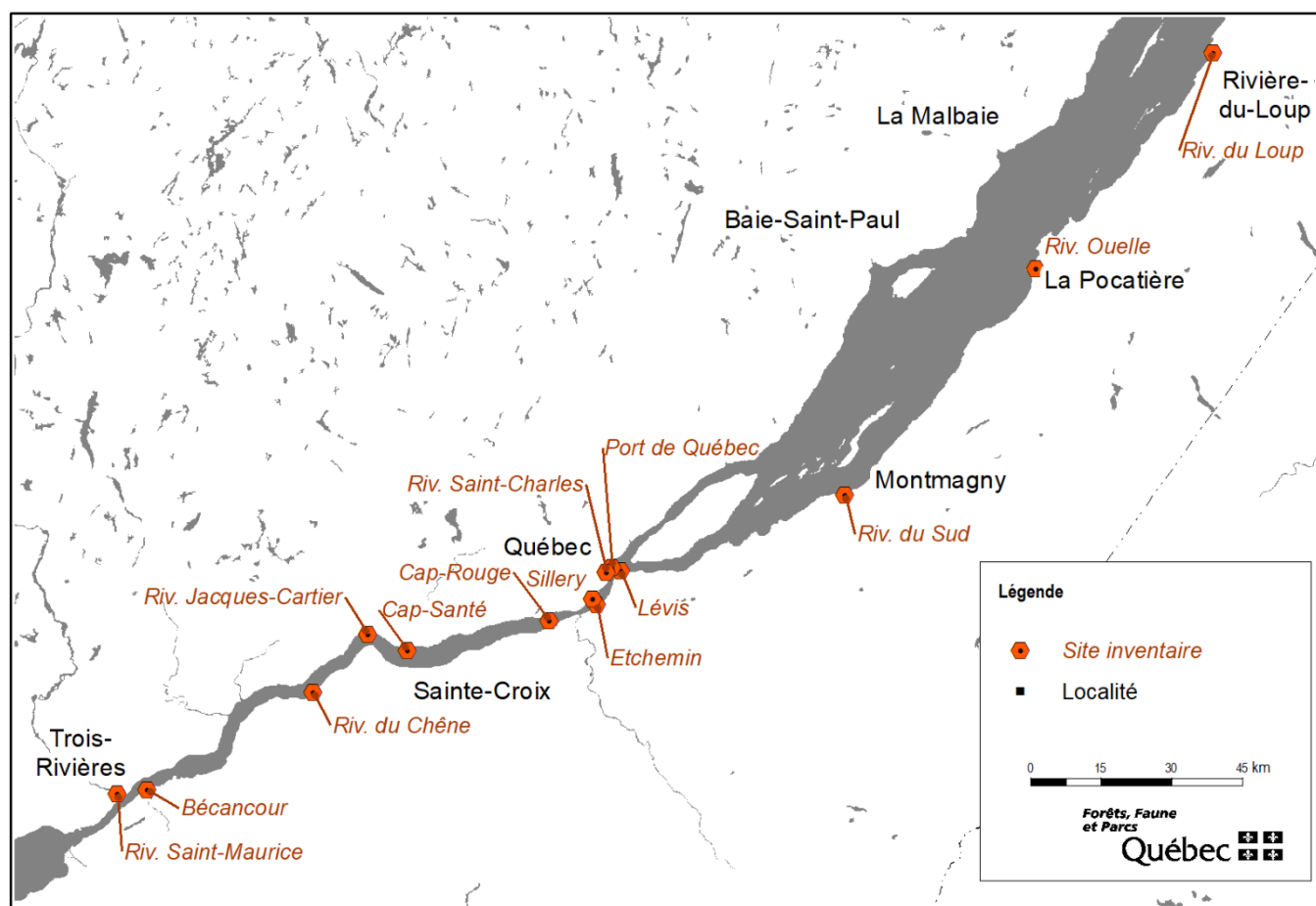


Figure 2 : Localisation des sites inventoriés en 2014, en période de reproduction du bar rayé.

Durant la période propice à la reproduction, soit du 30 avril au 25 juin, les pêches étaient pratiquées durant une plage horaire s'étendant approximativement de deux heures avant jusqu'à deux heures après l'étape de haute mer afin d'avoir accès au maximum de stations de pêche et de ne pas être limité par la bathymétrie.

De 2 à 15 stations de pêche ont été désignées à chaque site selon la topographie, les conditions hydrodynamiques, le potentiel de pêche et les contraintes logistiques. Afin de maximiser la probabilité de survie des individus après leur capture, les filets étaient mouillés en moyenne

pendant 46 ± 10 minutes et étaient relevés de 2 à 9 fois par sortie. Les filets maillants utilisés étaient de 1,8 m de hauteur sur 30,5 m de longueur avec des mailles en monofilament qui, une fois étirées, mesuraient 10,2 cm (4 po) ou 12,7 cm (5 po). Le rapport d'étirement des mailles pour le montage était de 55 %. Cette valeur de 55 % correspond au nombre de mailles par longueur de ralingue, telle que la maille montée étirée à 55 % de son maximum d'étirement. Ces filets de 10,2 et 12,7 cm seront appelés filets de 4 et 5 po dans le reste du document afin d'alléger le texte. Des filets expérimentaux, d'une hauteur de 1,8 m (6 pi), d'une longueur de 61 m (200 pi) et d'un rapport de montage de 50 %, possédant des mailles étirées variant de 2,5 cm (1 po) à 15,2 cm (6 po), ont aussi été utilisés. Les filets expérimentaux ont été utilisés afin de capturer toute la gamme de tailles possibles pour le bar rayé, alors que les filets de 4 et 5 po visaient essentiellement le segment reproducteur de la population, soit les mâles de 2 ans et plus ($LF \geq 375$ mm) et les femelles de 3 ans et plus ($LF \geq 420$ mm).

Les poissons capturés étaient mesurés (longueur totale maximale [LTmax]), et une légère compression abdominale était appliquée afin de vérifier l'état de maturation des gonades et déterminer le sexe. La maturité des gonades a été évaluée en fonction de la capacité des individus à expulser des produits sexuels lors de la compression abdominale réalisée *in situ* ou sur la relation longueur/maturité sexuelle, décrite dans Pelletier (2009) pour la population du fleuve Saint-Laurent. Dans le cas des mâles, tous les individus ayant laissé échapper de la laitance sont considérés comme matures. Le terme utilisé pour désigner un mâle mature et prêt à se reproduire est « mâle coulant ». Selon les critères définis dans Pelletier (2009), les femelles et les individus dont le sexe était indéterminé ont été caractérisés comme matures ou non matures, selon la longueur minimale de 420 mm (LF). Considérant le fait que les rassemblements d'individus matures, pendant la période de reproduction, sont des individus participant à la fraie et bien qu'il soit impossible de statuer sur l'ensemble des poissons n'expulsant pas de produits sexuels, les bars rayés n'expulsant pas d'œuf ou de laitance ont été considérés par défaut comme des femelles. Autrement dit, les individus expulsant de la laitance ont été considérés comme des mâles avec certitude, alors que tous les individus n'expulsant aucun produit sexuel ont été considérés comme des femelles potentielles. Certains individus ont été munis d'un transpondeur passif et d'autres, d'un émetteur acoustique.

2.1.1.3 Extrémité portuaire de la baie de Beauport — 2015-2018

Un suivi normalisé a été mis en place à l'extrémité portuaire de la baie de Beauport de 2015 à 2018 afin d'obtenir un portrait le plus représentatif possible de l'utilisation de ce secteur par le bar rayé en période de fraie. La baie de Beauport était apparue hautement susceptible d'être utilisée pour des activités de reproduction étant donné l'abondance d'individus adultes en état de se reproduire observés au cours des inventaires menés en 2014. Le suivi normalisé visait à décrire l'utilisation du secteur par les reproducteurs et à évaluer la tendance démographique de la population.

L'extrémité portuaire de la baie de Beauport est un secteur situé en marge de la ville de Québec. Le secteur est de nature industrialo-portuaire. Il est soumis à des marées pouvant atteindre plus de 5 m. Ces marées provoquent une inversion de courant et créent des habitats intertidaux et subtidaux. L'extrémité portuaire est caractérisée par des vitesses de courants pouvant varier de 0,2 à 1 m/s (Englobe, 2016) et est située en marge de l'embouchure de la rivière Saint-Charles. Bien que la rivière Saint-Charles se jette dans le fleuve à cet endroit, son influence sur l'hydrodynamisme du secteur est plutôt marginale étant donné le débit nettement supérieur du fleuve et l'amplitude des marées. L'eau y est douce (0,13 ppm), le front salin du fleuve Saint-Laurent se situant à l'extrémité est de l'île d'Orléans, soit à près de 37 km à l'est du secteur.

portuaire de Québec. Un complexe d'herbiers et de marais, situé à proximité, s'étend vers l'est sur 6 km sur les berges du Saint-Laurent. Les marais à scirpes d'Amérique, à sagittaire à larges feuilles et à zizanie des marais sont les principaux types de milieux qu'héberge ce secteur (Englobe, 2016). Il y a aussi un marécage arbustif et un marécage arborescent en marge de l'extrémité portuaire.



Figure 3 : Localisation des filets maillants déployés à l'extrémité portuaire de la baie de Beauport de 2015 à 2018.

À l'extrémité portuaire de la baie de Beauport, cinq stations de pêche normalisées ont été définies afin de capturer les reproducteurs du bar rayé (Figure 3). Pour des raisons logistiques, une des stations (n° 5) a été retirée en 2017 et 2018. Les stations avaient été sélectionnées en se basant sur l'importance relative des captures de 2014. La période de pêche a été fixée selon la température de l'eau qui est propice à la fraie pour l'espèce. L'équipe du MFFP entamait généralement l'inventaire avant le début du rassemblement des reproducteurs au printemps, alors que la température de l'eau avoisinait 10 à 12 °C. Le suivi se poursuivait jusqu'à ce que les captures de bars rayés deviennent marginales. De façon générale, les périodes de pêche se sont étendues de la mi-mai à la troisième semaine de juin. Il était prévu d'effectuer trois sorties par semaine afin de répartir le suivi uniformément sur l'ensemble de la période de fraie. Toutefois, en raison des conditions météorologiques et logistiques, cet objectif n'a pas toujours été atteint. Les pêches étaient généralement menées de jour, dans une plage horaire s'étendant approximativement de deux heures avant jusqu'à deux heures après l'étape de haute mer afin de normaliser l'effort et les conditions de captures.

Le temps de mouillage ciblé des filets était de 45 minutes par levée et cinq levées par jour étaient effectuées. Le temps de mouillage établi visait à favoriser la survie des individus et d'assurer un effort de pêche constant pendant toute la période d'échantillonnage. L'heure à laquelle un filet était mouillé et l'heure à laquelle il était retiré étaient notées à la minute près afin de quantifier l'effort de pêche. Les filets utilisés étaient les filets avec des mailles de 4 et 5 po et étaient installés en alternance sur les 4 ou 5 stations de pêche (2 filets de 4 po et 2 ou 3 filets de 5 po, selon l'année considérée; Figure 3).

Une légère compression abdominale était appliquée afin de vérifier l'état de maturation des gonades et ainsi déterminer le sexe, lorsque possible. À partir de 2017, tous les bars rayés capturés étaient marqués à l'aide d'un transpondeur passif (*PIT tag*). Certains des individus capturés ont aussi été sélectionnés pour suivre les déplacements de l'espèce et ont reçu un émetteur acoustique par chirurgie (voir la section Suivi par télémétrie acoustique). En 2015 et 2016, des écailles ont été prélevées systématiquement sur les individus ayant reçu un émetteur acoustique, mais aléatoirement sur les autres spécimens. Le prélèvement d'écailles a été intégré au protocole en 2017. Ainsi, en 2017 et 2018, des écailles (de 5 à 8/individu) ont été prélevées sur chacun des bars rayés capturés afin d'établir l'âge des spécimens. Ces échantillons ont également servi à mener des analyses d'assignation populationnelle à l'aide d'analyses chimiques des écailles.

2.1.1.4 Embouchure de la rivière du Sud — 2014 à 2018

Un important effort de caractérisation de l'habitat possiblement utilisé par les larves a été entrepris au printemps 2010 et a mené à la première localisation formelle d'une frayère de bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent, à l'embouchure de la rivière du Sud à Montmagny (Morissette, 2011).

Afin de caractériser l'utilisation de l'embouchure de la rivière du Sud à Montmagny par les reproducteurs et de marquer ceux-ci avec des émetteurs acoustiques, des pêches ont été réalisées à partir de 2011. Les principales captures de géniteurs ont eu lieu en 2014 et 2015, alors que très peu d'efforts ont été investis en 2016. Un suivi standardisé, calqué sur celui effectué dans la baie de Beauport depuis 2015, a été mis en place à l'embouchure de la rivière du Sud à partir de 2017 et a permis de produire les analyses contenues dans le présent rapport. Toutefois, uniquement les données du suivi standardisé de 2017 et 2018 seront présentées.

L'embouchure de la rivière du Sud est un secteur situé en marge de la ville de Montmagny (Figure 4). Le secteur, situé en ZTM, est anthropisé : c'est le lieu de départ du traversier pour l'Île-aux-Grues, le site du barrage de Montmagny et il abrite une marina. Ce secteur est soumis à des marées d'une amplitude de plus de 6 m. Ces marées provoquent une inversion de courant, ce qui remplit le bassin de la rivière du Sud à marée haute et le vide presque complètement de son eau à marée basse. Le bassin de la rivière du Sud est caractérisé par des hauts-fonds herbeux qui sont recouverts à marée haute. Il y a deux chenaux permettant l'entrée et la sortie de l'eau dans le bassin et la circulation des embarcations. L'eau est très peu saumâtre, la salinité variant de 0,2 à 2,5 ppm, selon l'influence de la rivière du Sud et de la marée montante. Un complexe de battures vaseuses, peu profondes et parsemées d'herbiers est situé directement en face de l'embouchure et couvre l'ensemble du secteur de la ZTM. Des pêches exploratoires afin de capturer des individus reproducteurs ont été effectuées en 2011, à la suite de la découverte d'un rassemblement d'individus matures directement dans le bassin de la rivière du Sud pendant la période propice à la reproduction. Parallèlement, une autre étude portant sur la présence et la répartition de larves et bars rayés juvéniles a été menée dans l'estuaire moyen

en 2011. Cette étude a permis de découvrir une importante zone de rétention larvaire à Montmagny et une aire d'alevinage entre Cap-Saint-Ignace et L'Islet-sur-Mer (Côté, 2012). Un effort de pêche visant le segment reproducteur a par la suite été entrepris en 2014 et 2015 afin de confirmer l'utilisation récurrente du site et de marquer des individus à l'aide de transpondeurs passifs et d'émetteurs acoustiques (2014 uniquement).



Figure 4 : Secteur de l'embouchure de la rivière du Sud, à Montmagny, et filets déployés en 2017 et 2018.

En 2017, pour chacun des chenaux de l'embouchure de la rivière du Sud, une station de pêche a été définie (Figure 4) en fonction de la localisation des captures réalisées en 2011, 2014 et 2015. La station du chenal ouest (station 2) a été abandonnée en 2018 à cause d'un trop grand nombre de captures à la station du chenal est (station 1), ce qui ne permettait pas réalitement de s'occuper en même temps des deux stations sans risquer que des bars rayés restent emmaillés trop longtemps. De plus, l'utilisation du filet maillant, lorsque les captures sont trop abondantes, ne permet plus d'évaluer adéquatement l'abondance des poissons (Prchalová et coll., 2011). Cela s'explique par le fait que les valeurs de captures par unité d'effort ne varient plus linéairement en fonction de l'abondance de poissons, puisque la capturabilité du filet est influencée à la baisse par une trop grande biomasse (Prchalová et coll., 2011). Généralement, le protocole et les périodes de pêche annuelle et journalière sont essentiellement les mêmes que celles décrites pour l'extrémité portuaire de la baie de Beauport (voir la section précédente, p. 13).

Afin de standardiser le suivi, un objectif de 30 minutes de pêche par levée et de 5 levées par jour par filet avait été fixé. Toutefois, compte tenu de la forte concentration d'individus dans un

secteur aussi restreint, le temps de pêche a été adapté au nombre de captures et au temps de traitement des bars rayés afin de favoriser la survie des individus capturés. Étant donné la nature des sites de pêches, soit deux chenaux concentrant les individus et les dirigeant efficacement vers les filets, et du nombre d'individus capturés par levée de filet, le temps de pêche par levée a été fortement réduit pendant la période de fréquentation maximale du site, passant par exemple de 30 à 10 minutes en 2018. Cela n'influencait toutefois pas les analyses sur le nombre de captures en fonction de la date de pêche, puisque l'effort de pêche était utilisé comme covariable dans les analyses. Les filets ont été mis à l'eau en moyenne 20 ± 8 minutes et étaient relevés 5 fois par jour lorsque les conditions le permettaient. Les filets utilisés sont décrits à la section précédente, de même que les mesures et les manipulations effectuées sur les poissons, la détermination de la maturité et celle du sexe (voir section précédente p. 13).

2.1.1.5 Embouchure de la rivière Ouelle — 2012 à 2018

L'embouchure de la rivière Ouelle est un secteur situé en marge de la ville de Rivière-Ouelle (Figure 5). Le secteur est majoritairement à l'état naturel, mais les berges longent de nombreux champs utilisés pour l'agriculture. Ce secteur est soumis à des marées pouvant atteindre plus de 6 m d'amplitude. L'eau est saumâtre à l'embouchure et la salinité moyenne est de $14 \pm 3,8$ ppm, diminuant en fonction de la distance à l'embouchure pour atteindre une valeur de 0,1 dans la zone de concentration des bars rayés. Comme pour Montmagny, le secteur est situé en ZTM. Des pêches ont été réalisées en 2012, directement dans le bassin à l'embouchure de la rivière Ouelle et plus en amont, à la limite des eaux de marée à la suite de la découverte d'un rassemblement d'individus sexuellement matures dans ce secteur. À partir de 2012, plusieurs individus ont été marqués avec des transpondeurs passifs et des émetteurs acoustiques (2012 à 2014) afin d'étudier l'utilisation du site par les bars rayés matures en période de reproduction de 2013 à 2018. Étant donné la récurrence des captures à ce site, il avait été ciblé pour la mise en place d'un suivi standardisé à partir de 2017. Cependant, l'équipe régionale du MFFP a rapidement constaté que des contraintes logistiques inhérentes au site ne permettaient pas la mise en place d'un tel suivi. Des pêches ciblées ont tout de même été réalisées en 2017 et 2018 afin de répondre à d'autres objectifs, dont la caractérisation de l'alimentation par le bar rayé dans la rivière qui est également utilisée par le saumon atlantique.

De 2012 à 2018, des pêches ont été effectuées à plus de 10 stations pour capturer et marquer un échantillon d'individus matures. Les filets utilisés étaient des filets expérimentaux et des filets de 4 et 5 po. Les filets étaient disposés directement dans la rivière à la marée montante et étaient levés en moyenne après une heure afin d'assurer la survie des poissons capturés. Seules les données de 2014 à 2018 seront présentées, soit les années où un effort considérable a été déployé.

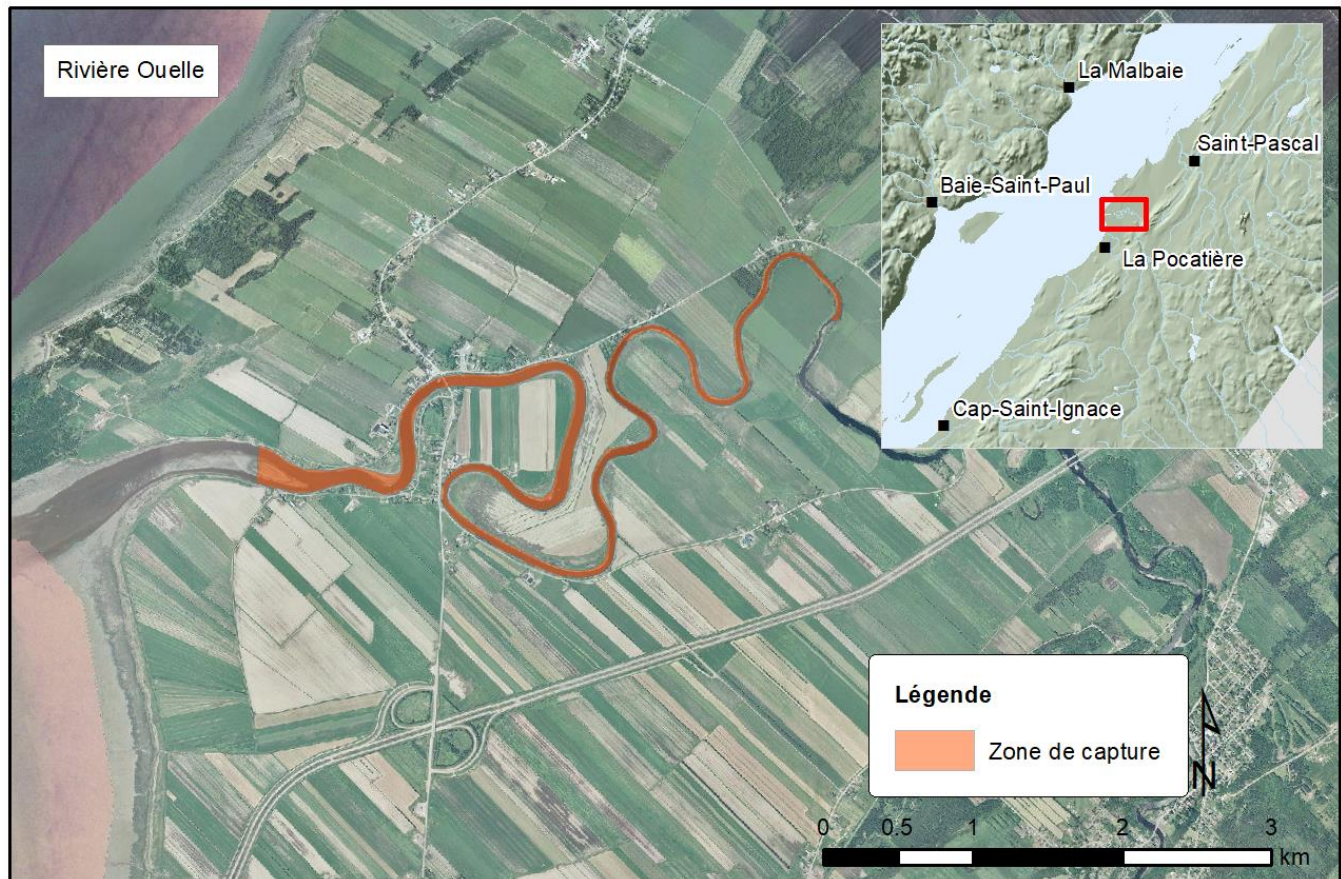


Figure 5 : Zone de capture des bars rayés dans la portion aval de la rivière Ouelle de 2014 à 2018

2.1.1.6 Analyses graphiques et statistiques des inventaires normalisés

Les captures des inventaires standardisés menés à l'extrémité portuaire et à l'embouchure de la rivière du Sud ont été traitées de trois façons, soit le nombre de bars rayés capturés par unité d'effort pour chacun des filets mouillés (CPUEf), le nombre de poissons par jour par effort de pêche en heures (CPUEj) et le nombre de mâles et de femelles capturés quotidiennement.

Le nombre de mâles et de femelles a servi à produire un rapport des sexes (RS; mâle:femelle) dans le but de suivre son évolution temporelle durant la période de la fraie. Les CPUEf et la proportion de mâles ont été modélisés à l'aide d'analyses statistiques, alors que les CPUEj et le nombre de mâles et de femelles sont présentés et analysés graphiquement. Les CPUEf ont été analysés de 2015 à 2018 dans la baie de Beauport et de 2017 à 2018 dans le bassin de la rivière du Sud de Montmagny à l'aide de modèles linéaires généralisés (GLM) propres à chacun des secteurs, avec une famille de distribution binomiale négative. La variation observée dans le nombre de bars rayés capturés à chacune des stations et pour chacun des secteurs annuellement était expliquée par le jour pêché (jours écoulés depuis le 1^{er} mai) et son terme quadratique, ainsi que par le nombre de minutes de mouillage du filet pour chacune des levées, la levée correspondant à l'unité échantillon. Ainsi, cette dernière variable permettait de contrôler pour l'effort de pêche, le cas échéant. Pour la baie de Beauport, les analyses ont été menées pour chaque année séparément, puisqu'elles comportaient chacune un nombre suffisamment élevé de levées (216 à 283). Pour le secteur de Montmagny, le nombre de levées étant similaire

(121 et 139), les données ont été regroupées et l'année a été utilisée comme une variable catégorique pour tester s'il existait une différence significative dans le nombre moyen de capture par unité d'effort entre 2017 et 2018 lorsque les autres covariables étaient considérées.

Comme il y avait une différence significative systématique dans le nombre de captures de bars rayés, celles-ci étant plus nombreuses dans les filets de 4 po comparativement à ceux de 5 po, seules les données des filets de 4 po sont présentées pour les analyses relatives aux CPUEf. Rappelons que les données de captures dans les filets de 5 po sont utilisées dans les analyses, mais pour des besoins de visualisation, seules les données prédites pour les filets de 4 po sont illustrées. De plus, pour la baie de Beauport, un temps de mouillage de 40 minutes a été utilisé dans le modèle prédictif, puisque cette valeur était observée au cours des 4 années et que l'effort de pêche avait un effet significatif sur le nombre de captures. Un GLM avec une famille de distribution binomiale (c.-à-d. régression logistique) a aussi été utilisé afin de déterminer, à chacun des sites suivis, la probabilité qu'un bar rayé capturé soit un mâle au cours de la progression de la fraie, en utilisant le jour de pêche et son terme quadratique.

Finalement, un modèle linéaire (LM, famille de distribution gaussienne) a été utilisé afin d'examiner si la longueur à la fourche moyenne diminuait à mesure que la période de fraie évoluait, puisque la littérature suggère que les bars rayés de plus grande taille arrivent les premiers au début de la fraie, suivis par ceux de plus petite taille à mesure que la période de fraie progresse. La date, son terme quadratique, la covariable sexe ainsi que l'interaction entre la date et le sexe ont été considérés dans un modèle propre à chaque secteur, sans égard à l'année (toutes les années regroupées).

2.1.1.7 Mesure de la température

Comme la température de l'eau est reconnue pour avoir une influence importante sur la physiologie et le comportement des poissons, cette variable environnementale a été systématiquement mesurée sur le terrain. Une sonde multiparamètre du modèle YSI 556 était positionnée en marge de l'embarcation et la température de surface était notée. Cette information était habituellement validée par la température indiquée sur le GPS installé sur le bateau et par la sonde de température placée sous de la coque, soit à moins de 1 m de profondeur. Il faut néanmoins considérer cette donnée comme ponctuelle et non représentative de la variabilité quotidienne et spatiale vécue par les poissons. Certains secteurs, comme celui de Montmagny où il y a de vastes battures, peuvent induire un biais dans la mesure ponctuelle de la température de l'eau en surface. Par exemple, lorsque les battures ont été réchauffées par le soleil pendant plusieurs heures, l'eau provenant de la marée montante est réchauffée rapidement et peut atteindre une température élevée, pendant un court laps de temps. Ainsi, la prise de mesure de température à ce moment précis peut induire un biais dans la température réelle de l'eau et son influence sur la physiologie et le comportement du poisson. Il est donc recommandé d'utiliser une moyenne quotidienne de température intégrant l'ensemble des variations thermiques subies par le poisson au cours d'une journée.

Lorsque des suivis à plus long terme ont été mis en place, des thermographes du modèle Hobo TidbiT v2Temp Logger ont été fixés sur les récepteurs acoustiques VR2W, et la température de l'eau était enregistrée au millième de degré près, toutes les 15 minutes pendant toute la saison. Pour ce qui est du site de la baie de Beauport, les données de température de la station marégraphique du Vieux-Port (numéro 03248) située près de la ville de Québec et exploitée par Pêches et Océans Canada ont été utilisées. La température de l'eau y était enregistrée au

dixième de degré près, toutes les 3 minutes, et ce, tous les jours. Ainsi, les données provenant des thermographes et de la station marégraphique de Pêche et Océans Canada ont été utilisées dans les analyses présentées dans ce rapport. Lorsque ces données n'étaient pas disponibles, les données prises à l'aide d'un thermomètre classique ont été utilisées.

2.1.2 Suivi par télémétrie acoustique

Depuis 2011, le MFFP suit les déplacements des bars rayés adultes de la population du fleuve Saint-Laurent afin d'étudier l'utilisation spatio-temporelle du territoire par l'espèce (premiers individus munis d'un émetteur acoustique à l'automne 2010). Le suivi des déplacements s'appuie sur un réseau de stations fixes de télémétrie acoustique (voir encadré 2).

Au fil du temps, le suivi par télémétrie du bar rayé visait à répondre à plusieurs objectifs, notamment définir son aire de répartition, étudier l'utilisation spatio-temporelle du fleuve Saint-Laurent, de la rivière Saguenay ou encore de celles associées aux sites de fraie confirmés ou présumés. Ainsi, le nombre de bars rayés marqués, la période de marquage ou encore le secteur de marquage ont varié dans le temps. Il importe de comprendre que le lieu et la période de marquage influencent les schémas de déplacement observés et que les inférences tirées du suivi d'un groupe d'individus doivent donc en tenir compte (Secor, 2015). Malgré cette contrainte, les données de télémétrie permettent également de répondre à des questions complémentaires, par exemple la définition de la fonction d'un habitat en particulier, comme un site de fraie ou encore la localisation d'aires d'hivernage.

2.1.2.1 Captures et marquage de bars rayés adultes 2010 à 2018

De 2010 à 2018, la capture des spécimens munis d'un émetteur a été effectuée spécialement pour les études de télémétrie ou pour d'autres types de suivis, comme le suivi des reproducteurs. Dans tous les cas, les filets utilisés étaient les filets de 4 et 5 po décrits précédemment. Les filets étaient mouillés pour 30 à 45 minutes afin de favoriser la survie des individus et de s'assurer que les bars rayés demeuraient en bonne condition. Tous les bars rayés munis d'un émetteur étaient matures et mesuraient plus de 400 mm à la fourche (Tableau 2). Un émetteur acoustique de type V13 ou V16 (Innovasea, Bedford, Nouvelle-Écosse; Tableau 3) a été chirurgicalement inséré dans la cavité abdominale, selon la procédure de fonctionnement normalisée en vigueur au Ministère (MFFP, 2014). Afin d'éviter des biais dans le comportement associés aux manipulations et à la chirurgie (réponse de fuite), les analyses des déplacements excluent les poissons marqués en cours d'année.

Tableau 2 : Nombre (N) et caractéristiques des bars rayés marqués pour le suivi par télémétrie dans le fleuve Saint-Laurent, de 2010 à 2018.

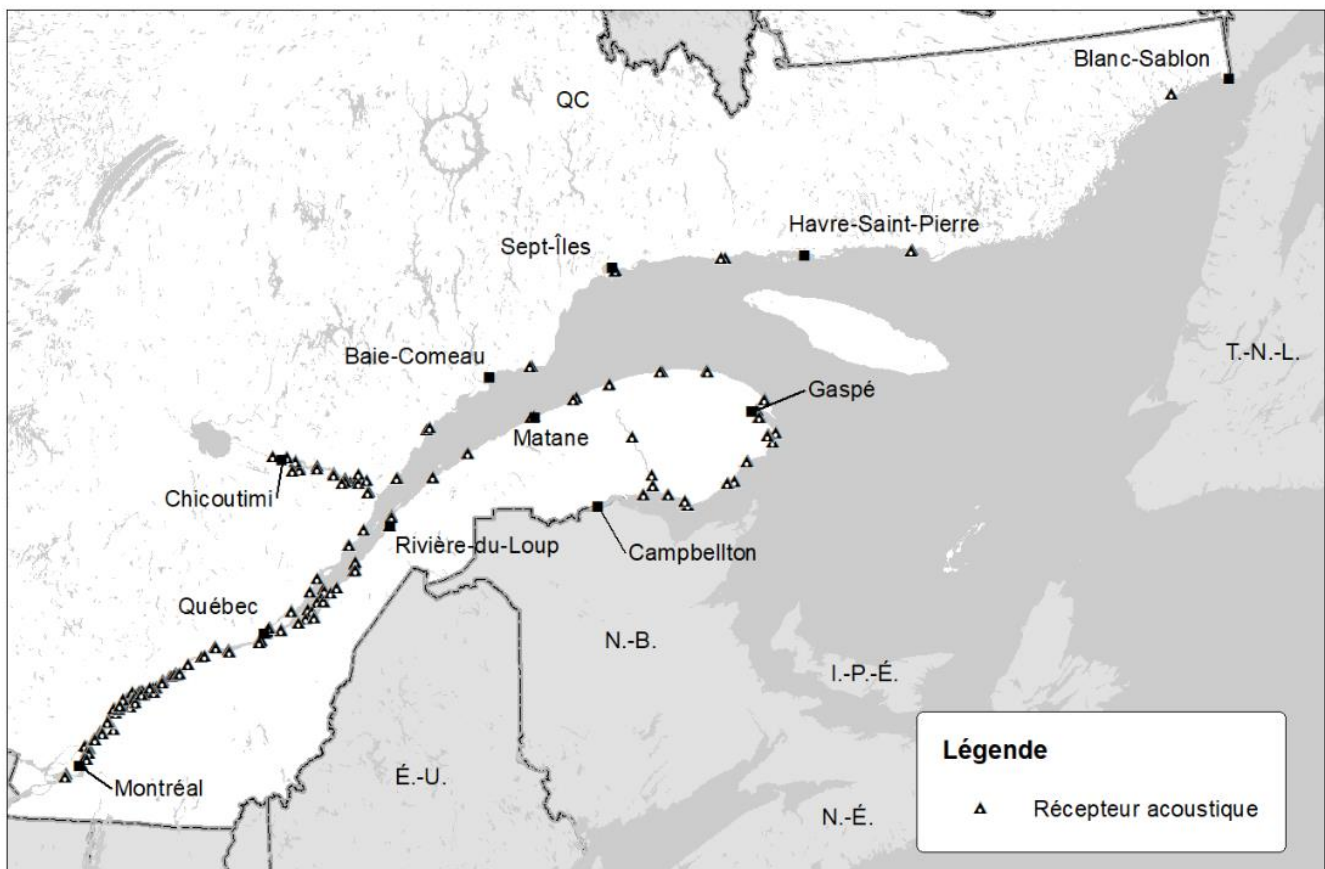
Année	LF moyenne (mm)	Écart-type LF (mm)	Âge moyen (an)	Écart-type âge (an)	N femelle	N mâle	N indéterminé	N total
2010	622	57	4,3	0,9	0	0	14	14
2011	521	67	4,6	1,3	0	12	22	34
2012	519	38	4,8	0,9	0	2	23	25
2013	580	80	5,9	1,6	8	0	32	40
2014	523	83	5,0	1,4	21	21	18	60
2015	456	38	4,3	0,7	1	2	16	19
2016	460	43	4,7	1,0	0	7	18	25
2017	516	44	5,3	0,8	28	35	5	68
2018	513	47	5,8	1,0	2	27	5	34
Moyenne	522	71	5,1	1,3	-	-	-	-
Total	-	-	-	-	60	106	153	319

Tableau 3 : Caractéristiques des émetteurs utilisés dans le cadre du suivi par télémétrie et nombre (N) de bars rayés en ayant été munis.

Modèle	Diamètre (mm)	Longueur (mm)	Masse (g)	Puissance du signal (dB)	Délai d'émission (s)	Durée de vie (jours)	N marqués
V13-1x	13	36	6	147	30-90	623	110
V13-1x	13	36	6	147	30-90	848	30
V13-1x	13	36	6	147	30-90	991	140
V16-4x	16	54	8,1	150	30-90	3 650	36
V16-4x	16	54	8,1	150	60-180	3 650	3

Encadré 2. Réseau de suivi par télémétrie acoustique dans le système Saint-Laurent

Depuis 2011, le MFFP déploie un réseau de récepteurs acoustiques (VR2W, Innovasea, Bedford, Nouvelle-Écosse) à stations fixes dans le système Saint-Laurent et certains tributaires afin de suivre les déplacements de plusieurs espèces de poissons, dont l'anguille d'Amérique, le bar rayé, le maskinongé, le saumon atlantique et les esturgeons jaune et noir. De 2011 à 2018, de 52 à 239 récepteurs acoustiques ont été déployés par le MFFP durant la période d'eau libre (d'avril à novembre). Alors que certaines stations sont maintenues année après année, d'autres sont déplacées ou ajoutées afin de répondre aux objectifs précis des études en cours. Durant certains hivers, un nombre restreint de récepteurs ont aussi été déployés afin de documenter l'utilisation de certains sites par plusieurs espèces, y compris le bar rayé.



Carte du déploiement des récepteurs acoustiques dans le système Saint-Laurent en 2018.

2.1.2.2 Système de positionnement dans le secteur du pont de l'île d'Orléans 2013

En 2012 et 2013, le MFFP a établi un état de référence de la faune aquatique dans le fleuve Saint-Laurent, dans le secteur du pont de l'île d'Orléans (Valiquette et coll., 2016). Un des objectifs de cette étude était d'évaluer l'utilisation de ce secteur par le bar rayé en période de reproduction. En plus des inventaires visant la capture d'individus à l'aide de filets maillants, le MFFP a mis en place un système de positionnement par télémétrie en 2013 (système VPS, Innovasea, Bedford, Nouvelle-Écosse). Ce système visait à obtenir la localisation des bars rayés munis d'un émetteur par le MFFP. Ainsi, une grille de 24 récepteurs a été déployée dans ce secteur au cours du printemps 2013. Les détails méthodologiques, l'évaluation de la performance du système et les analyses visant à évaluer l'utilisation du secteur par le bar rayé sont présentés dans Valiquette et coll. (2016).



Figure 6 : Position des récepteurs acoustiques dans la grille de positionnement déployée par le MFFP dans le secteur du pont de l'île d'Orléans en 2013.

2.1.2.3 Système de positionnement dans le secteur portuaire de Québec 2015 à 2018

Dans le cadre du projet d'aménagement d'un terminal en eau profonde, l'Administration portuaire de Québec (APQ) a mandaté la firme Englobe pour mener des études sur plusieurs enjeux environnementaux et fauniques, notamment sur le bar rayé. Compte tenu de la présence récurrente de bars rayés matures en période de reproduction dans le secteur projeté pour aménager ce nouveau terminal, un suivi par télémétrie à fine échelle a été mis en place par

l'APQ de 2015 à 2018. Ce suivi visait à évaluer l'utilisation spatio-temporelle de ce secteur par les bars rayés adultes en période de reproduction et à définir les zones d'utilisation intensives.

Un système de positionnement composé d'une grille de 10 à 25 récepteurs acoustiques a ainsi été déployé dans le secteur de la pointe sud-ouest de la baie de Beauport (système VPS) afin d'y détecter et d'y positionner les bars rayés que le MFFP avait munis d'un émetteur. Le nombre et la position des récepteurs ont été modifiés d'une année à l'autre afin d'optimiser le suivi des bars rayés et de répondre à de nouvelles questions soulevées en cours de projet (Figure 7). Les détails de cet inventaire, les performances du système et la méthode pour estimer l'erreur sur les positions obtenues sont présentés dans Englobe (2019a).

2.1.2.4 Analyses spatiales basées sur les données issues d'un système de positionnement VPS

Des analyses des domaines vitaux ont été menées avec les données de positions de bars rayés obtenues à l'extrémité portuaire de Québec (voir section précédente, p. 23) afin d'évaluer l'utilisation de l'habitat dans ce secteur. Avant d'analyser les domaines vitaux, les positions des bars rayés obtenues grâce au système de positionnement ont été filtrées selon certains critères. D'abord, afin d'utiliser des données représentatives du milieu utilisé, seules les données ayant une erreur sur la position de 150 m et moins ont été conservées. Ensuite, puisque l'évaluation des domaines vitaux visait la période de reproduction, seules les données obtenues du 1^{er} mai au 30 juin de chacune des années ont été conservées. Enfin, les bars rayés inclus dans les analyses devaient respecter les critères suivants, à savoir : 1) avoir été marqués au cours d'une année antérieure à la période d'analyse; et 2) avoir été détectés dans le système Saint-Laurent au moins une fois au cours de cinq mois consécutifs. Ces critères visent à éviter d'inclure des bars rayés récemment manipulés et qui pourraient présenter des comportements anormaux à la suite du marquage, ainsi qu'à exclure des individus morts au cours de la période visée par les analyses.

Une fois filtré, le jeu de données a été importé dans le logiciel R (version 3.6.0; R Core Team, 2019) pour effectuer les analyses. Afin de faciliter les calculs spatiaux, les coordonnées géographiques de chacune des positions ont été transformées en système projeté NAD83/Québec Lambert (EPSG 32198). Pour standardiser la répartition temporelle des intrants du modèle permettant la délimitation d'un domaine vital, le jeu de données a été soumis à une procédure de raréfaction de manière à retenir au maximum une position par heure par poisson unique. À cet effet, au moins 45 minutes devaient s'écouler entre deux positions consécutives. En tout, 52 poissons uniques ont été retenus à la suite de la procédure de raréfaction, soit 18 en 2015, 8 en 2016, 9 en 2017 et 25 en 2018. Le nombre de poissons suivis par télémétrie qui a été retenu par année est indiqué dans le Tableau 4.

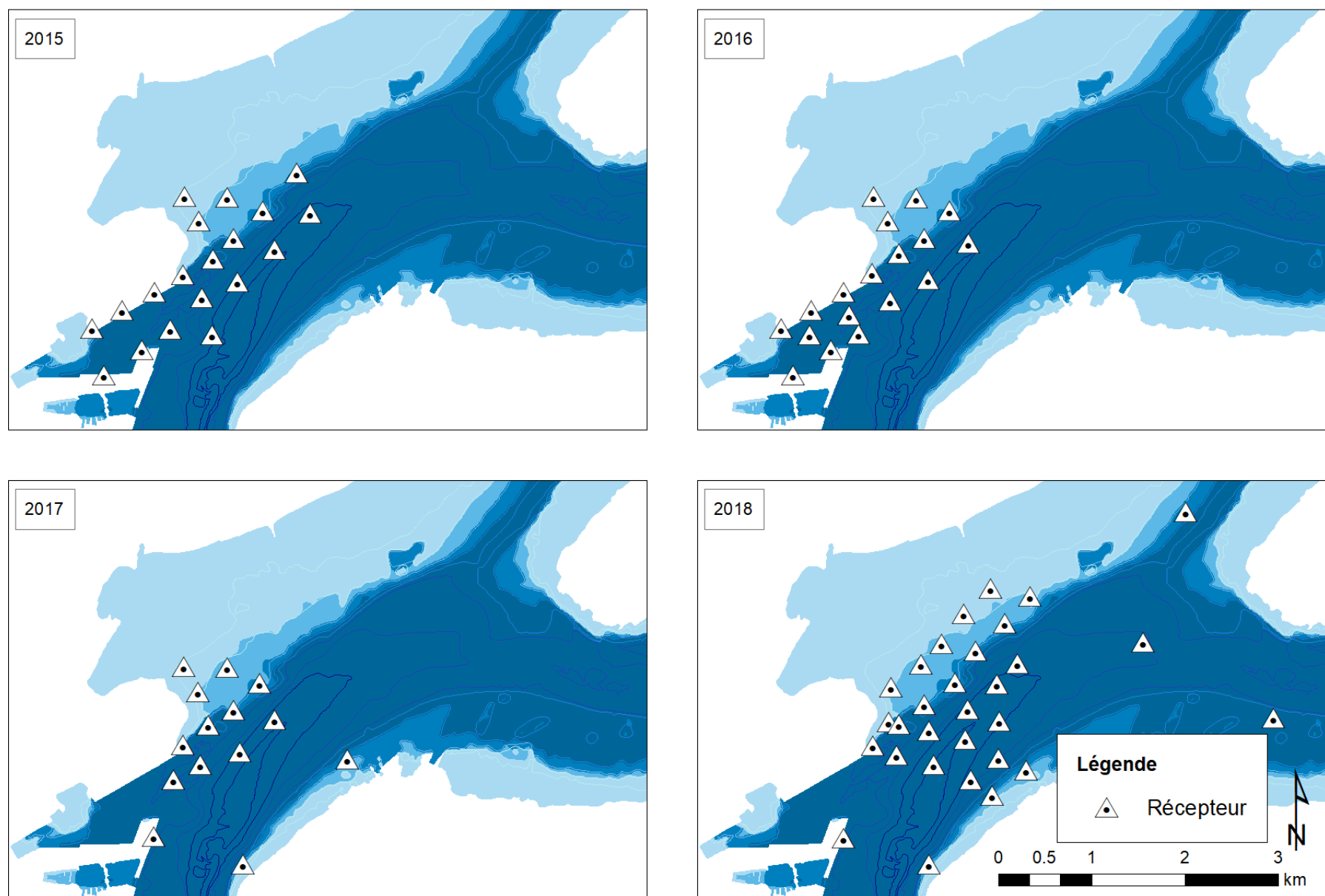


Figure 7 : Position des récepteurs acoustiques dans la grille de positionnement déployée par Englobe à l'extrémité portuaire de la baie de Beauport de 2015 à 2018.

Encadré 3. Description de l'utilisation de l'habitat par l'analyse par domaine vital

L'analyse par domaine vital, et plus précisément l'utilisation d'un concept tel que le cœur du domaine vital d'un animal, est un type d'analyse largement utilisé en écologie animale pour d'écrire l'utilisation d'un habitat par une espèce. Selon la définition encore largement acceptée de Burt (1943), un domaine vital est l'espace utilisé par un animal pour effectuer ses activités normales, soit se nourrir, se reproduire et prendre soin de sa progéniture. Toutefois, les excursions en dehors de cet espace, même exploratoires, ne devraient pas être incluses dans le concept de domaine vital (Burt, 1943). En conséquence, la définition d'un domaine vital implique qu'un animal fréquente un secteur en fonction d'un attrait associé à sa biologie. Ce domaine vital est souvent étudié à l'aide d'une analyse par kernel (ou noyau de densité), qui est une modélisation des probabilités de trouver un animal dans un espace défini par l'ensemble des localisations, soit une modélisation considérée comme biologiquement adéquate (Worton, 1989). Un kernel consiste en une spatialisation de la probabilité d'observer un phénomène biologique. En d'autres termes, le kernel est une estimation non paramétrique de la fonction de distribution de probabilités (valeurs continues) caractérisant un phénomène échantillonné. Cette distribution de probabilités permet de caractériser et de comptabiliser dans l'espace le volume additif de probabilités associées à une surface déterminée, qui peut être délimitée par des polygones définis comme des isoplèthes de volume ou des isoplèthes de densité de positions. Il est à noter que l'utilisation d'un volume de probabilité de 95 % (aussi appelé isoplèthe de volume de 95 % ou kernel 95 %) entraîne la production du kernel le plus large, englobant pratiquement tous les positionnements utilisés. Ce kernel 95 % est donc une vaste zone où les probabilités de trouver un individu dans cette zone sont fortes, étant donné l'ampleur de la zone. À l'inverse, un kernel 5 % n'inclut qu'une petite partie des positionnements, mais correspond au secteur où les individus se regroupent fortement et où la densité de positions est donc maximale. Cette modélisation se traduit donc autant par un concept de probabilité que par un concept de densité, où un grand secteur est utilisé différenciellement et où des secteurs plus restreints du domaine vital peuvent être utilisés plus intensivement, créant par exemple des îlots de densité d'utilisation. Ces secteurs peuvent ensuite être regroupés, élargis et inclus dans le cœur du domaine vital.

Le concept de cœur du domaine vital est quant à lui associé à une intensité d'utilisation d'un secteur relativement restreint au sein d'un domaine vital défini et est traditionnellement défini comme un isoplèthe de volume de 50 % pour lequel l'utilisation du territoire est définie beaucoup plus précisément et où les positions plus marginales sont exclues (Anderson, 1982). Ce seuil théorique est considéré comme la probabilité de trouver une grande densité de positionnements, à mi-chemin entre la zone totale utilisée (même plutôt sporadiquement : isoplèthe de 95 %) et une zone très précise utilisée très intensivement (isoplèthe de 5 %). L'isoplèthe correspondant au centre d'activité est déterminé à partir des densités finales en modélisant l'influence de l'isoplèthe sélectionné sur la superficie comprise dans celui-ci. Il s'agit d'une relation exponentielle où l'isoplèthe seuil démarque l'endroit où la proportion du domaine vital augmente plus rapidement que l'isoplèthe de volume, soit lorsque la pente de la courbe égale 1 (Vander Wal et Rodgers, 2012).

Tableau 4: Nombre de positions retenues par année à la suite de la procédure de raréfaction. Le nombre total de poissons-heure par année est indiqué dans le bas du tableau, pour une somme de 659 poissons-heure. Les caractères gras indiquent des jeux de données retenus pour l'estimation du noyau de densité pondéré ($n \geq 10$).

Identifiant unique	2015	2016	2017	2018	Identifiant unique	2015	2016	2017	2018
A69-1601-24567	1	0	0	0	A69-1602-32408	0	0	0	2
A69-1601-24570	12	1	0	0	A69-1602-32413	0	0	0	1
A69-1601-24573	2	0	0	0	A69-1602-32416	0	0	0	81
A69-1601-24579	1	0	0	0	A69-1602-32420	0	0	0	1
A69-1601-24581	1	0	0	0	A69-1602-32421	0	0	0	5
A69-1601-24582	4	0	0	0	A69-9001-14404	0	0	0	1
A69-1601-24586	0	4	0	0	A69-9001-14410	0	0	0	2
A69-1601-24587	2	0	0	0	A69-9001-14411	0	0	0	3
A69-1601-24588	31	0	0	0	A69-9001-14412	0	0	0	3
A69-1601-24590	1	0	0	0	A69-9001-14415	0	0	0	1
A69-1601-24593	21	0	0	0	A69-9001-14416	0	0	0	2
A69-1601-24608	102	34	0	0	A69-9001-14417	0	0	0	4
A69-1601-24610	2	0	0	0	A69-9001-17621	0	0	0	3
A69-1601-24611	1	0	0	0	A69-9001-17622	0	0	0	2
A69-1601-24616	4	0	0	0	A69-9001-17633	0	0	0	2
A69-1601-58481	0	67	0	0	A69-9001-17639	0	0	0	1
A69-1601-58483	0	1	1	0	A69-9001-17646	0	0	0	11
A69-1601-58486	0	0	1	0	A69-9001-17649	0	0	15	0
A69-1601-58490	0	5	1	0	A69-9001-17656	0	0	1	0
A69-1602-32391	0	0	0	4	A69-9001-17662	0	0	1	0
A69-1602-32397	0	0	0	2	A69-9001-17665	0	0	2	0
A69-1602-32398	0	0	0	1	A69-9001-24923	0	0	0	1
A69-1602-32400	0	0	0	178	A69-9001-24928	0	0	0	3
A69-1602-32401	0	0	0	3	A69-9001-24938	1	0	0	0
A69-1602-32404	0	0	0	11	A69-9001-24939	3	1	1	0
A69-9001-27227	2	0	0	0	A69-9001-24940	1	1	2	0
Année	2015	2016	2017	2018					
Total	192	114	25	328					

Une approche d'estimation par noyau (ou kernel tel qu'il est décrit précédemment) de densité à base de treillis (« *lattice based* »; McIntyre et Barry, 2018) a été privilégiée afin de caractériser l'utilisation du secteur étudié par les individus marqués afin de déterminer le domaine vital du bar rayé de la baie de Beauport pendant la période de reproduction, tel que réalisé ailleurs par la même approche (voir McIntyre et Barry, 2018). Dans le cas présent, le paramètre étudié correspond au bar rayé échantillonné sur le plan spatial par télémétrie acoustique. Puisqu'une localisation nécessite deux coordonnées géographiques (axes « x » et « y »), il s'agit d'une analyse de distribution dite bivariée.

Lorsqu'un jeu de données télémétriques est constitué d'un nombre variable d'observations en provenance de plusieurs individus différents (soit l'échantillon) d'une population, il devient pertinent de veiller à ce que chaque schéma d'utilisation individuel contribue de façon relativement similaire au résultat global s'appliquant à la population à l'étude. Pour ce faire, un noyau de densité a été calculé pour chaque schéma de « poisson-année » unique affichant au moins 10 localisations (soit le nombre minimalement requis pour faire converger un noyau de densité courant; Wand, 2015), pour une somme totale de 11 noyaux (Tableau 5).

Tableau 5 : Nombre de positions par bar rayé unique par année retenues pour l'estimation du noyau de densité pondéré.

Identifiant du poisson	Année			
	2015	2016	2017	2018
A69-1601-24570	12			
A69-1601-24588	31			
A69-1601-24593	21			
A69-1601-24608	102	34		
A69-1601-58481		67		
A69-1602-32400				178
A69-1602-32404				11
A69-1602-32416				81
A69-9001-17646				11
A69-9001-17649			15	

Alors que le critère d'admissibilité par noyau était égal ou supérieur à 10 observations, il va de soi qu'un nombre supérieur permettrait de mieux caractériser les secteurs fréquentés par les individus suivis. En effet, un schéma basé sur quelques observations sporadiques révèle relativement peu d'information sur la dynamique d'utilisation de l'espace par rapport à ceux faisant l'objet d'un suivi constant et soutenu. Par ailleurs, les algorithmes d'estimation de noyaux tendent à surestimer l'importance du domaine vital lorsque le nombre d'observations est faible (Seaman et coll., 1999). Afin d'éclaircir ces différences et ainsi d'accorder un poids approprié à chaque schéma, l'influence du nombre de positions sur la superficie maximale du domaine vital a été évaluée à l'aide d'un modèle de régression non linéaire ayant comme effet aléatoire l'identifiant unique du schéma « poisson-année ». Il s'agit d'une fonction de décroissance exponentielle inversée où l'ordonnée à l'origine est fixée sur zéro :

$$y(x) = \beta_1 * (1 - \exp[-\alpha * x]) - \beta_0 + bx + \varepsilon$$

où « y » correspond au diamètre maximal en mètres, « x », au nombre de positions disponibles après raréfaction, « b », à la matrice de variance-covariance de l'effet aléatoire (« poisson-année ») et « ε », à l'erreur résiduelle. La valeur du paramètre « α » a été déterminée par un exercice de sélection de modèle où celle produisant le modèle le plus parcimonieux selon le critère d'information d'Akaike (AIC) était retenue dans le modèle final. Cette analyse a été effectuée avec le *package* lme4 (Bates et coll., 2015) du logiciel R.

Le but de cet exercice était de déterminer le nombre minimal d'observations par schéma permettant d'arriver à une estimation stable du domaine vital quant à la superficie de celui-ci (Harris et coll., 1990). Ce seuil minimal correspond à la valeur de « x » pour laquelle la pente de

la courbe exponentielle atteint son plateau $[(y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) = 0]$. Finalement, les schémas basés sur un nombre inférieur d'observations ont été pondérés à la baisse selon les prévisions du modèle final ajusté sur une échelle de zéro ($x = 0$) à un ($x =$ seuil minimal). En effet, seuls les noyaux estimés sur un nombre d'observations inférieur au seuil ont été pondérés à la baisse. Dans le cas présent, le seuil de 77 observations a été défini comme étant le seuil minimal pour que le poids du domaine vital d'un poisson soit maximal, soit un poids de 1 dans l'élaboration du domaine vital global, pour l'ensemble des noyaux individuels utilisés dans l'analyse. Tous les poissons ayant plus de 77 positionnements ont reçu un poids de 1, alors que les individus avec moins de 77 positionnements ont été pondérés à la baisse, selon le modèle de décroissance exponentielle le plus parcimonieux (Figure 8).

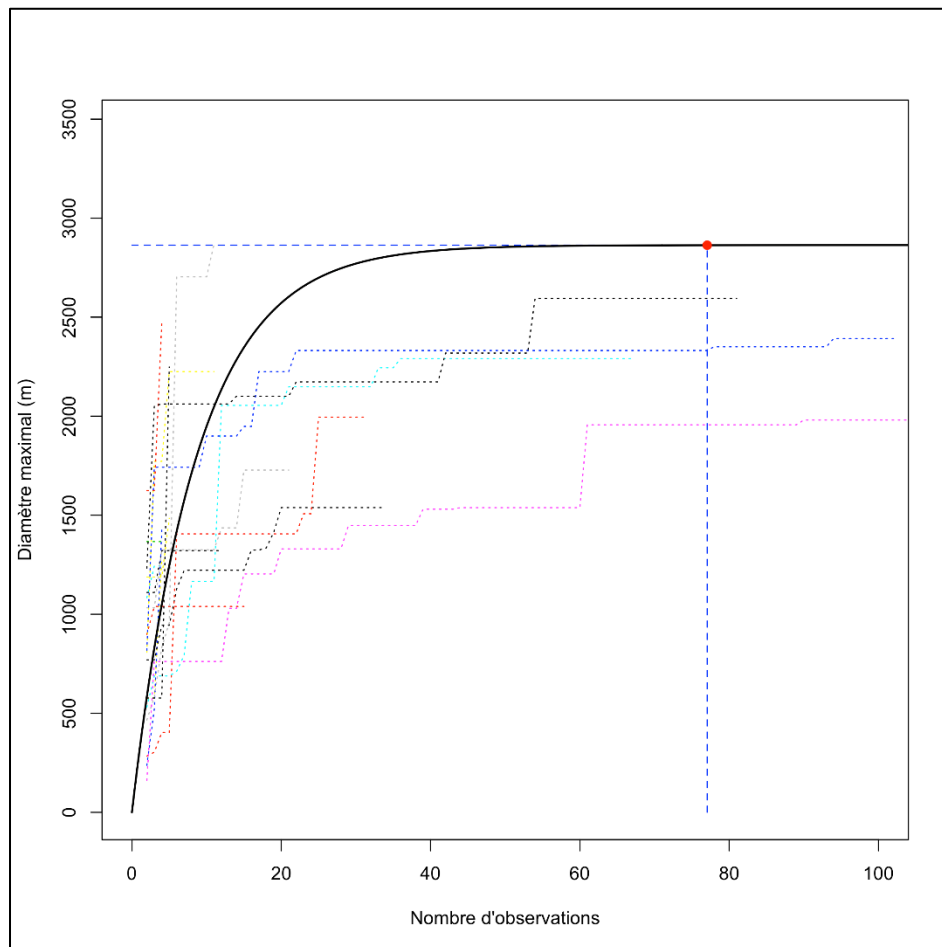


Figure 8 : Relation entre le nombre d'observations servant à estimer le domaine vital et la superficie maximale de celui-ci. En moyenne (courbe noire; valeurs prédites du modèle de régression exponentielle), les différents schémas observés ($n = 18$, lignes pointillées de différentes couleurs en arrière-plan) tendaient vers un plateau en matière de superficie lorsque basés sur 77 positions ou plus (ligne verticale bleue pointillée; seuil de la fonction de décroissance exponentielle).

2.1.2.5 Localisations par télémétrie acoustique et analyse en composantes principales

Une analyse en composantes principales (ACP) a été menée sur les données de télémétrie acquises en 2018 afin de caractériser l'utilisation spatiale de différents secteurs du fleuve Saint-Laurent par les bars rayés adultes en période de reproduction. Des analyses statistiques ont par la suite été menées sur les valeurs obtenues par l'ACP pour examiner l'effet du site de marquage et l'effet du sexe des individus suivis par télémétrie quant à l'utilisation spatiale du fleuve Saint-Laurent. L'année 2018 du suivi par télémétrie a été sélectionnée pour ces analyses, car le réseau de récepteurs acoustiques du MFFP couvrait les zones de reproduction du bar rayé confirmées ou potentielles.

Comme le site de marquage des bars rayés suivis par télémétrie peut influencer les déplacements observés subséquemment, il est souhaitable de suivre des individus marqués dans différents secteurs du fleuve afin d'obtenir un profil représentatif de l'utilisation du territoire par l'ensemble de la population. Le jeu de données générées en 2018 possède cet avantage alors que les bars rayés adultes suivis par télémétrie ont été marqués dans différents secteurs du système Saint-Laurent, y compris dans des secteurs localisés dans le tronçon fluvial, dans l'estuaire fluvial, dans l'estuaire moyen et dans le golfe du Saint-Laurent. Bien que 44 bars rayés adultes aient été détectés dans le fleuve Saint-Laurent en 2018 pendant la période de reproduction, 4 individus ont été retirés du jeu de données (Tableau 6). En effet, un individu présentait un schéma de détection qui suggérait qu'il était mort ou qu'il avait expulsé son émetteur, alors que trois autres bars rayés séjournèrent dans le golfe du Saint-Laurent et sont revenus dans l'estuaire du Saint-Laurent que dans les derniers jours de la période de reproduction ou après celle-ci.

Aux fins de l'analyse, les données brutes de détection des bars rayés ont été transformées. D'abord, le fleuve Saint-Laurent a été divisé en cinq zones délimitées arbitrairement, en tenant compte de caractéristiques physiques générales de l'habitat, notamment des marées, de la salinité et de la configuration physique (Figure 9). Le temps passé dans chacune des zones par chaque bar rayé a été comptabilisé en calculant le nombre de jours passés dans chacune des cinq zones considérées.

Les observations quotidiennes ont été comptabilisées sur 21 jours centrés au pic de fraie observé dans le secteur de l'extrémité portuaire de la baie de Beauport, s'étendant du 27 mai au 16 juin 2018. Cette période a été définie arbitrairement à 60 % de la valeur maximale du nombre de captures de bars rayés adultes par unité d'effort (CPUEf), modélisée dans le cadre du suivi normalisé de la fraie du bar rayé (pour plus de détails, voir la section Extrémité portuaire de la baie de Beauport 2015-2018, p. 52). Le nombre total de jours passé par un individu dans une zone était déterminé selon les dates d'entrée et de sortie pour chacune des zones au cours de cette période. Il était supposé qu'un individu se trouvait dans une zone aussi longtemps qu'il ne l'avait pas quittée. Lorsqu'il était impossible de déterminer dans quelle zone un individu se trouvait, il était considéré comme « manquant ». Si un individu était observé dans deux zones au cours de la même journée, il était comptabilisé dans les deux zones à raison d'une journée pour chaque zone.

Le nombre total de jours comptabilisés pour chaque individu variait, car certains individus étaient parfois « manquants » et certains individus étaient parfois comptabilisés dans deux zones au cours d'une même journée. En conséquence, le nombre de jours comptabilisés pour chaque individu a été normalisé en le transformant en proportion de temps passé dans chacune des

cinq zones, excluant la période « manquante ». La proportion individuelle de temps passé dans chaque zone a ensuite été utilisée pour faire les ACP et ainsi déterminer chaque composante principale (CP), définie comme un gradient d'utilisation dont la valeur varie de -1 à 1, ce qui permet de discriminer les schémas individuels d'utilisation spatiale en fonction des zones visitées durant la période de fraie.

Tableau 6 : Caractéristiques des bars rayés suivi par télémétrie en période de reproduction en 2018 et inclus dans l'analyse en composantes principales.

Secteur de marquage	Localité à proximité du lieu de marquage	Masse (g)	Longueur fourche (mm)	Sexe
Estuaire fluvial	Beauport	1000,0	460	Mâle
Estuaire fluvial	Beauport	810,0	445	Mâle
Estuaire fluvial	Beauport	2070,0	600	Mâle
Estuaire fluvial	Beauport	1590,0	547	Mâle
Estuaire fluvial	Beauport	1340,0	528	Mâle
Estuaire fluvial	Beauport	1460,0	522	Femelle
Estuaire fluvial	Beauport	1270,0	514	Femelle
Estuaire fluvial	Beauport	2570,0	585	Femelle
Estuaire fluvial	Beauport	1550,0	541	Mâle
Estuaire fluvial	Beauport	1780,0	552	Mâle
Estuaire fluvial	Beauport	1530,0	557	Mâle
Estuaire fluvial	Beauport	2490,0	610	Femelle
Estuaire fluvial	Beauport	2000,0	565	Femelle
Estuaire fluvial	Beauport	2630,0	659	Mâle
Estuaire fluvial	Beauport	2510,0	603	Femelle
Estuaire fluvial	Beauport	2360,0	597	Femelle
Estuaire moyen	Montmagny	1671,2	545	Mâle
Estuaire moyen	Montmagny	1694,7	551	Femelle
Estuaire moyen	Montmagny	1491,1	525	Femelle
Estuaire moyen	Montmagny	1576,3	555	Mâle
Estuaire moyen	Montmagny	1590,1	533	Mâle
Estuaire moyen	Montmagny	1582,3	534	Mâle
Estuaire moyen	Montmagny	1624,5	529	Femelle
Estuaire moyen	Montmagny	1300,2	526	Mâle
Estuaire moyen	Montmagny	2733,3	601	Femelle
Estuaire moyen	Montmagny	2638,4	613	Femelle
Estuaire moyen	Montmagny	2027,7	565	Femelle
Estuaire moyen	Montmagny	2805,0	629	Femelle
Estuaire moyen	Montmagny	3340,0	674	Femelle
Estuaire moyen	Montmagny	2040,0	575	Mâle
Golfe	Barachois	n. d.	478	Indéterminé
Golfe	Barachois	1520,0	521	Indéterminé
Golfe	Barachois	1710,0	543	Indéterminé
Tronçon fluvial	Archipel du lac Saint-Pierre	1240,0	525	Indéterminé
Tronçon fluvial	Archipel du lac Saint-Pierre	1570,0	569	Mâle
Tronçon fluvial	Archipel du lac Saint-Pierre	1300,0	528	Mâle
Tronçon fluvial	Archipel du lac Saint-Pierre	1300,0	511	Indéterminé
Tronçon fluvial	Archipel du lac Saint-Pierre	2250,0	599	Indéterminé
Tronçon fluvial	Archipel du lac Saint-Pierre	n. d.	561	Mâle
Tronçon fluvial	Rivière Richelieu	1960,0	583	Mâle

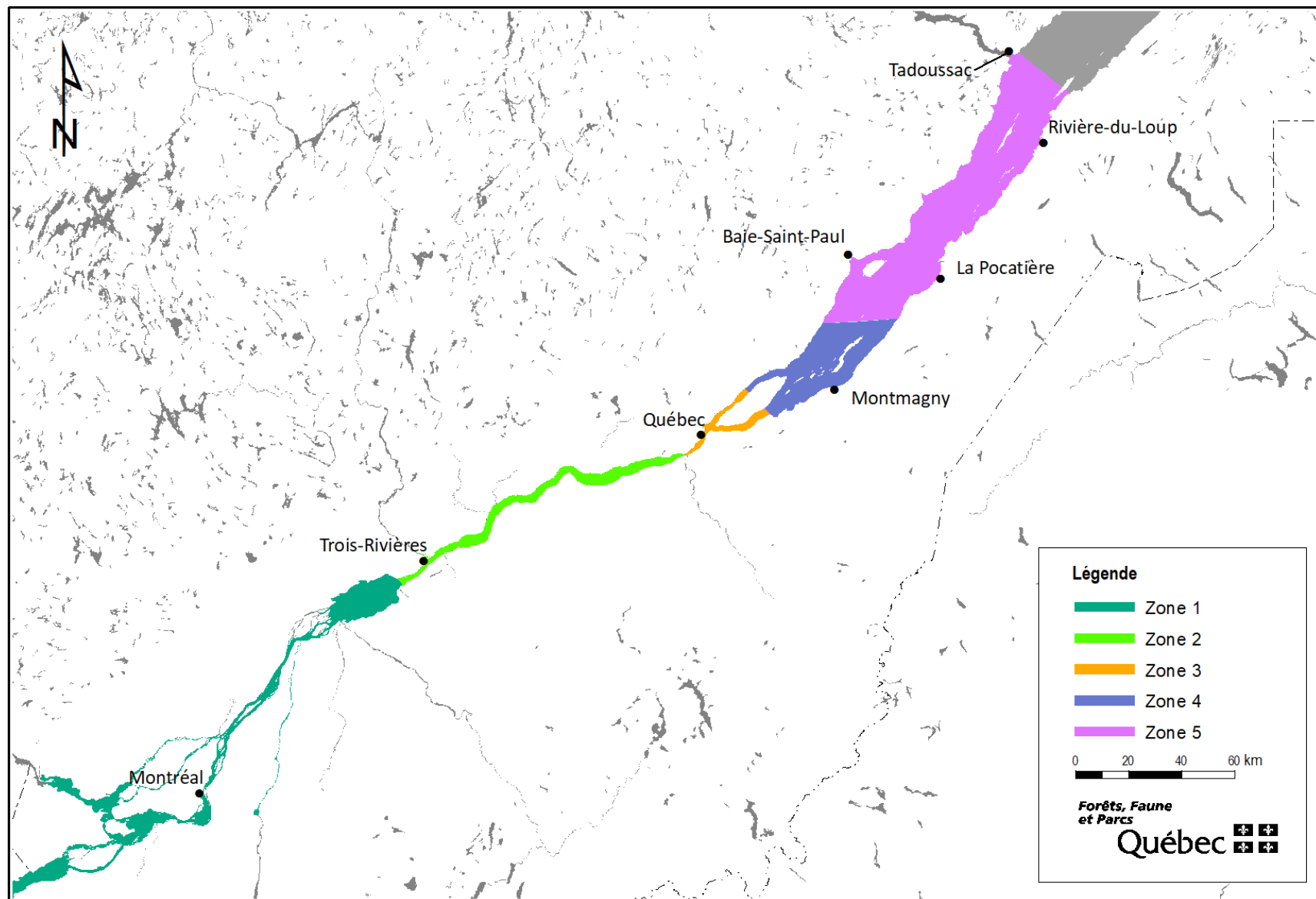


Figure 9 : Délimitation des cinq zones du fleuve Saint-Laurent définies pour l'analyse en composante principale (ACP). Les zones ont été délimitées arbitrairement selon les caractéristiques physiques générales de l'habitat, notamment les marées, la salinité et la configuration physique.

Le logiciel R a été utilisé pour mener les analyses statistiques en faisant appel aux bibliothèques *FactoMineR*, *factoextra* et *corrplot*. Selon les pointages individuels (*PC scores*) obtenus à partir des CP examinées, un graphique de type *biplot* a été créé afin de déterminer si les valeurs de pointages individuels sur les CP 1 et les CP 2 se regroupaient en fonction du lieu de marquage des individus, soit l'archipel du lac Saint-Pierre (Archipel; $n = 6$), le golfe (Barachois; $n = 3$), Beauport ($n = 16$), Montmagny ($n = 14$) ou la rivière Richelieu (Richelieu; $n = 1$). La même approche a été utilisée pour distinguer les individus selon le sexe, soit entre les femelles ($n = 15$), les mâles ($n = 19$) ou les indéterminés ($n = 6$). Des ellipses ont été tracées autour des points appartenant à un même groupe selon l'origine ou le sexe afin de déterminer le degré de regroupement. La superficie de l'ellipse tient compte de l'étalement des individus appartenant au même groupe (plus rapprochés vs éloignés les uns des autres). Ainsi, une petite ellipse pour un grand groupe d'individus indique qu'il existe un rassemblement probable des individus du même groupe en fonction de leurs pointages aux deux CP examinées. Il est à noter que, pour les groupes de petite taille, il est impossible d'ajouter une ellipse les représentant.

Les pointages individuels obtenus en fonction des CP examinées ont ensuite été évalués à l'aide d'une analyse non paramétrique à un facteur de Kruskal-Wallis, car les variables réponses ne respectaient pas la prémisse de normalité pour une analyse paramétrique de type ANOVA. L'analyse de Kruskal-Wallis a permis de vérifier si les pointages des CP 1 et des CP 2 différaient entre les groupes en fonction de l'origine (site de marquage) ou du sexe. Lorsque l'analyse globale de Kruskal-Wallis trouvait un effet significatif, un test de comparaisons multiples de Dunn était utilisé *a posteriori* afin de déterminer parmi les groupes considérés lesquels différaient significativement ($n = 5$ groupes pour le site de marquage, $n = 3$ pour le sexe en tenant compte des indéterminés).

2.1.3 Assignment populationnelle des bars rayés adultes sur les sites de reproduction

Depuis les premières évidences de reproduction naturelle du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent, le MFFP tente de documenter la contribution relative de la reproduction naturelle par rapport à la reproduction artificielle (ensemencements). Cet exercice s'est toutefois avéré impossible, étant donné qu'une majorité des bars rayés introduits étaient trop petits pour être munis de marques permettant de les distinguer des individus sauvages. Une avancée récente en sclérochimie permet maintenant l'utilisation des éléments chimiques du foyer de l'écaille des bars rayés pour distinguer l'origine des individus, qu'ils soient nés en milieu sauvage ou en pisciculture. Cette méthode permet aussi de distinguer les individus nés dans le fleuve Saint-Laurent de ceux nés dans la rivière Miramichi, au Nouveau-Brunswick, appartenant à la population de bars rayés du sud du golfe du Saint-Laurent.

Ainsi, il a été entrepris de documenter l'origine des bars rayés fréquentant les sites présumés de fraie du fleuve Saint-Laurent pour les années 2017 et 2018. Cette étude visait à distinguer les individus issus de la reproduction naturelle dans le fleuve de ceux issus de la reproduction artificielle à la station piscicole gouvernementale de Baldwin-Coaticook. Complémentairement, ces travaux permettaient également de savoir si des individus de la population du sud du golfe du Saint-Laurent, nés dans la rivière Miramichi, fréquentaient aussi les sites de fraie du fleuve Saint-Laurent.

Pour atteindre ces objectifs, des écailles ont été prélevées sur les spécimens capturés lors des inventaires visant le suivi de la fraie, à l'extrémité portuaire de la baie de Beauport et à l'embouchure de la rivière du Sud (pour plus de détails sur l'échantillonnage, voir la section

Pêches scientifiques au filet maillant à la p. 9). Afin de valider le taux de recapture par rapport au nombre d'individus ensemencés, 321 individus issus de 3 cohortes ont été échantillonnés au cours des périodes de fraie de 2017 et de 2018. Il s'agit des cohortes de 2012, 2013 et 2014. La ventilation du nombre d'individus échantillonnés par site, par année et par cohorte est présentée dans le Tableau 7.

Tableau 7 : nombre de bars rayés adultes échantillonnés en 2017 et en 2018 dans les sites de fraie, pour les cohortes 2012, 2013 et 2014.

Site et année d'échantillonnage	Cohorte			Total
	2012	2013	2014	
Rivière du Sud 2017	50	10	36	96
Rivière du Sud 2018	33	18	50	101
Beauport 2017	50	8	8	66
Beauport 2018	17	28	13	58
Total	150	64	107	321

La préparation des échantillons et les analyses de sclérochimie ont été menées à l'Université du Québec à Chicoutimi, par l'équipe du professeur Pascal Sirois, titulaire de la Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées. Une analyse de variance (ANOVA) des éléments chimiques obtenus du foyer de l'écaille a révélé que le manganèse (Mn) et le strontium (Sr) étaient de bons candidats pour discriminer les individus issus du fleuve Saint-Laurent et de la station piscicole de Baldwin-Coaticook, mais également ceux issus de la rivière Miramichi. Une analyse discriminante quadratique utilisant ces deux éléments chimiques chez des individus dont l'origine était connue a révélé un succès de reclassification égal ou supérieur à 96 %. Cette même analyse a donc été appliquée pour définir l'origine des 321 individus échantillonnés aux sites de fraie.

2.2 Capture d'œufs et de larves

À la suite des premières évidences de reproduction du bar rayé en milieu naturel, des inventaires ciblant la capture d'œufs et de larves ont été menés pour déterminer avec plus de précision les secteurs de fraie. L'échantillonnage d'œufs et de larves a été réalisé dans des secteurs où des bars rayés adultes en période propice à la fraie ont été observés de façon récurrente ou dans des secteurs où des jeunes de l'année avaient été capturés.

2.2.1 Inventaire de 2010 : estuaire moyen

Les méthodes de cet inventaire sont décrites en détail dans Morissette (2011). En 2010, l'ichtyoplancton a été échantillonné par chalutage du 31 mai au 4 juin par l'équipe du professeur Pascal Sirois de l'Université du Québec à Chicoutimi. Vingt-neuf stations ont été échantillonnées entre Montmagny et La Pocatière (Figure 10). Un filet à plancton de type Bongo, avec des mailles de 333 µm et une ouverture de 50 cm a été utilisé. Un débitmètre était installé à même

le filet. Toute la colonne d'eau a été échantillonnée par des traits de filets selon un profil oblique, et ce, de 1 m du fond jusqu'à la surface. Les échantillons capturés ont été conservés dans l'éthanol 95 % (voir Morissette [2011] pour plus de détails). Certains paramètres physico-chimiques tels que la température de l'eau, la salinité et la turbidité ont été mesurés pour vérifier s'il existait un lien entre la présence des jeunes bars rayés et les conditions du milieu.

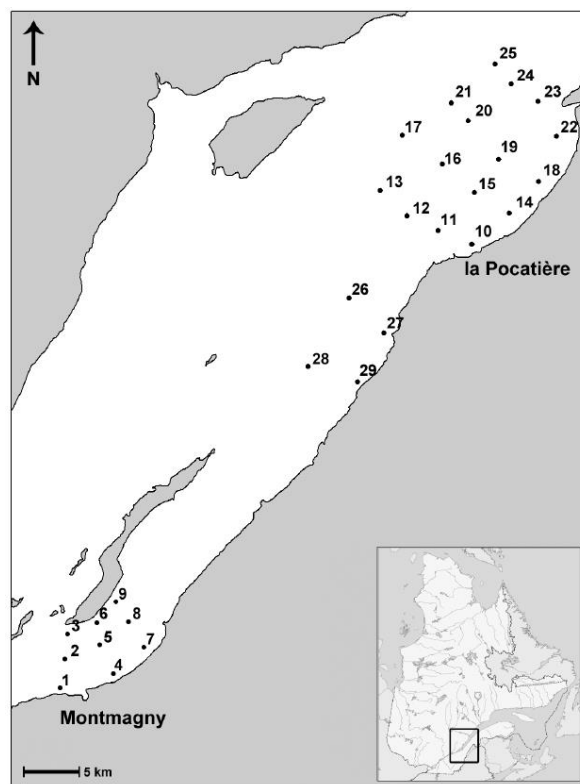


Figure 10 : Stations échantillonnées par chalutage en 2010. Tirée de Morissette (2011).

Les larves de moronidés ont été triées en laboratoire sous un microscope binoculaire et identifiées à l'espèce selon des caractéristiques morphologiques décrites dans la littérature scientifique (Mansueti, 1958; Wang et Kernehan, 1979). Puisque les larves de moronidés sont morphologiquement semblables aux jeunes stades de vie et que des doutes raisonnables subsistent quant à la capacité de distinguer avec certitude les espèces (Auer, 1982), un sous-échantillon de larves a été soumis à une validation génétique utilisant l'ADN mitochondrial. De plus, les otolithes de 15 larves de bars rayés ont été prélevés afin d'estimer l'âge des larves et de rétrocalculer la date de leur éclosion.

2.2.2 Inventaire de 2011 : estuaire moyen

En 2011, l'ichtyoplancton a été échantillonné par chalutage dans une zone s'étendant entre l'île d'Orléans et Rivière-Ouelle. Cet échantillonnage visait à confirmer l'existence d'une frayère active à l'embouchure de rivière du Sud par la capture d'œufs et de larves de bars rayés.

En tout, 149 stations ont été échantillonnées du 6 juin au 2 août 2011 en zone intertidale à une profondeur moyenne de 3,3 m (écart-type = 1,7 m; Figure 11). Pour ce faire, un chalut pélagique d'une ouverture de 1 m de diamètre et d'un maillage de 500 µm a été utilisé. Un débitmètre était

installé sur le filet utilisé. Puisque seule la zone intertidale était échantillonnée, des traits horizontaux ont été menés près de la surface. Les échantillons capturés ont été conservés dans l'éthanol 95 %. Certains paramètres physico-chimiques tels que la température, la conductivité, la salinité et la turbidité ont été mesurés.

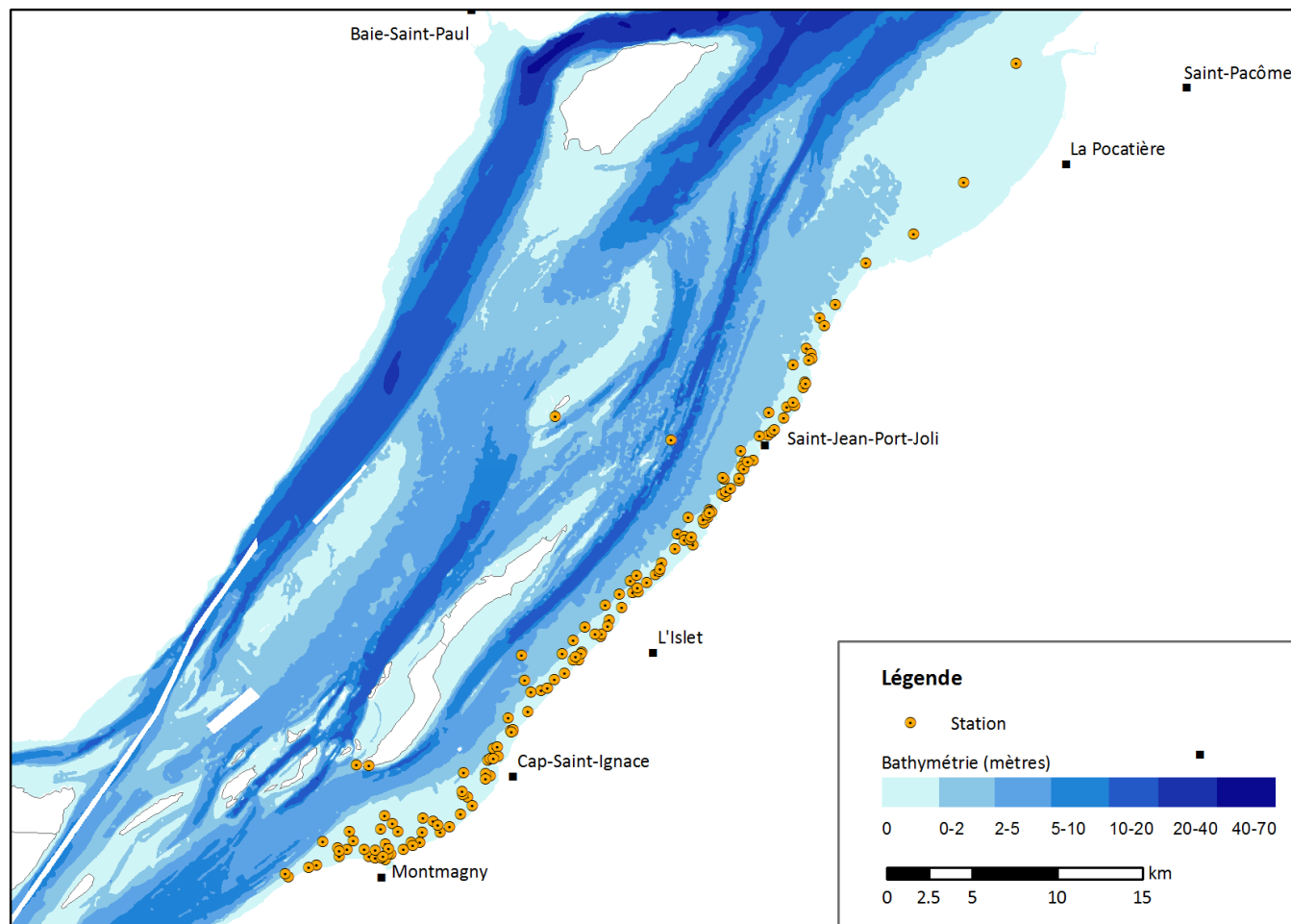


Figure 11 : Stations échantillonnées par chalutage de juin à août 2011.

Les œufs et les larves capturés ont été triés en laboratoire sous un microscope binoculaire et répartis en 10 classes selon des critères morphologiques. Un sous-échantillon de ces classes a été traité en laboratoire pour identification à l'espèce.

2.2.3 Inventaire de 2014 : secteur de Trois-Rivières à Kamouraska

Les méthodes de cet inventaire sont décrites en détail dans Vanalderweireldt (2019). En 2014, l'ichtyoplancton a été échantillonné par chalutage à 54 stations au cours de 3 périodes, soit du 4 au 8 juin, du 12 au 17 juin et du 21 au 28 juin 2014 par l'équipe du professeur Pascal Sirois de l'UQAC en collaboration avec le MFFP (Figure 12). Les stations échantillonnées étaient localisées sur les deux rives du fleuve Saint-Laurent entre Trois-Rivières et Kamouraska et incluaient des stations situées autour de l'île d'Orléans et de l'île aux Grues. Un filet à plancton de type Bongo, avec des mailles de 333 µm et une ouverture de 50 cm a été utilisé. Un débitmètre était installé sur le filet utilisé. La colonne d'eau a été échantillonnée par traits de

filets selon un profil oblique, et ce, de la surface jusqu'à 5 m de profondeur. Les échantillons capturés ont été conservés dans l'éthanol 95 %.

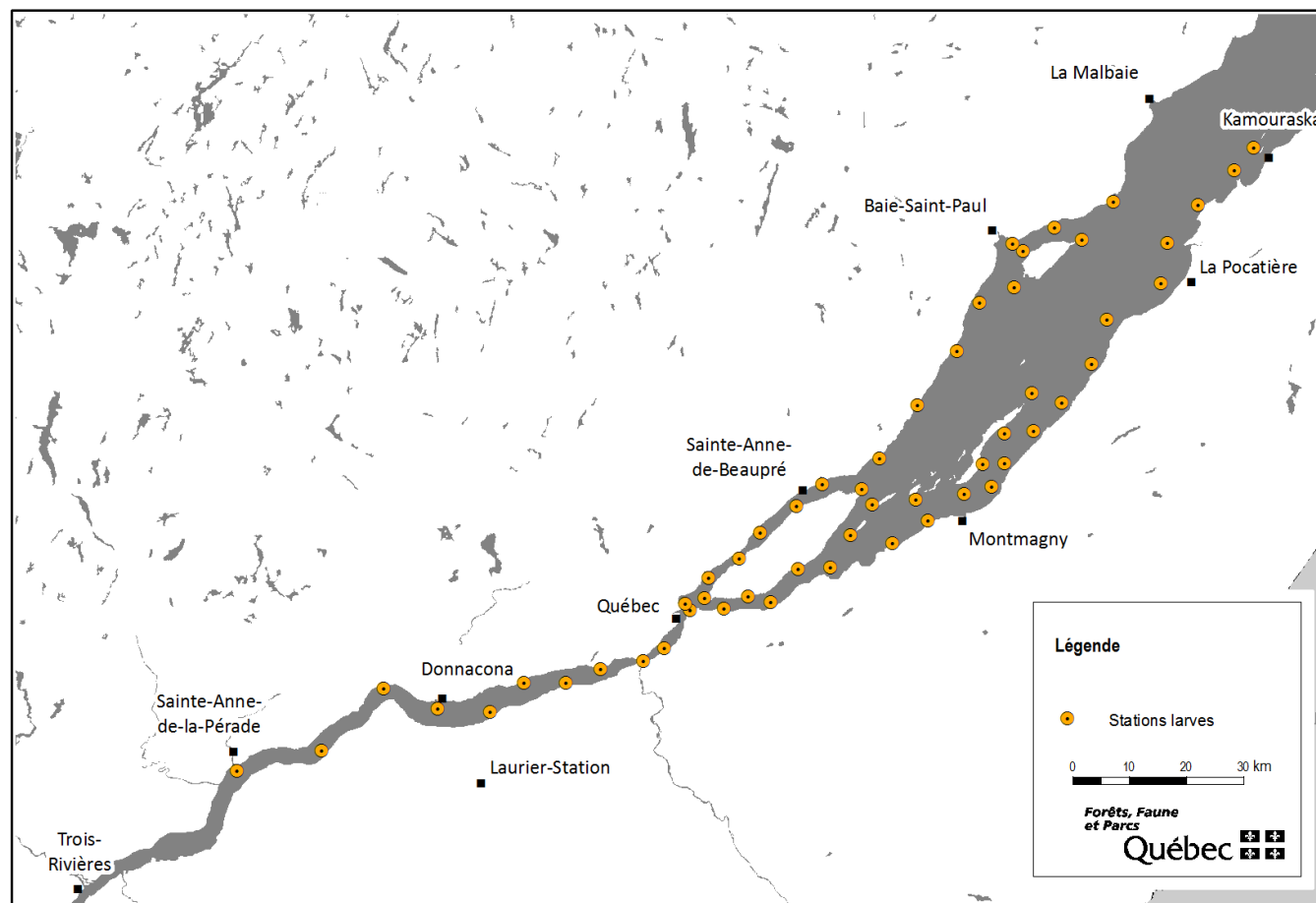


Figure 12 : Stations échantillonnées par chalutage en juin 2014.

Les larves ont d'abord été identifiées en laboratoire sous un microscope binoculaire, selon des critères morphologiques (Pearson, 1938; Auer, 1982; Waldman et coll., 1999). L'identification de toutes les larves de bars rayés a été validée par une approche génétique.

2.2.4 Inventaire de 2016 : secteur de Québec

En 2016, l'ichtyoplancton a été échantillonné dans le secteur de la baie de Beauport et du chenal nord de l'île d'Orléans (Figure 13). L'échantillonnage visait exclusivement à intercepter les œufs et les larves à la dérive et à confirmer l'utilisation du secteur de l'extrémité portuaire à des fins de reproduction par les bars rayés matures. Aucune mesure de densité de larves par mètre cube d'eau n'a été effectuée et, dans ce contexte, aucun résultat associé à des densités de larves n'est présenté. De plus, l'effort d'échantillonnage était limité, se traduisant par un échantillonnage tous les deux jours, à raison d'un seul trait de filet à plancton par station.

Neuf stations fixes ont été échantillonnées à quatre reprises du 1^{er} au 7 juin 2016, dans le secteur immédiat de la baie de Beauport et à l'entrée des chenaux nord et sud de l'île d'Orléans. Une station supplémentaire a été échantillonnée dans le secteur immédiat de l'extrémité

portuaire à chacune des sorties (coordonnées géographiques différentes pour chaque sortie), pour un total de 13 stations géographiquement distinctes. L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'un filet à plancton de 1 m de diamètre et d'une taille de maille de 500 µm. Toute la colonne d'eau a été échantillonnée par traits de filets selon un profil oblique, et ce, d'environ 1 m du fond jusqu'à la surface. Les échantillons capturés ont été conservés dans l'éthanol 95 %.

En laboratoire, un premier tri visant à séparer les œufs des larves a été effectué sous un microscope binoculaire. Tous les œufs capturés ont été analysés génétiquement pour en identifier l'espèce. En ce qui concerne les larves, une première identification selon des critères morphologiques a été effectuée pour identifier les individus appartenant à la famille des moronidés. L'identification de l'ensemble de ces individus a par la suite été effectuée par analyses génétiques. À ces individus ont été ajoutées les larves dont l'état ou l'apparence ne permettait pas d'exclure qu'il s'agissait de moronidés (p. ex., larve abimée). Puisque l'analyse génétique ne ciblait que les moronidés, les résultats de cet inventaire ne sont pas représentatifs de la communauté ichtyoplanctonique et doivent donc être traités en conséquence.

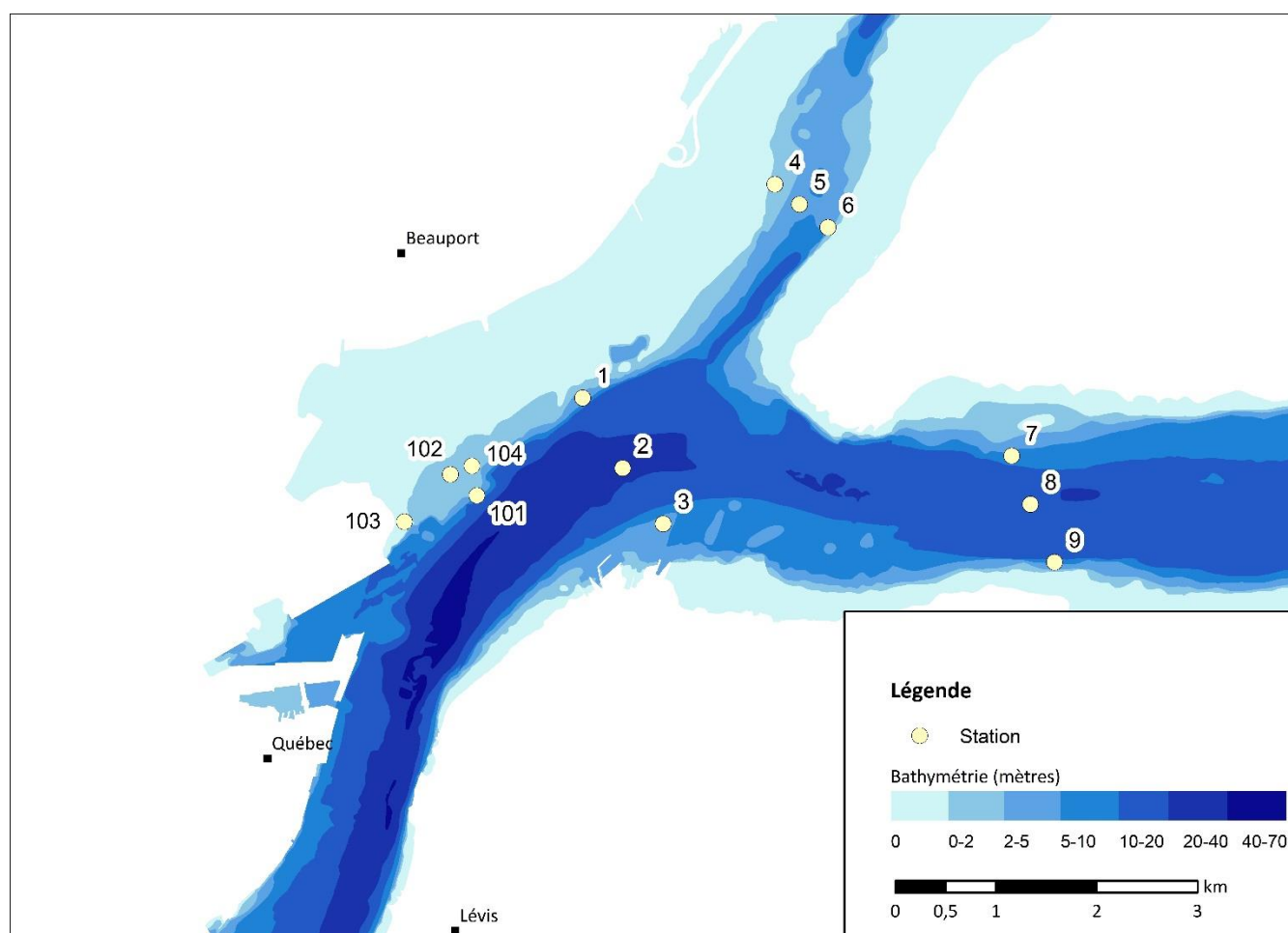


Figure 13 : Stations échantillonnées par chalutage dans la région de Québec en 2016.

2.2.5 Inventaire de 2016 : secteur de Bécancour

Un suivi du recrutement a été mené par la communauté de Wôlinak. Les méthodes de cet inventaire sont décrites en détails dans le rapport publié par le bureau Environnement et terre de Wôlinak (2018). Afin de déterminer si le bar rayé s'était reproduit dans le secteur de l'embouchure de la rivière Bécancour, un échantillonnage visant la capture de jeunes larves de bars rayés a été effectué à l'aide de filets de dérive et de traits de filet à plancton par l'équipe du bureau Environnement et terre de Wôlinak. Les travaux sur le terrain ont eu lieu du 2 au 18 juin 2016, alors que la température de l'eau variait de 14 et 22 °C.

Deux filets de dérive mesurant 0,5 m de diamètre, 1,5 m de longueur avec des mailles de 500 µm ont été déployés de chaque côté de l'île à Piché (Figure 14). Les filets ont été posés à 1,5 m de la surface de l'eau et levés toutes les 24 heures.

En plus des filets de dérive, trois transects ont été échantillonnés à l'aide d'un filet à plancton de 0,75 m de diamètre et muni d'un débitmètre (Figure 14). Le filet à plancton était posé à environ 2 m sous la surface et les virées étaient échantillonnées en alternance jusqu'à trois fois au cours d'une même période d'échantillonnage.

Tous les échantillons capturés ont été transférés dans de l'éthanol 95 % pour être analysés en laboratoire. Un premier tri des échantillons a été effectué en laboratoire sous un microscope binoculaire afin d'en extraire les œufs et les larves de poissons. Le rapport du bureau Environnement et terre de Wôlinak (2018) ne précise pas si les spécimens ont par la suite été identifiés morphologiquement ou génétiquement.

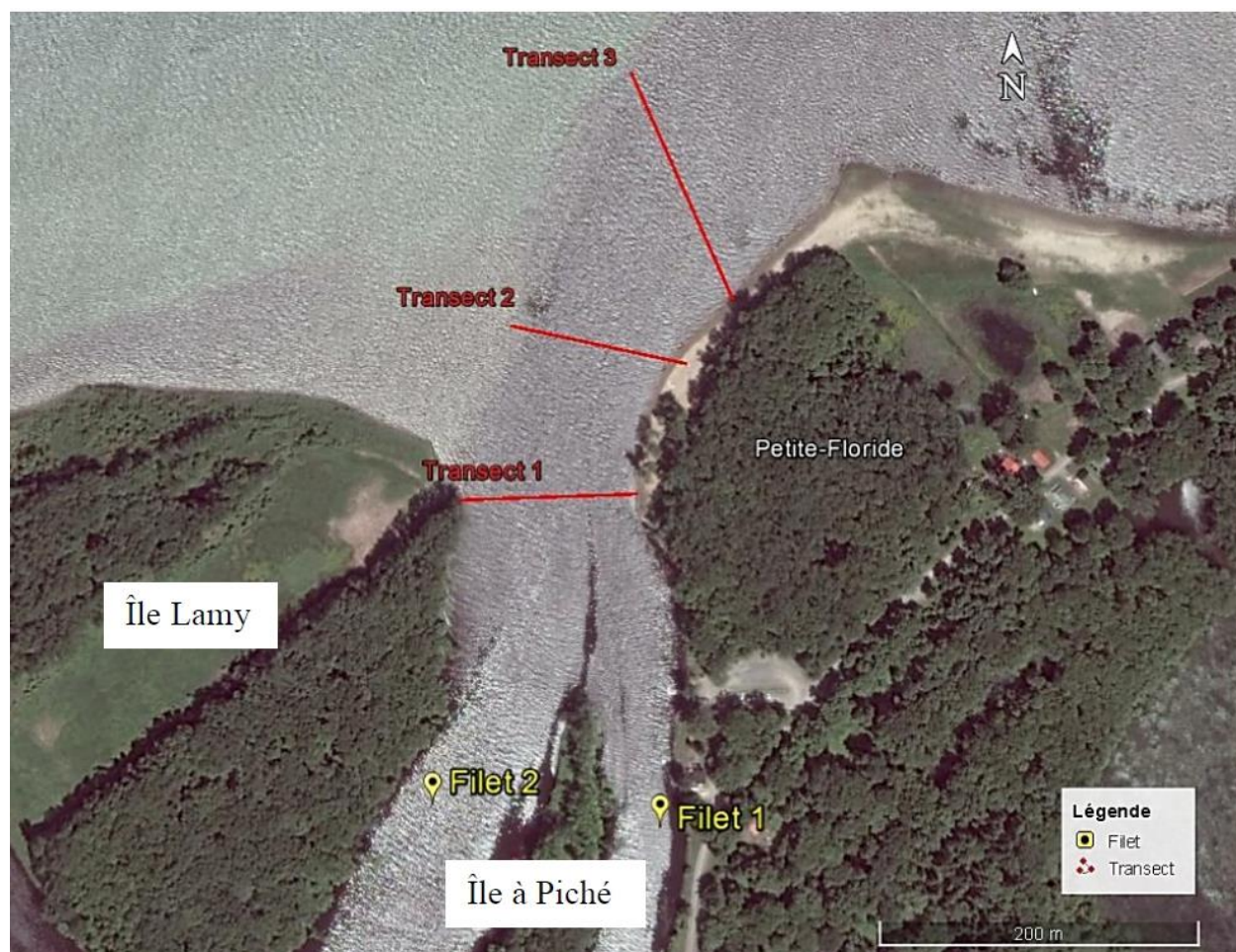


Figure 14 : Localisation des stations échantillonnées lors du suivi de la dérive larvaire à l'embouchure de la rivière Bécancour. Tirée du bureau Environnement et terre de Wôlinak (2018).

2.3 Captures de jeunes de l'année

2.3.1 Réseau de suivi ichthyologique des poissons d'eau douce du Québec, volet seine de rivage : 1995-2018

Les méthodes de cet inventaire sont décrites en détail dans La Violette et coll. (2003). En place depuis 1995, ce réseau vise à suivre l'état des communautés de poissons du fleuve Saint-Laurent et de ses tributaires de façon standardisée (La Violette et coll., 2003). Ce suivi couvre plusieurs secteurs s'étendant du lac Saint-François à Québec (Figure 15). Le secteur s'étendant de Grondines à Québec n'est plus échantillonné depuis 2007. La communauté du littoral est échantillonnée à l'aide d'une seine de rivage de 4 m de hauteur, de 12,5 m de longueur et possédant des mailles de 3,0 mm. Elle est munie d'une poche centrale de 1,22 m de diamètre et de 1,52 m de longueur. L'échantillonnage est réalisé de la fin du mois d'août jusqu'au début du mois de septembre. La fréquence d'échantillonnage de chaque secteur varie et est adaptée aux enjeux fauniques propres à chaque secteur.

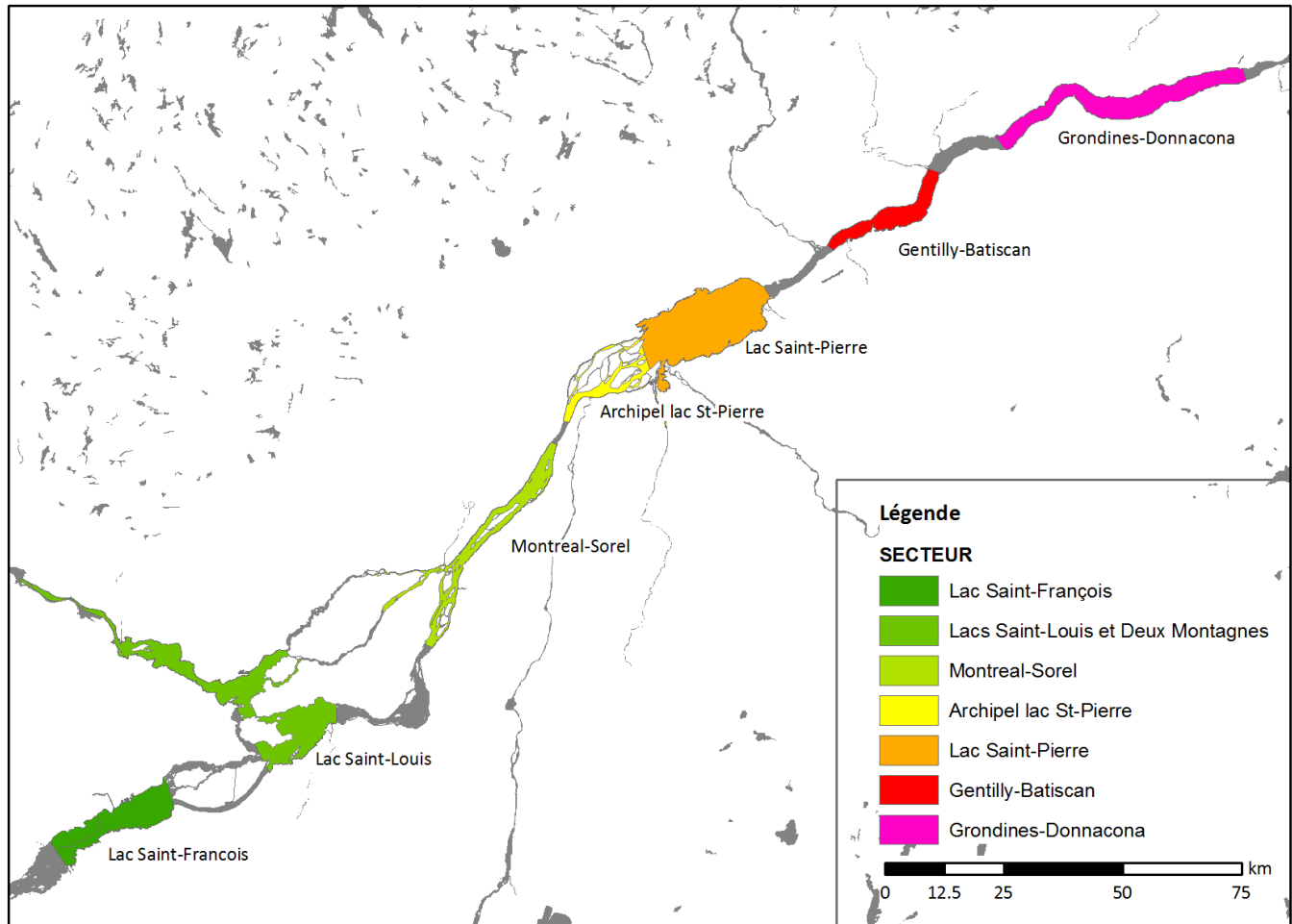


Figure 15. Secteurs ciblés par le Réseau de suivi ichthyologique. Les secteurs en gris ne font pas partie du réseau.

2.3.2 Réseau de suivi du recrutement des chevaliers : 1999-2018

Les méthodes de cet inventaire sont décrites en détail dans Vachon (1999, 2010). Depuis 1999, un suivi du recrutement des chevaliers est en place dans la rivière Richelieu, dans le secteur de Saint-Marc. En 2008, le secteur situé en aval du barrage de Saint-Ours a été ajouté. Autant que possible, ces secteurs sont échantillonnés annuellement pendant les deux dernières semaines du mois de septembre. Une seine de rivage de 12 m de longueur, de 1,5 m de hauteur aux extrémités, de 3,4 m de hauteur au centre et de mailles étirées de 2 mm est utilisée. Le secteur de Saint-Marc comprend 40 stations réparties sur un tronçon d'environ 5 km de rivière, y compris les îles aux Cerfs et Jeannotte. Le secteur de Saint-Ours comprend 24 stations réparties sur un tronçon de 20 km de rivière (Figure 16). La majorité des spécimens capturés ont été préservés dans une solution de formol 10 %. Les individus sont identifiés en laboratoire selon des critères morphologiques.

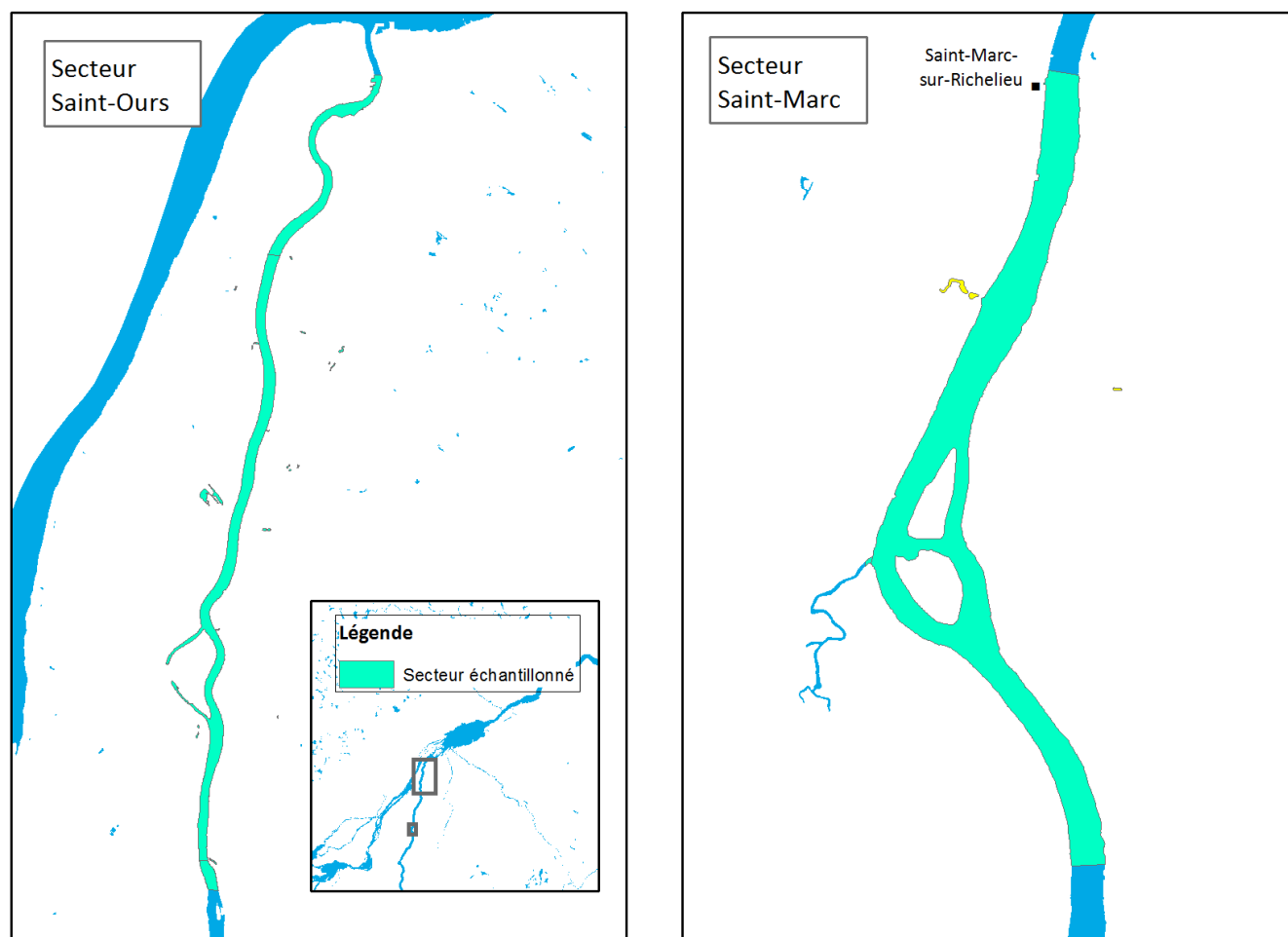


Figure 16 : Localisation des secteurs échantillonnés à la seine dans le cadre du réseau de suivi des chevaliers dans la rivière Richelieu.

2.3.3 Recherche de jeunes bars rayés dans l'estuaire du Saint-Laurent : 2011

En 2011, en plus du chalutage visant la capture d'œufs et de larves (voir section précédente), le MFFP a procédé à des inventaires visant la capture de jeunes bars rayés de l'année en zone littorale à l'aide de seines de rivage (Côté, 2012). Vingt-sept stations réparties entre l'île d'Orléans et Kamouraska ont été échantillonnées du 3 août au 7 septembre (Figure 17). La seine mesurait 4 m de hauteur sur 12,5 m de longueur, avec des mailles de 6,4 mm, et elle était munie d'une poche. Lorsque possible, les captures étaient identifiées à l'espèce et dénombrées sur place avant d'être relâchées. Dans les cas d'identifications plus complexes, les captures étaient conservées sur de la glace et identifiées à l'état frais en laboratoire.

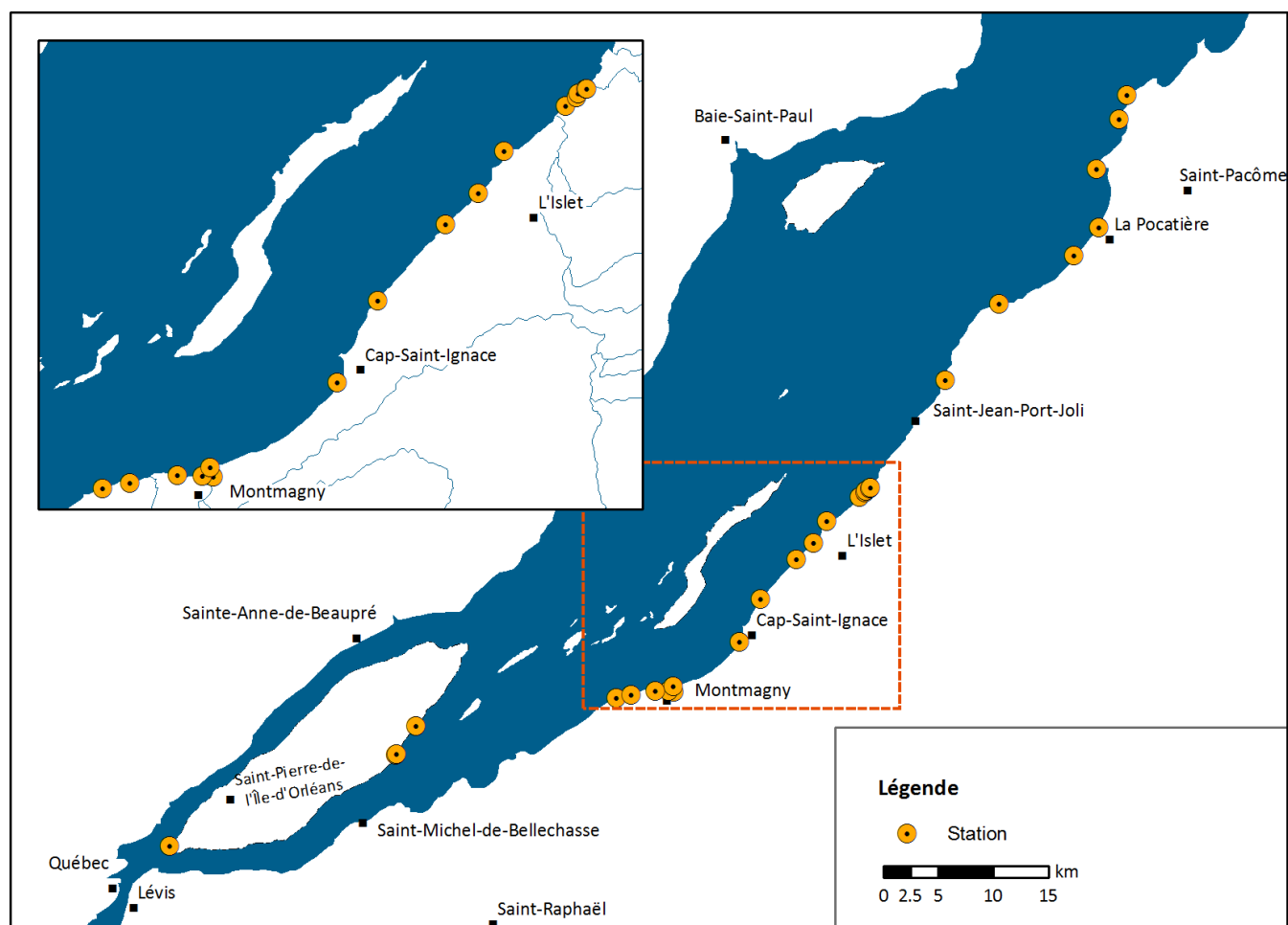


Figure 17 : Localisation des 27 stations échantillonnées à la seine de rivage du 3 août au 7 septembre 2011.

2.3.4 Travaux de démarrage du réseau de suivi de l'abondance des jeunes de l'année : 2012

Les méthodes de cet inventaire sont décrites en détail dans Pelletier (2013). Ce projet, mené en 2012, visait la mise sur pied d'un réseau de suivi de l'abondance des jeunes de l'année du bar rayé. Initialement, il était prévu d'échantillonner à la seine de rivage 152 stations, systématiquement réparties tous les 5 km dans l'estuaire fluvial et l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Le territoire échantillonné s'étendait de Bécancour à Rivière-du-Loup sur la rive sud et de Trois-Rivières à La Malbaie sur la rive nord (Figure 18). Compte tenu des caractéristiques hydrologiques et de la configuration des berges d'un secteur à un autre, le territoire échantillonné a été divisé en quatre zones délimitées selon l'effet des marées, le degré de salinité et la végétation de rivage dominante.

L'échantillonnage a été effectué à trois reprises, soit en juillet (152 stations), en août (106 stations) et en septembre (145 stations). L'engin d'échantillonnage utilisé était une seine de 4 m de hauteur sur 12,5 m de longueur, avec des mailles de 6,4 mm, munie d'une poche.

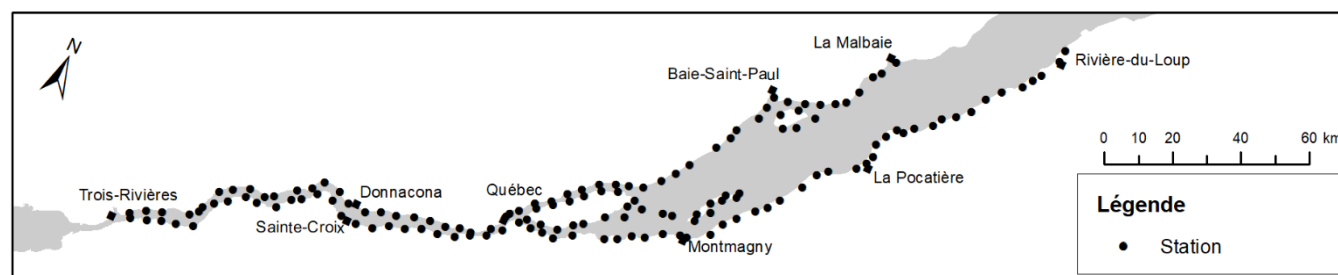


Figure 18 : Localisation des 152 stations échantillonnées en 2012 à la seine de rivage entre Trois-Rivières et Rivière-du-Loup. Tirée de Pelletier (2013).

Plusieurs paramètres associés à l'habitat ont été mesurés, notamment la température, la salinité et la conductivité de l'eau. Les poissons capturés étaient soit identifiés et mesurés directement sur le terrain ou conservés dans l'éthanol 95 %. Les spécimens conservés dans l'éthanol ont été dénombrés et identifiés à l'espèce selon des critères morphologiques. L'identification de toutes les larves de moronidés mesurant moins de 17 mm a été validée par des analyses génétiques.

Les jeunes de l'année capturés en septembre ont été utilisés dans le cadre d'un projet de recherche réalisé par l'équipe du professeur Pascal Sirois de l'UQAC en collaboration avec le MFFP. Ce projet visait à décrire l'utilisation de l'habitat par les jeunes bars rayés de l'année. Une approche utilisant la chimie des otolithes a été utilisée pour décrire l'utilisation de l'habitat. Des captures non ciblées de jeunes bars rayés par des pêcheurs commerciaux en 2011 ont achevé l'échantillonnage. L'échantillonnage et les analyses propres à ce projet sont présentés dans Morissette et coll. (2016).

2.3.5 Projet de recherche sur l'habitat des jeunes bars rayés de l'année et les stratégies de migration : 2011-2012

La méthodologie de ce projet est présentée en détail dans Morissette et coll. (2016). Ce projet, réalisé par l'équipe du professeur Pascal Sirois de l'UQAC en collaboration avec le MFFP visait à évaluer les mouvements migratoires des jeunes bars rayés et de répertorier des contingents migratoires chez les jeunes stades de vie du bar rayé du fleuve Saint-Laurent en utilisant la chimie des otolithes.

Pour ce faire, 118 jeunes bars rayés ont été échantillonnés. Les jeunes bars rayés provenaient de différentes sources d'échantillonnage, en particulier des captures accidentelles provenant des pêches commerciales à l'anguille et des inventaires effectués à la seine de rivage par le MFFP en 2011 et en 2012 (décrits dans les sections précédentes, se référer aux pages 41 et 42). En 2011, 54 bars rayés âgés d'un an ont été échantillonnés de juin à novembre à 9 sites différents de l'estuaire du Saint-Laurent, dont 2 en amont du front salin et 7 en aval de celui-ci (Figure 19). En 2012, 64 jeunes bars rayés de l'année ont été échantillonnés en septembre à 18 sites différents, dont 7 en amont du front salin et 11 en aval de celui-ci (Figure 19). Tous les poissons capturés ont été mesurés (longueur totale) et l'âge a été déterminé à partir des écailles.

Les otolithes prélevés chez les jeunes bars rayés ont été traités en laboratoire pour évaluer leur composition chimique. Pour tous les individus échantillonnés, un tracé passant du cœur à la marge des otolithes a été effectué par spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif

avec ablation au laser (LA-ICP-MS). Le noyau des otolithes a aussi été analysé afin d'évaluer l'habitat de naissance des jeunes bars rayés.

Le gradient des éléments chimiques du fleuve Saint-Laurent, selon son axe longitudinal, permet de reconstruire les mouvements migratoires des espèces qui s'y déplacent. La signature chimique (empreinte élémentaire) de l'otolithe obtenue pour chaque jeune bar rayé a ainsi permis de reconstruire leur parcours migratoire dans le fleuve Saint-Laurent, en se basant sur les concentrations de quatre éléments (magnésium [Mg], manganèse [Mn], strontium [Sr] et baryum [Ba]).

Une analyse de fenêtre mobile (*split-moving window analysis*) a d'abord été utilisée pour déterminer les transitions entre des empreintes élémentaires similaires. Par la suite, une analyse de fonction discriminante a été menée pour préciser à quels habitats (eau douce, oligohalin et mésohalin) ses empreintes s'apparentaient, donc les habitats fréquentés par les jeunes bars rayés durant leur vie. Conjointement, ces deux analyses ont permis d'assigner les individus à différents contingents migratoires, en plus de permettre d'estimer le temps passé dans chacun des habitats de l'estuaire.

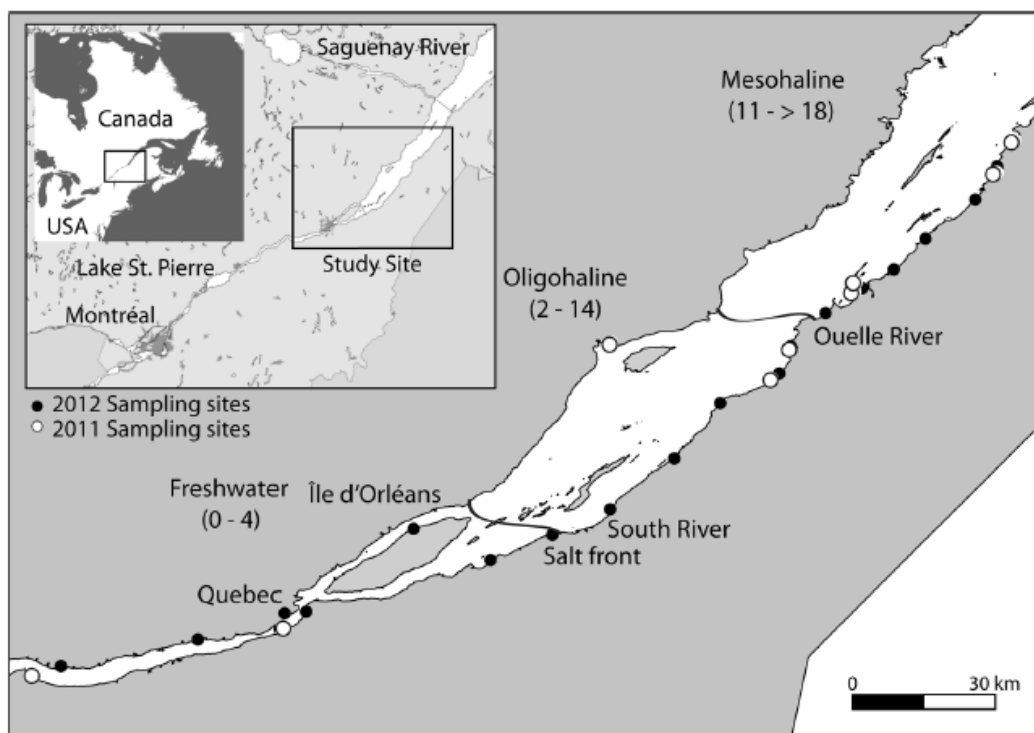


Figure 19 : Sites d'échantillonnage des jeunes bars rayés en 2011 (cercles blancs) et 2012 (cercles noirs). Les lignes représentent les limites des habitats définies selon les taux de salinité. Les noms des habitats ainsi que les taux de salinité leur étant associés sont indiqués. Tirée de Morissette et coll. (2016)

2.3.6 Projet de recherche sur l'habitat des jeunes bars rayés de l'année : 2014

Les méthodes de cet inventaire sont décrites en détail dans Vanalderweiredlt (2019). Ce projet, réalisé par l'équipe du professeur Pascal Sirois de l'UQAC en collaboration avec le MFFP visait à décrire les habitats pélagiques du fleuve Saint-Laurent et à en caractériser l'utilisation par les jeunes bars rayés de l'année. Pour le volet portant sur les jeunes de l'année, après que ces derniers ont migré dans le milieu littoral, trois périodes d'échantillonnage ont été ciblées, soit du

7 au 16 juillet, du 8 au 12 août et du 8 au 22 septembre 2014. L'échantillonnage du 22 septembre a été réalisé dans le cadre des activités courantes du suivi du recrutement du bar rayé mené par le MFFP (voir description p. 46).

En juillet, 43 stations ont été échantillonnées à l'aide d'une seine de rivage mesurant 4 m de hauteur sur 12,5 m de longueur, avec une taille de maille de 3,2 mm. Pour les échantillonnages d'août et de septembre, une seine mesurant 1,8 m de hauteur sur 15 m de longueur et possédant des mailles de 9,5 mm sur les ailes et de 6 mm dans la poche centrale a été employée. En août, 44 stations ont été échantillonnées (Figure 20), alors que 100 stations ont été échantillonnées en septembre (Figure 22). Les poissons capturés en juillet et août ont été congelés directement sur place à l'aide de glace sèche, puis transférés dans de l'éthanol 95 % en laboratoire. Les poissons capturés en septembre ont été directement conservés dans l'éthanol 95 %.

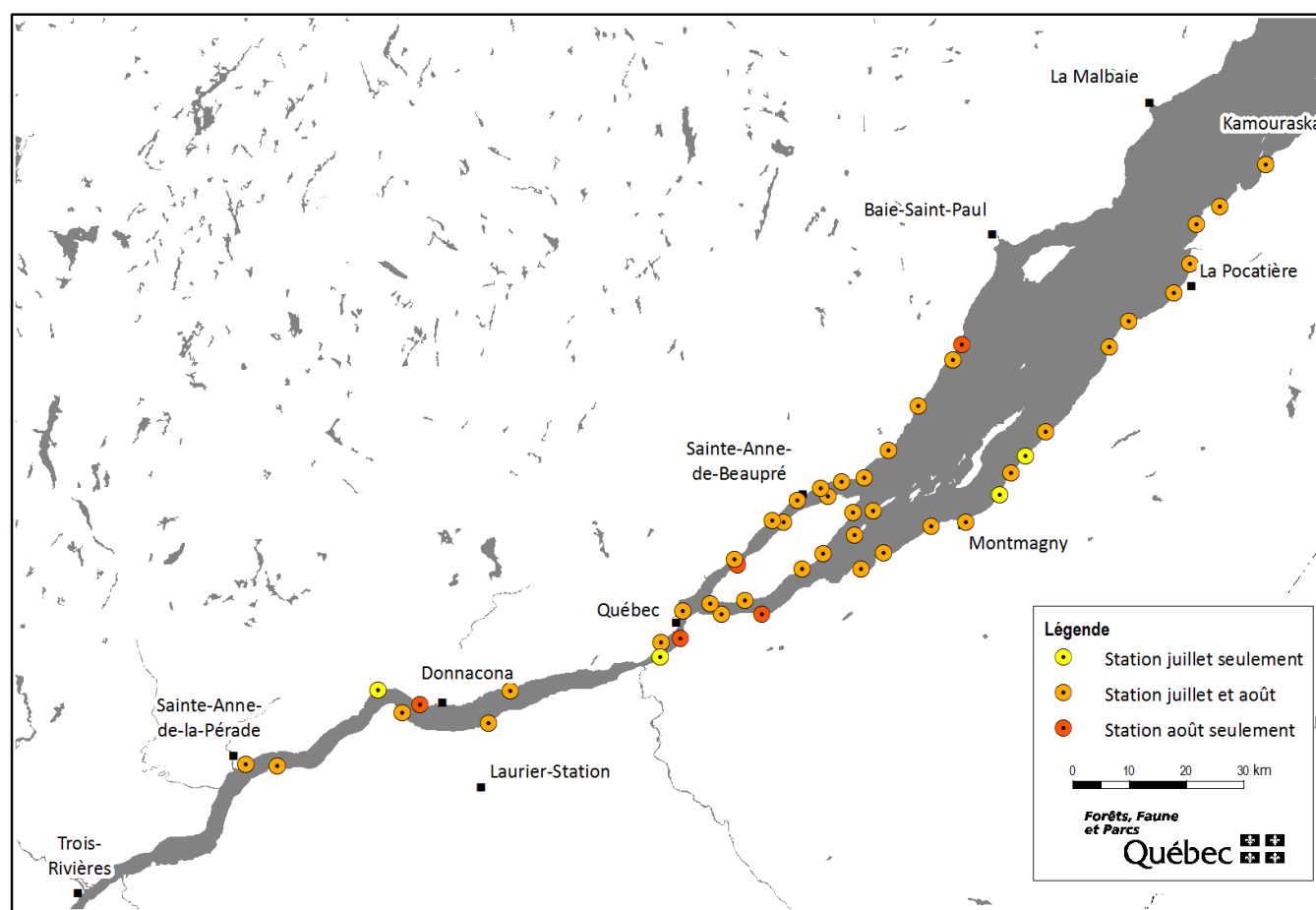


Figure 20 : Localisation des stations échantillonnées en juillet et août 2014 à la seine de rivage entre Sainte-Anne-de-la-Pérade et Kamouraska.

Les poissons capturés ont été identifiés en laboratoire sous un microscope binoculaire selon des critères morphologiques. Compte tenu de la présence du baret, des analyses génétiques ont été effectuées pour confirmer l'identification de tous les bars rayés.

2.3.7 Suivi de l'abondance des jeunes de l'année du bar rayé à l'embouchure de la rivière Bécancour et dans le secteur de Trois-Rivières : 2016

En 2016, le bureau Environnement et terre de Wôlinak a mené des inventaires à la seine de rivage dans un secteur compris entre le pont Laviolette et la ville de Gentilly afin de confirmer si des jeunes bars rayés de l'année y vivaient. Les méthodes de cet inventaire sont décrites en détail dans le rapport du bureau Environnement et terre de Wôlinak (2018). L'échantillonnage a été effectué à 23 stations, au cours de quatre séances se déroulant du mois de juillet au mois d'août (Figure 21). Deux types de seines ont été utilisés. Durant la séance de juillet, une seine de 2 m de hauteur sur 12 m de longueur a été utilisée. Au cours des séances suivantes, une seine de 2 m de hauteur sur 20 m de longueur a été utilisée. Dans les deux cas, la dimension des mailles était de 3 mm pour les ailes et de 2 mm pour la poche. La poche mesurait 1,5 m de hauteur sur 1 m de largeur.

Les captures étaient identifiées à l'espèce et dénombrées, puis remises à l'eau. Dans les cas où les captures étaient trop abondantes, un sous-échantillon était conservé dans une solution de formaldéhyde à 10 % et l'estimation de l'abondance était effectuée en laboratoire.

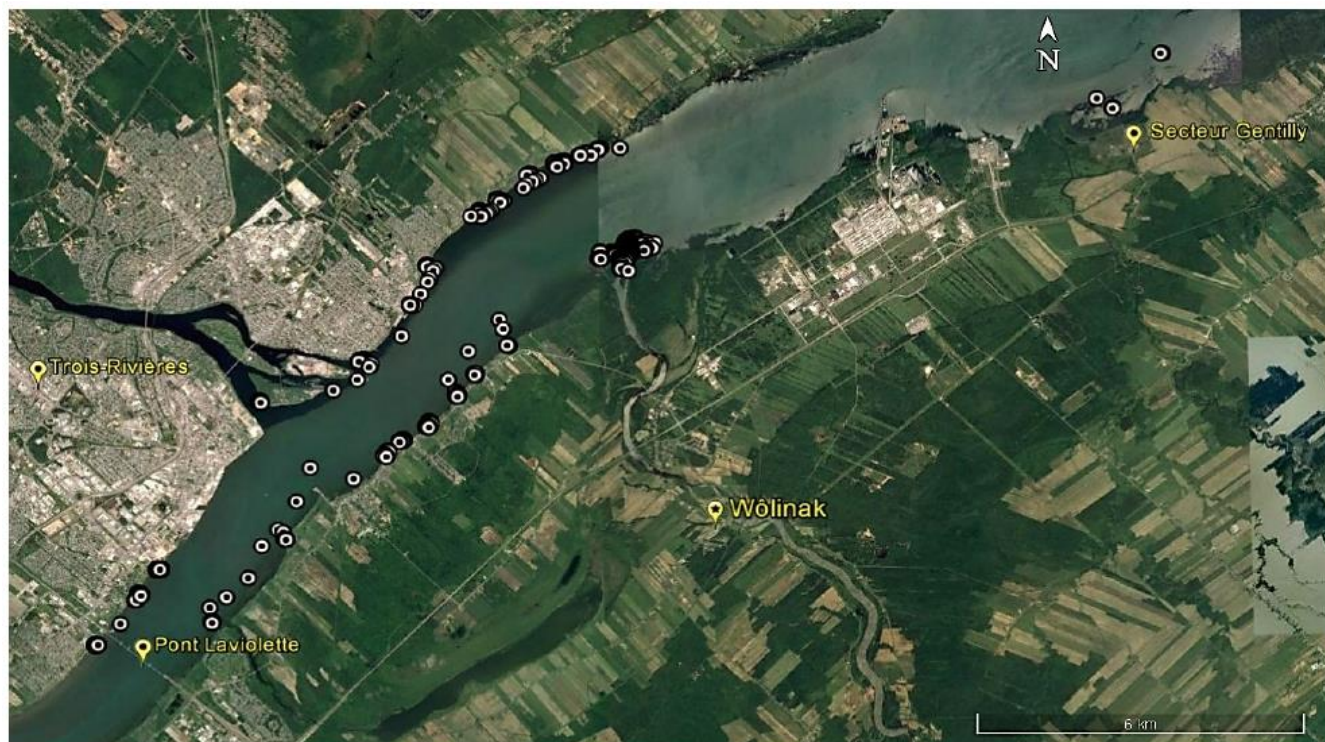


Figure 21 : Localisation des 23 stations échantillonnées en 2016 à la seine de rivage entre le pont Laviolette et la ville de Gentilly. Tirée du bureau Environnement et terre de Wôlinak (2018).

2.3.8 Réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés de l'année : 2013-2018

Depuis 2013, le MFFP a mis en place un suivi standardisé afin de développer des indices permettant d'étudier les variations d'abondance des jeunes bars rayés de l'année. Cent stations ont été sélectionnées en fonction de leurs caractéristiques physiques afin que l'échantillonnage à la seine soit le plus efficace possible et reproductible d'une année à l'autre. La sélection des sites a été réalisée à la suite du projet de démarrage de 2012 et a été basée sur les critères

suivants : faible granulométrie, faible densité de végétation et pente moyenne (Pelletier, 2013). Tous les sites sont échantillonnés à la même période, soit du 5 au 25 septembre, toujours dans les mêmes conditions de marée.

Une seine spécialement adaptée à cet inventaire est utilisée. Elle est fabriquée en polypropylène noir, elle a une hauteur de 1,8 m, une longueur de 15 m et est munie d'une poche centrale de 1,5 m de hauteur, de 1,1 m de largeur et de 0,6 m de profondeur. Les mailles mesurent 0,95 cm dans les ailes et 0,63 cm dans la poche. À chaque extrémité de la seine sont fixées deux cordes de 12,5 m, afin de capturer les poissons directement de la berge.

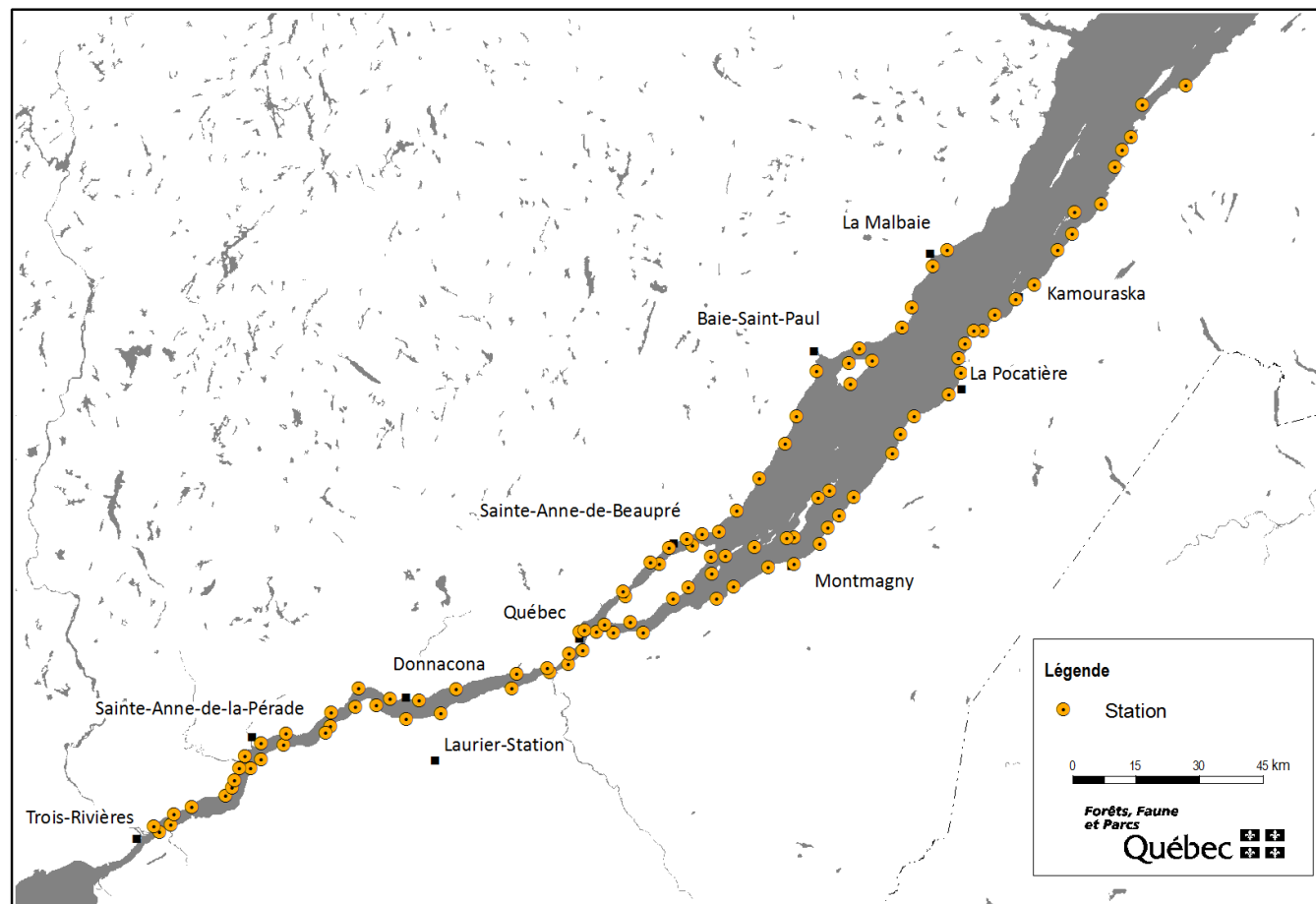


Figure 22 : Localisation des 100 stations échantillonnées depuis 2013 dans le cadre du réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés de l'année, entre Trois-Rivières et Rivière-du-Loup.

Les stations sont échantillonnées à raison d'un seul coup de seine. Les poissons mesurant environ 150 mm et plus, et pour lesquels l'identification selon des critères morphologiques est évidente, sont identifiés, mesurés et remis à l'eau sur-le-champ. Les poissons de plus petite taille sont conservés dans l'éthanol 95 % ou traités directement sur le terrain. Compte tenu de la situation précaire du bar rayé, il a été établi qu'un maximum de 15 juvéniles par station était conservé afin de procéder à un traitement complet en laboratoire. Si plus de 15 jeunes bars rayés de l'année sont capturés, chaque individu est mesuré et relâché sur-le-champ. Tous les poissons conservés dans l'éthanol sont identifiés à l'espèce selon des critères morphologiques. Au besoin, l'identification des spécimens est validée par des analyses génétiques (p. ex.,

moronidés de petite taille ou spécimens dégradés). La taille (LTmax et LF) et la masse sont mesurées pour tous les spécimens traités en laboratoire.

Le nombre de jeunes de l'année (âge 0+) capturés par station a été analysé à l'aide d'un modèle linéaire généralisé à effets mixtes (GLMM), puisque les données étudiées comportaient des mesures répétées aux mêmes 100 stations visitées chaque année. Comme la variable réponse correspondait à une donnée de compte (valeur discrète : 0, 1, 2, ..., 193), une famille de distribution binomiale négative de type 2 a été utilisée. La variable indépendante d'intérêt était l'« année ». Elle a d'abord été incluse en tant que facteur fixe catégorique, alors que la variable « station » a été incluse en tant que facteur aléatoire. Cette étape visait à tenir compte de la possibilité de non-indépendance de la variabilité observée à chacune des stations (c.-à-d. certaines stations capturent, en moyenne, plus de jeunes de l'année que d'autres d'une année à l'autre). Le *package* glmmTMB du logiciel statistique R a été utilisé pour effectuer les analyses. Étant donné que 39 des 100 stations n'ont jamais capturé un jeune de l'année durant les 6 années, un modèle *zero-inflated* GLMM (ZIGLMM) a été testé afin de vérifier s'il s'ajustait mieux aux données observées de captures que le GLMM décrit précédemment. Finalement, un modèle linéaire généralisé (GLM, effet fixe seulement) a aussi été testé à l'aide du *package* MASS et de la fonction *glm.nb* afin de le comparer aux deux autres modèles. La valeur de l'*Akaike Information Criterion* issue de chaque modèle (GLM, GLMM et ZIGLMM) a été utilisée afin d'évaluer le modèle le mieux soutenu selon les données et le nombre de variables considérées (principe de parcimonie). Selon cette approche, plus la valeur de l'AIC d'un modèle est faible, meilleure est son ajustement aux données observées par rapport aux autres modèles. Les coefficients obtenus à partir du modèle retenu ont ensuite servi à calculer les valeurs prédites.

3 Résultats

3.1 Suivi des bars rayés adultes

3.1.1 État de référence de la faune aquatique et de ses habitats dans le secteur du pont de l'île d'Orléans — 2012 et 2013

Les pêches effectuées avec des filets expérimentaux en 2012 et 2013 dans le secteur du pont de l'île d'Orléans ont permis la capture de 12 bars rayés mesurant en moyenne 331 ± 124 mm (écart-type). La majorité des captures sont survenues à l'automne (septembre et octobre), alors que deux seules captures d'individus immatures ont eu lieu pendant la période propice à la reproduction du bar rayé (juin).

3.1.2 Fleuve Saint-Laurent 2014

Plus de 11 sites de concentration de bars rayés ont fait l'objet d'une pêche exploratoire au cours de l'année 2014 dans l'estuaire fluvial et l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Le Tableau 9 résume le nombre de stations, le nombre d'heures ainsi que le nombre de captures de bars rayés pour chacun des sites. Comme l'année 2014 était exploratoire, l'effort investi dans chaque site dépendait du potentiel du milieu, du nombre de poissons capturés précédemment et du type de mention associé à chaque site. Ainsi, l'effort déployé n'est pas uniforme pour l'ensemble des sites.

En ce qui concerne les captures par unité d'effort (CPUE) définies selon le nombre de bars rayés capturés en fonction du nombre d'heures investies, les meilleurs sites ont été la rivière Ouelle (CPUE de 14,0 bars rayés/heure de pêche), la rivière du Loup (6,0), la baie de Beauport (0,5) et l'embouchure de la rivière du Sud (0,4; Tableau 7). La rivière Ouelle se démarque par son nombre élevé de captures par rapport à l'effort de pêche. La nature du site d'échantillonnage explique en partie ce nombre élevé de captures, étant donné que le filet installé dans la rivière Ouelle bloquait une bonne partie de sa largeur, permettant une capture optimale des individus reproducteurs remontant la rivière au printemps. Pour ce qui est de la rivière du Loup, le site a été peu échantillonné et plusieurs captures en un très court laps de temps ont généré une valeur de CPUE très élevée. Toutefois, ce site a été abandonné étant donné que le site de la rivière Ouelle a été jugé prioritaire et que certains bars rayés marqués à la rivière du Loup ont été observés ailleurs pendant la période de reproduction, perdant ainsi de son intérêt en tant que site de fraie potentiel. Pour ce qui est des autres sites examinés, les valeurs de CPUE se situent bien en dessous des valeurs obtenues pour les trois principaux sites échantillonnés (Tableau 9).

Tableau 8 : Résumé des résultats des travaux présentés dans le présent rapport (suite à la page suivante).

Année	Secteur	Type d'inventaire	Résultats	Section	Commentaire
1995-2018	Lac Saint-François à Donnacona	Communauté ichtyologique en littoral	2 bars rayés de l'année capturés sur la rive nord du secteur Gentilly-Batiscan	Section 3.5.1	Début du suivi normalisé 1995-2018
1998-2018	Rivière Richelieu	Recrutement des chevaliers	Aucun bar rayé de 0+ capturé	Section 3.5.2	Début du suivi normalisé de ce secteur 1998-2018
2010	Montmagny	Capture d'œufs et de larves	Larves de bars rayés capturées, le maximum de densité larvaire est près du rivage, légèrement en amont de Montmagny	Section 3.4.1	-
2010	Gentilly	Capture d'adultes pour télémétrie	14 bars rayés adultes suivis pendant 2 ans	-	-
2011	Montmagny et Gentilly	Capture d'adultes pour télémétrie	34 bars rayés adultes suivis pendant 2 ans	-	-
2011	Montmagny	Capture d'œufs, de larves et de 0+	12 œufs et 15 larves de bars rayés capturés. Zone de rétention larvaire entre Montmagny et Saint-Jean-Port-Joli. 37 bars rayés de 0+ capturés, de 2 à 11 cm, de l'île d'Orléans à Rivière-Ouelle	Sections 3.4.2 et 3.5.2	-
2011-2012	Portneuf à Rivière-Ouelle	Capture de 0+	3 schémas d'utilisation observés correspondant à 3 types de contingents migratoires; résidant en eau douce, migrant oligohalin et migrant mésohalin	Section 3.5.5	-
2012	Trois-Rivières à Rivière-du-Loup	Capture de 0+	361 bars rayés de 0+ capturés, majoritairement dans la portion aval de l'estuaire fluvial et dans la portion amont de l'estuaire moyen	Section 3.5.4	-
2012	Lévis, Rivière-Ouelle et St-Irénée	Capture d'adultes pour télémétrie	25 bars rayés adultes suivis pendant 2 ans	-	-
2012-2013	Île d'Orléans	Capture d'adultes et de 0+; télémétrie	De 8 à 14 bars rayés adultes suivis, présents en moyenne 3 fois dans la saison, 140 minutes en moyenne	Section 3.2.1	-
2013-2018	Trois-Rivières à Rivière-du-Loup	Capture de 0+	1 239 bars rayés de 0+ capturés, la majorité dans la portion aval de l'estuaire fluvial et dans l'estuaire moyen, en particulier dans la ZTM	Section 3.5.8	Début du suivi normalisé 2013-2018
2013	Rivière-Ouelle et Montmagny	Capture d'adultes pour télémétrie	40 bars rayés adultes suivis pendant 2 ans	-	-
2014	Trois-Rivières à Kamouraska	Capture d'œufs, de larves et de 0+	118 larves de bars rayés capturées entre le nord-est de l'île d'Orléans et L'Islet-sur-Mer, âgée de 4 à 18 jours. Selon le rétrocalcul, larves issues de la frayère de Montmagny et de la frayère potentielle de Beauport. L'habitat oligohalin offre des conditions de croissance et de survie optimales pour les 0+	Sections 3.4.3 et 3.5.6	-

Tableau 8 : Résumé des résultats des travaux présentés dans le présent rapport (suite de la page précédente).

Année	Secteur	Type d'inventaire	Résultats	Section	Commentaire
2014	Québec, Lévis, Portneuf, Cap-Santé, Montmagny, riv. du Loup	Capture d'adultes pêches exploratoires et captures pour télémétrie	491 heures de pêches, 248 bars rayés capturés	Section 3.1.2	-
2014-2018	Rivière-Ouelle	Capture d'adultes; projet divers	98 heures de pêche, 657 bars rayés capturés, 90 % d'individus matures, 2 % de mâles coulants, fort déséquilibre du rapport des sexes en faveur des femelles	Section 3.1.5	Début du suivi à long terme du secteur 2014-2018
2015-2018	Extrémité portuaire de Québec	Capture d'adultes; suivi et télémétrie	631 heures de pêche, 625 bars rayés capturés, 97 % d'individus matures, 67 % de mâles coulants, synchronisation des pics de capture et du déséquilibre du rapport des sexes en faveur des mâles de 15,3 à 18,0 °C	Section 3.1.3	Début du suivi normalisé de ce secteur (2015-2018)
2015-2018	Extrémité portuaire de Québec	Mise en place du système VPS	Domaine vital défini; isoplèthe 0,25 regroupant 33 % des localisations dans 2 % du domaine vital, cœur du domaine vital à l'isoplèthe 0,71, 77 % des localisations dans 17 % du domaine vital	Section 3.2.2	Début du suivi à long terme du secteur (2015-2018)
2016	Extrémité portuaire de Québec	Capture d'œufs et de larves	17 œufs et 35 larves de bars rayés capturés, dans le secteur de l'extrémité portuaire et de l'extrémité ouest de l'île d'Orléans	Section 3.4.4	-
2016	Bécancour et Trois-Rivières	Capture d'œufs, de larves et de 0+	Aucun œuf, aucune donnée sur les larves. Aucun juvénile capturé	Section 3.4.5	-
2017-2018	Montmagny	Capture d'adultes; suivi et télémétrie	88 heures de pêche, 581 bars rayés capturés, 89 % d'individus matures, 37 % de mâles coulants, synchronisation des pics de capture et du déséquilibre du rapport des sexes en faveur des mâles	Section 3.1.4	Début du suivi normalisé de ce secteur (2017-2018)
2017-2018	Extrémité portuaire de Québec et Montmagny	Assignation populationnelle des adultes sur les sites de fraie	Succès de reclassification de 96 %, 99,7 % des reproducteurs sont nés dans le fleuve, 0,3 % proviennent de la station piscicole de Baldwin-Coaticook.	Section 3.3	
2018	Montréal à Tadoussac	Suivi par télémétrie	L'ACP révèle un gradient amont-aval dans l'utilisation du fleuve Saint-Laurent par le bar rayé en période de reproduction. Le site de marquage et le sexe des individus influencent les schémas d'utilisation du fleuve.	Section 3.2.3	

Tableau 9 : Liste des sites échantillonnés, effort de pêche et nombre de bars rayés capturés en 2014.

<i>Sites</i>	<i>Effort total (heures de pêche)</i>	<i>N^{bre} de bars rayés capturés</i>	<i>Pourcentage d'individus matures</i>	<i>Pourcentage de mâles</i>	<i>CPUE</i>
Baie de Beauport	149,2	75	89 %	77 %	0,50
Cap-Santé	17,7	1	100 %	0 %	0,06
Estuaire de la rivière Saint-Charles	21,1	0	S. O.	S. O.	0
Estuaire de la rivière du Chêne	91,6	21	100 %	57 %	0,01
Lévis, secteur MIL Davie	23,3	1	100 %	100 %	0,04
Marina de Sillery	24,1	1	100 %	100 %	0,04
Portneuf	12,3	0	S. O.	S. O.	0,00
Embouchure de la rivière du Sud	125,6	44	95 %	16 %	0,35
Embouchure de la rivière Etchemin	17,7	0	S. O.	S. O.	0,00
Embouchure de la rivière Ouelle	7,0	98	71 %	1 %	14,04
Embouchure de la rivière du Loup	1,2	7	14 %	0 %	5,98

3.1.3 Extrémité portuaire de la baie de Beauport 2015-2018

De 2015 à 2018, de 9 à 14 sorties de pêche ont été réalisées annuellement, au cours desquelles les filets ont été mouillés en moyenne 37 ± 8 minutes, à raison de 4,7 levées par jour. De 135 à 194 heures ont été investies dans l'échantillonnage normalisé. Le nombre de bars rayés capturés annuellement varie de 75 à 224, pour un total de 625 spécimens capturés dans le cadre de cet échantillonnage. Le plus petit spécimen capturé mesurait 234 mm à la fourche et le plus gros, 675 mm. Les détails sur la longueur moyenne des poissons capturés et le pourcentage d'individus considérés comme matures sont présentés dans le Tableau 10. Pour les quatre années de suivi normalisé, plus de 92 % des individus capturés à l'extrémité portuaire étaient matures, atteignant même 100 % en 2016. La longueur moyenne des individus capturés pour chacune des quatre années (Tableau 10) se situe bien au-dessus de la longueur considérée comme la longueur à maturité chez le bar rayé, tous sexes confondus (420 mm de LF). Sur les 625 bars rayés capturés au cours des 4 années, 416 (66,6 %) étaient des mâles coulants, un signe indiquant qu'ils étaient prêts à participer à la fraie.

Tableau 10 : Longueur à la fourche (LF) moyenne, valeurs minimales et maximales et pourcentage d'individus matures à l'extrémité portuaire de la baie de Beauport, de 2015 à 2018.

<i>Année</i>	<i>LF min-max (mm)</i>	<i>LF moyenne ± é. t. (mm)</i>	<i>Pourcentage d'individus matures</i>
2015	354-642	469 ±63	93,7 %
2016	373-627	455 ±45	100,0 %
2017	369-638	498 ±53	98,8 %
2018	234-675	487 ±73	96,0 %

Le nombre de poissons par jour par effort de pêche en heure (CPUEj) totales pour chaque année a varié de 0,56 à 1,25; et les températures atteintes au pic de la période de fraie ont été, pour 2015, 2016, 2017 et 2018, respectivement de 16,3, 18,0, 15,3 et 17,5 °C (Tableau 11). Les valeurs de CPUEj quotidiennes ont quant à elles varié de 0 à 6,5; la plus forte valeur ayant été observée en 2015 (Figure 23 à 30). Pour l'année 2017, bien que la plus haute valeur quotidienne de CPUEj ait été obtenue à 13,7 °C, cette valeur est à interpréter avec précaution. Étant donné que l'échantillonnage fait à cette température a été de 2,2 heures comparativement à toutes les autres journées pour lesquelles un effort de 10 heures minimum a été déployé (moyenne quotidienne de 11,2 heures pour l'ensemble de l'année 2017), cette valeur n'a donc pas été considérée dans notre analyse graphique. Pour l'année 2018, deux pics d'intensité de fraie ont été observés, soit à 15,1 °C (CPUEj 0,95) et à 17,5 °C (CPUEj 1,44).

Pour le nombre de bars rayés capturés à l'aide des filets de 4 po en tenant compte du temps de filet mouillé (CPUEf), les valeurs prédites suivent la forme d'une « cloche », car la variable « date » et son terme quadratique étaient significatifs. Ainsi, le nombre prédit de bars rayés capturés augmentait progressivement à partir de la mi-mai, atteignant un plateau vers le début du mois de juin et diminuant progressivement ensuite tout au long du mois de juin (Figure 31). Une légère variabilité a été observée entre les quatre années de suivi à la baie de Beauport, mais le schéma observé demeurerait sensiblement le même (Figure 31). De plus, afin de mieux situer dans le temps la période correspondant à la plus grande activité de fraie, un seuil arbitraire de 50 % a été appliqué annuellement à la valeur maximale prédite du nombre de captures afin de déterminer le début et la fin du pic de la fraie. La date à laquelle l'indice d'abondance a atteint un pic pour chacune des années du suivi des reproducteurs, en fonction des valeurs prédites du modèle, est illustrée dans la Figure 31. Ainsi, le pic de la fraie serait survenu le 1^{er} juin en 2015 (période de 50 % de part et d'autre du pic : 21 mai au 13 juin), le 2 juin en 2016 (50 % = 24 mai au 11 juin), le 3 juin en 2017 (50 % = 24 mai au 14 juin) et le 7 juin en 2018 (50 % = 25 mai au 19 juin).

Tableau 11 : Période de pêche, effort total de pêche, nombre de bars rayés capturé, nombre de bars rayés coulant et pourcentage, le nombre de poissons par jour par effort de pêche en heure (CPUEj) global, ainsi que la température au pic de capture de 2015 à 2018.

<i>Année</i>	<i>Période de pêche</i>	<i>Effort total (heures de pêche)</i>	<i>N^{bre} de bars rayés capturés</i>	<i>N^{bre} de bars rayés mâles coulants (pourcentage)</i>	<i>CPUEj globale</i>	<i>Température au pic des captures</i>
2015	22 mai (14,3 °C) au 26 juin (19,4 °C)	194,3	224	162 (72 %)	1,15	16,3 °C
2016	12 mai (9,4 °C) au 22 juin (20,4 °C)	144,4	156	120 (77 %)	1,08	18,0 °C
2017	16 mai (9,8 °C) au 19 juin (18,6 °C)	157,5	170	88 (52 %)	1,08	15,3 °C ¹
2018	14 mai (10,4 °C) au 20 juin (19,2 °C)	134,8	75	46 (61 %)	0,56	17,5 °C

^{1.} Pour l'année 2017, bien que la plus haute valeur de CPUEj ait été obtenue à une température de 13,5 °C, cette valeur n'a pas été retenue.

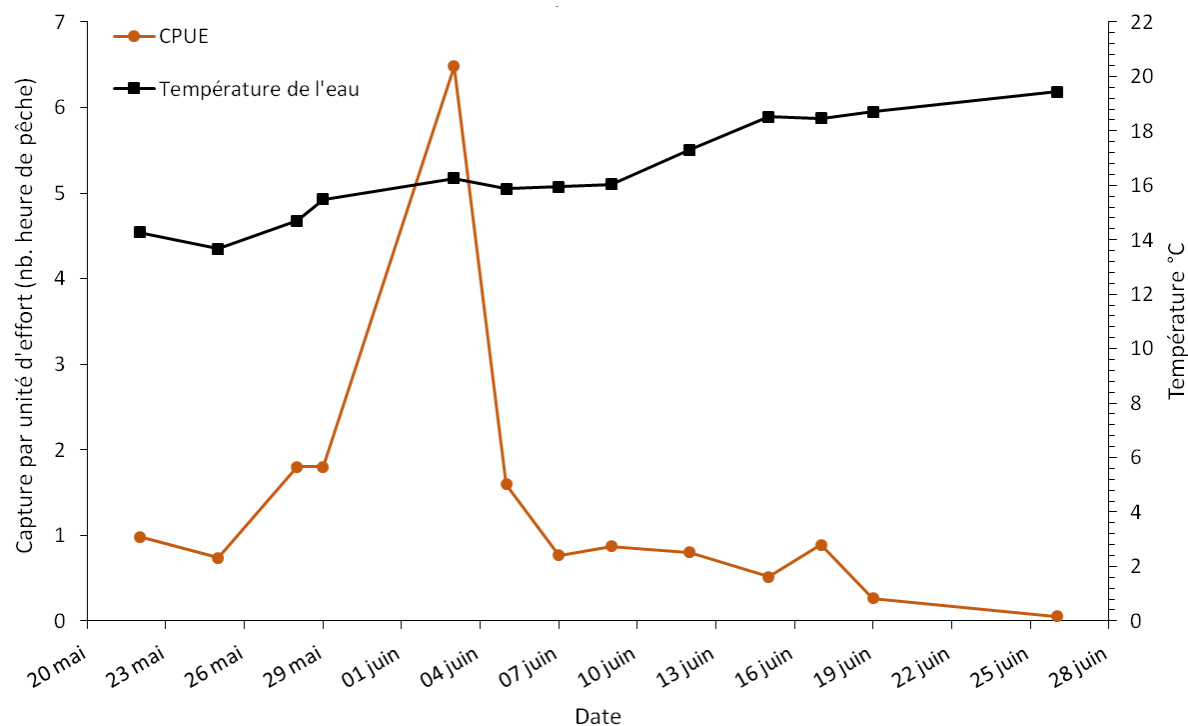


Figure 23 : Évolution temporelle des captures de bars rayés et de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport en 2015.

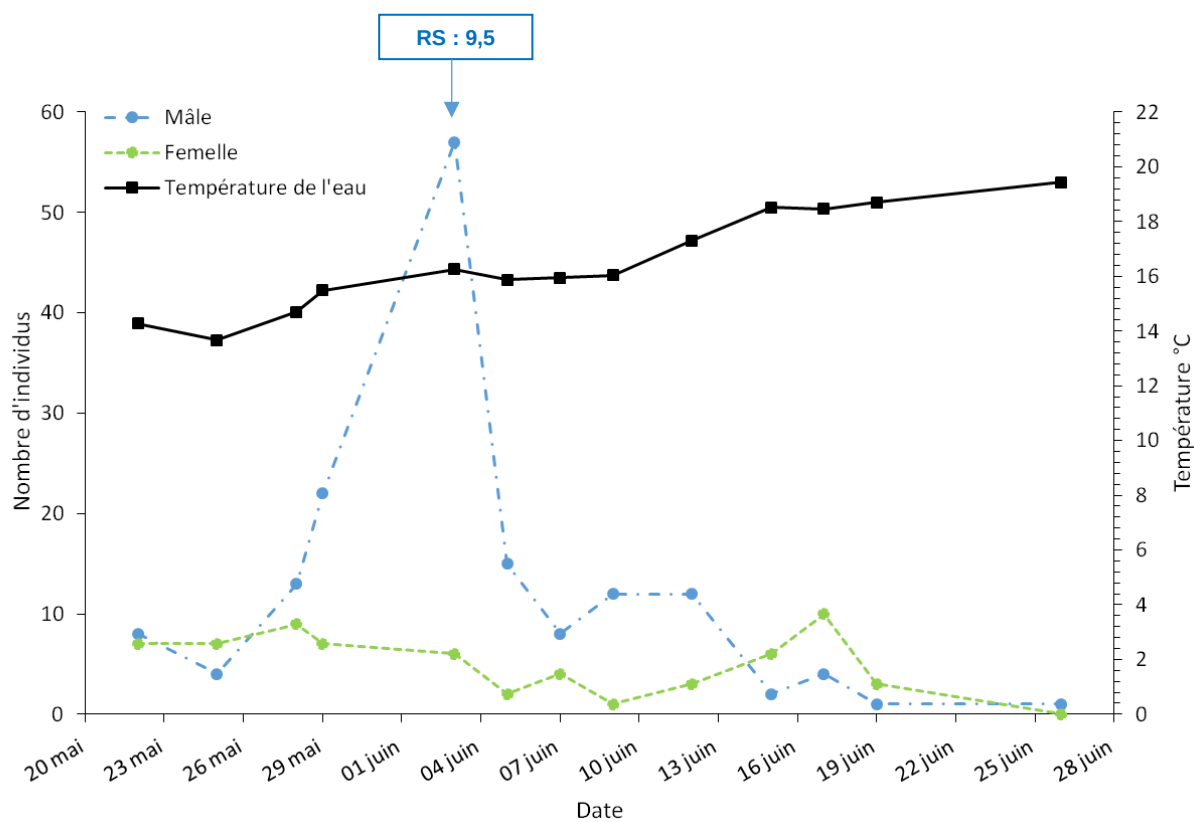


Figure 24 : Évolution temporelle du nombre de captures de bar rayé et du rapport des sexes, ainsi que de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport lors du suivi des reproducteurs en 2015.

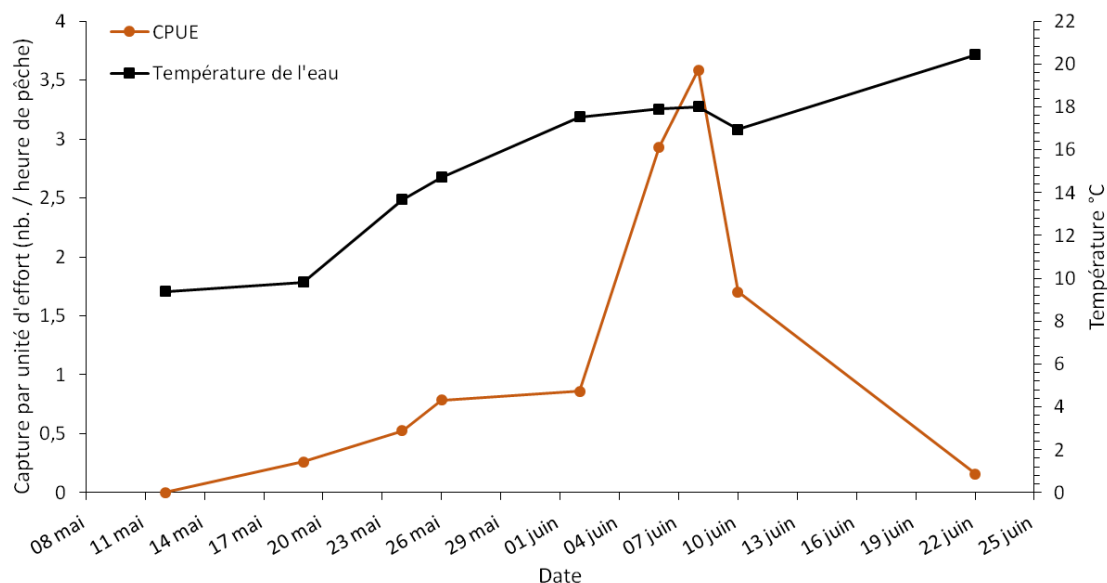


Figure 25 : Évolution temporelle des captures de bars rayés et de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport en 2016

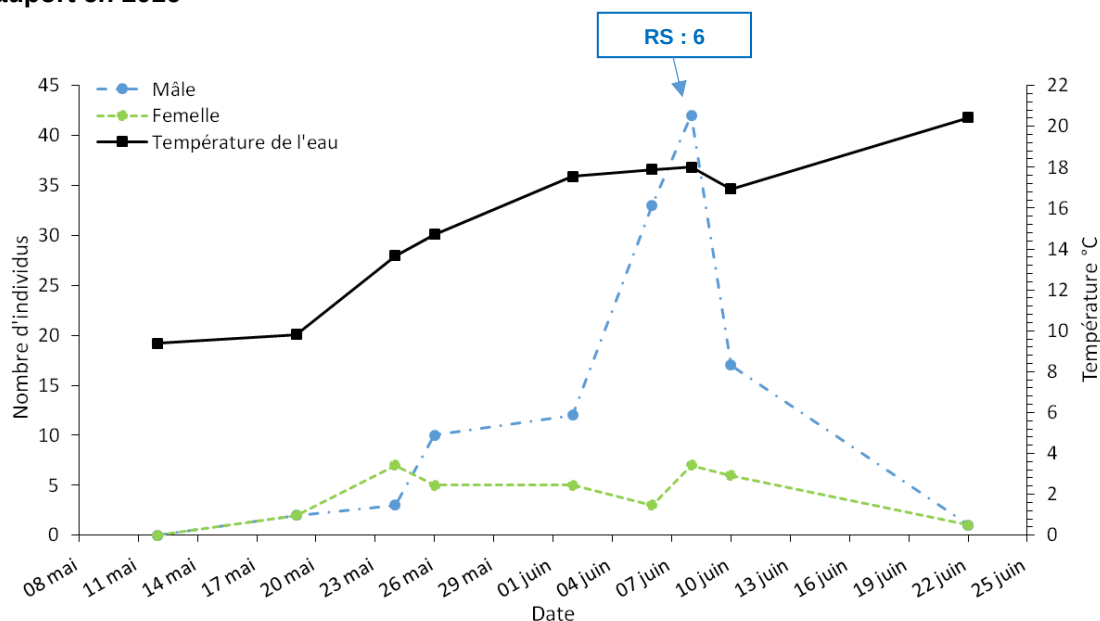


Figure 26 : Évolution temporelle du nombre de captures de bar rayé et du rapport des sexes, ainsi que de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport lors du suivi des reproducteurs en 2016.

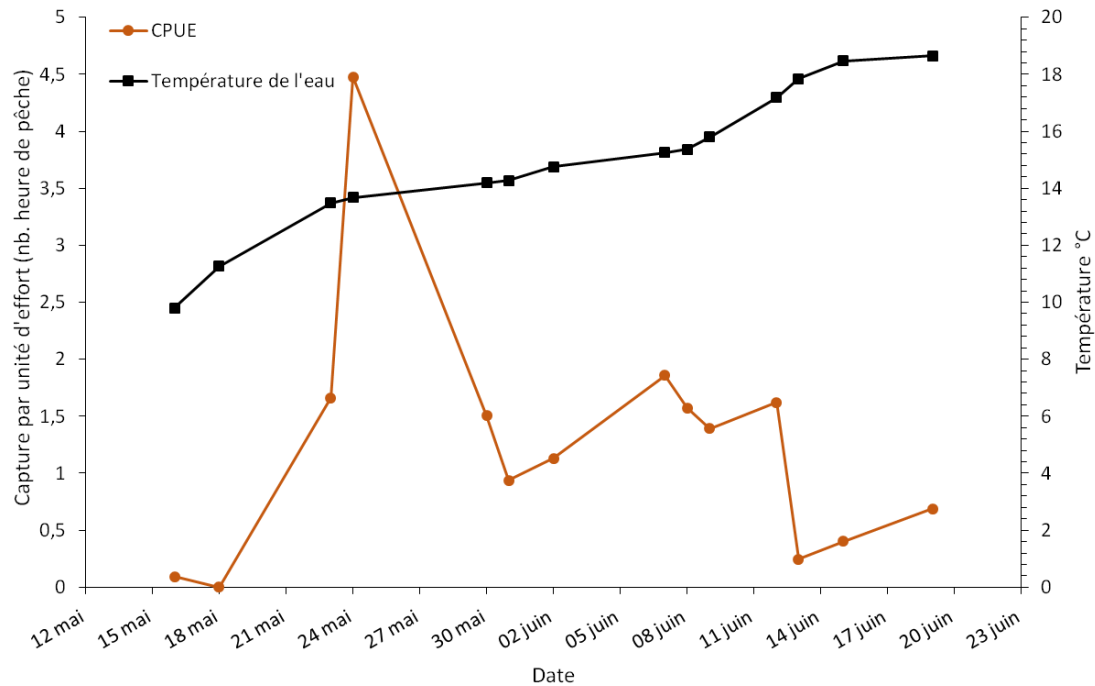


Figure 27 : Évolution temporelle des captures de bars rayés et de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport en 2017.

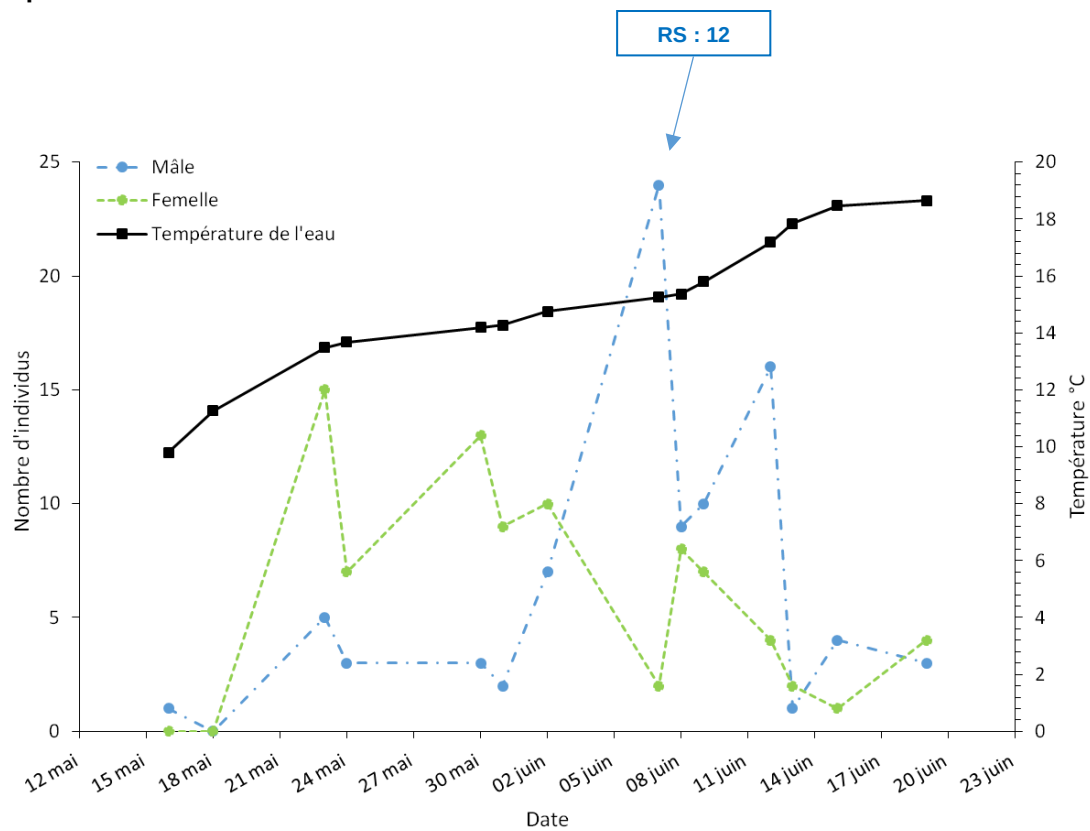


Figure 28 : Évolution temporelle du nombre de captures de bar rayé et du rapport des sexes, ainsi que de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport lors du suivi des reproducteurs en 2017.

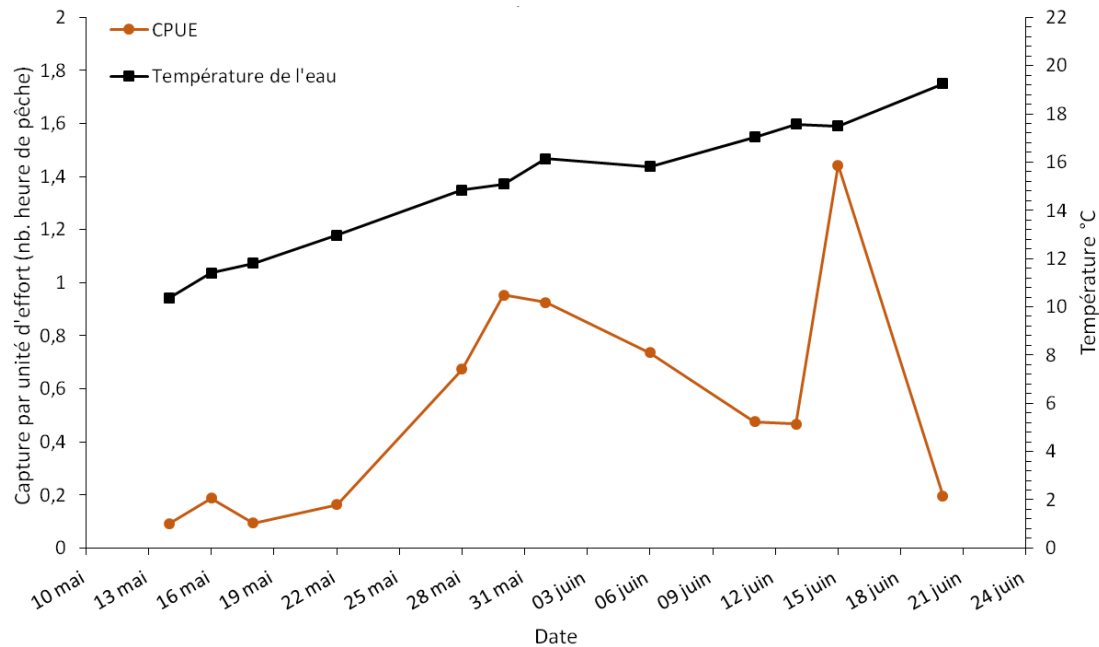


Figure 29 : Évolution temporelle des captures de bars rayés et de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport en 2018.

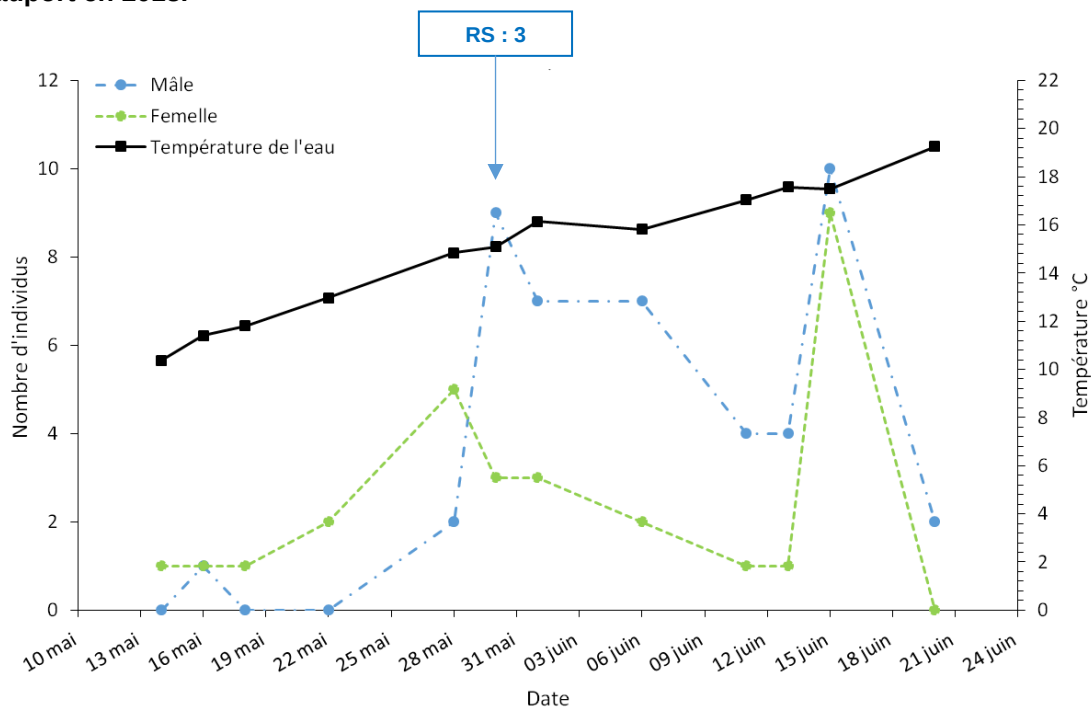


Figure 30 : Évolution temporelle du nombre de captures de bar rayé et du rapport des sexes, ainsi que de la température de l'eau (°C) à la baie de Beauport lors du suivi des reproducteurs en 2018.

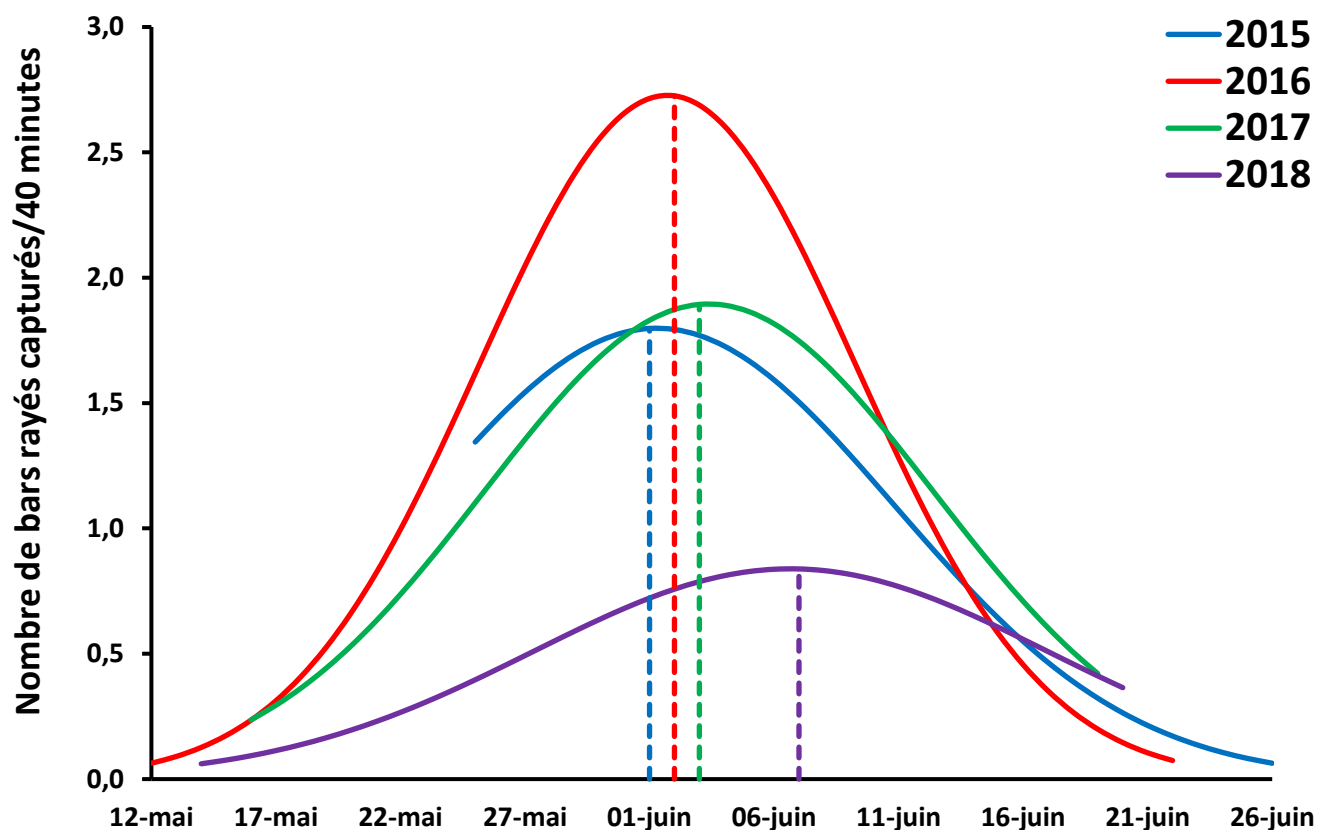
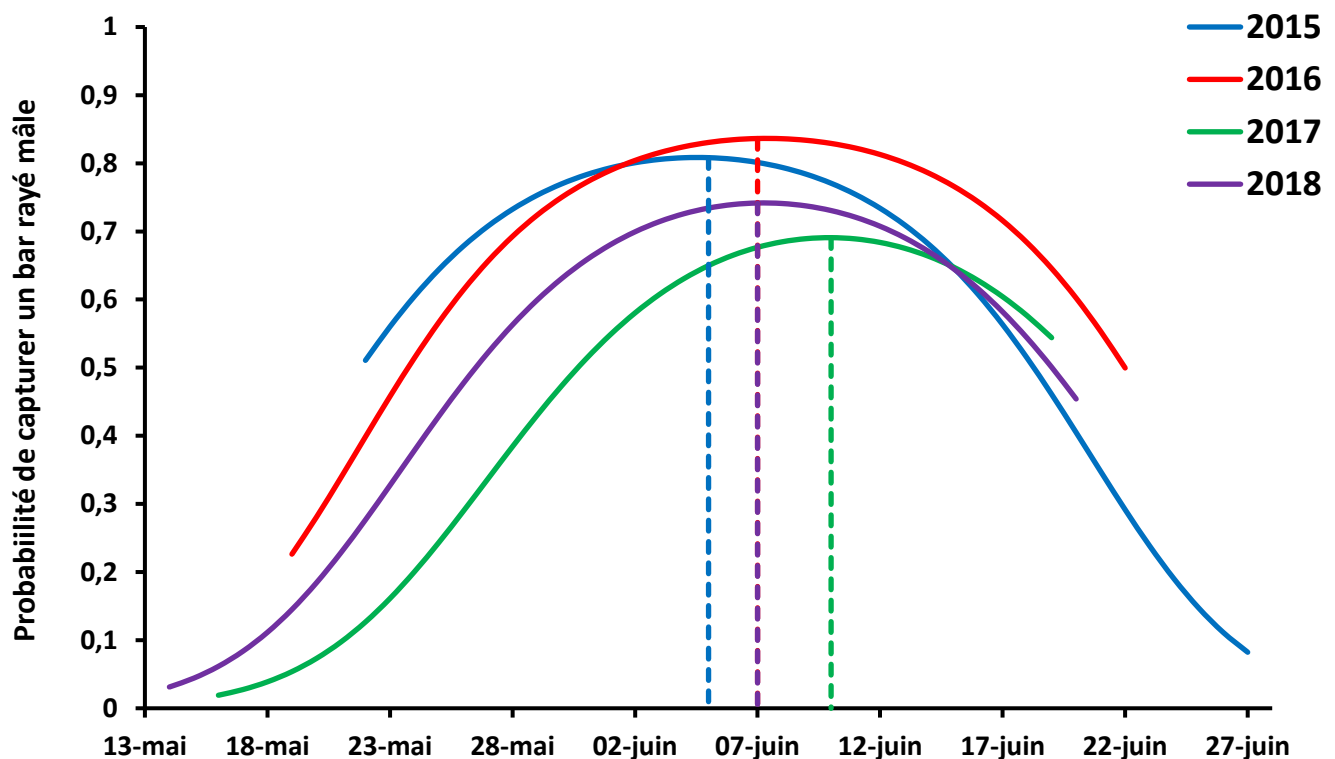


Figure 31 : Nombre prédit de bars rayés capturés par période de 40 minutes de filet mouillé à la baie de Beauport en fonction de la date à laquelle la pêche au filet maillant (mailles de 4 po) a été effectuée de 2015 à 2018. Les traits pointillés verticaux indiquent la date à laquelle le nombre de captures prédit était maximal (asymptote) pour chacune des années.

Au cours des quatre années, le rapport des sexes (RS) était biaisé en faveur des mâles lors des événements de captures les plus importants en matière de CPUEj, atteignant même une valeur de 12 mâles pour une femelle en 2017 (Figure 23 à Figure 30 et Tableau 12). Il est à noter qu'en 2018 le RS est resté au-dessus de deux mâles pour une femelle du 30 mai au 13 juin. La modélisation de la probabilité d'observer un mâle dans un filet maillant donné en fonction du temps indique, à l'image du taux de capture (Figure 31), que celle-ci augmente graduellement pour atteindre un plateau et ensuite diminuer (Figure 32). Ainsi, les plus hautes probabilités de capturer un mâle sont sensiblement synchronisées avec les plus hautes captures de bars rayés (Figure 31).

Tableau 12 : Synchronisation des principaux pics de capture et des valeurs maximales du rapport des sexes biaisé en faveur des mâles de 2015 à 2018.

Année	Date	Pic des captures (CPUE)	RS maximal (mâle/femelle)
2015	3 juin	6,5	9,5
2016	8 juin	3,6	8,0
2017	7 juin	1,9	12,0
2018	30 mai	1,0	3

**Figure 32 : Probabilité de capturer un bar rayé mâle lors des pêches au filet maillant à la baie de Beauport en fonction du temps de 2015 à 2018. Les traits pointillés verticaux indiquent la date à laquelle la probabilité atteint une valeur prédite maximale.**

La longueur à la fourche a significativement diminué à mesure que la période de fraie progressait, et ce, chez les femelles et les mâles (Figure 33).

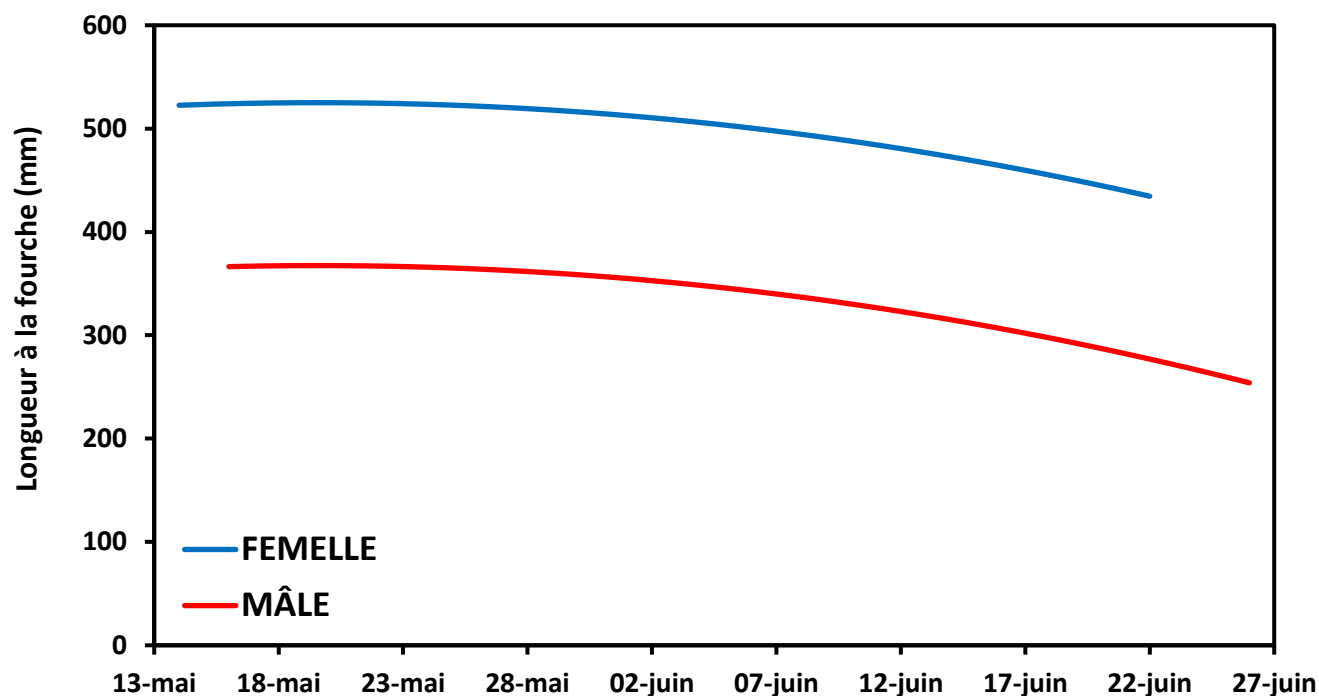


Figure 33 : Relation entre la longueur à la fourche et la progression dans le temps de la période de la fraie pour les bars rayés du fleuve Saint-Laurent à la baie de Beauport pour les années 2015-2018 (regroupées).

3.1.4 Embouchure de la rivière du Sud 2017-2018

En 2017 et 2018, 13 et 15 sorties de pêche ont été réalisées respectivement, permettant de capturer 265 et 316 bars rayés. Le plus petit spécimen capturé mesurait 333 mm à la fourche, alors que le plus grand atteignait 700 mm. Les détails sur la longueur moyenne des poissons capturés et le pourcentage d'individus matures sont présentés dans le Tableau 13. Pour les deux années de suivi standardisé, 89 % des individus capturés à l'embouchure de la rivière du Sud étaient considérés comme matures. La longueur moyenne des individus capturés (Tableau 13) se situe bien au-dessus de la longueur considérée comme la longueur de maturité chez le bar rayé, tous sexes confondus (420 mm). Un total de 54,0 et 34,2 heures a été investi respectivement dans l'échantillonnage standardisé. Les CPUEj annuelles étaient de 4,9 en 2017 et de 9,2 en 2018, tandis que la température du pic de fréquentation du site a été de 14,0 °C en 2017 et de 16,5 °C en 2018 (Tableau 14).

Les valeurs de CPUEj quotidiennes maximales ont été de 17,5 en 2017 et de 100,8 en 2018. Les captures abondantes de mâles, se traduisant par les plus hautes valeurs de rapport mâle:femelle, étaient atteintes lors des principaux événements de captures abondantes pour les deux années, correspondant aux valeurs les plus importantes en matière de CPUEj (Figure 34 et Figure 35).

Les importantes variations de température entre l'embouchure de la rivière, où le bassin est exondé deux fois par jour, et le fleuve Saint-Laurent ne permettent pas d'obtenir le même profil qu'à la baie de Beauport où les bars rayés évoluent dans une masse d'eau relativement homogène.

Tableau 13 : Taille minimale, maximale et moyenne, ainsi que pourcentage d'individus considérés comme matures parmi les bars rayés capturés à l'embouchure de la rivière du Sud en 2017 et 2018.

<i>Année</i>	<i>Longueur à la fourche min-max (mm)</i>	<i>Longueur à la fourche moyenne ± écart-type (mm)</i>	<i>Pourcentage d'individus matures</i>
2017	345-700	491 ±60	89 %
2018	333-374	471 ±65	89 %

Tableau 14 : Période de pêche, effort total de pêche, nombre de bars rayés capturés, nombre de poissons par jour par effort global de pêche en heures (CPUEj) et température (°C) au pic de capture

<i>Année</i>	<i>Période de pêche</i>	<i>Effort total (heures de pêche)</i>	<i>Nombre de bars rayés capturés</i>	<i>Nombre de bars rayés mâles coulants</i>	<i>CPUEj global</i>	<i>Température au pic des captures</i>
2017	16 mai (8,4 °C) au 21 juin (19,5 °C)	54	265	87	4,9	14,0 °C
2018	14 mai (12,4 °C) au 18 juin (17,8 °C)	34	316	127	9,2	16,5 °C

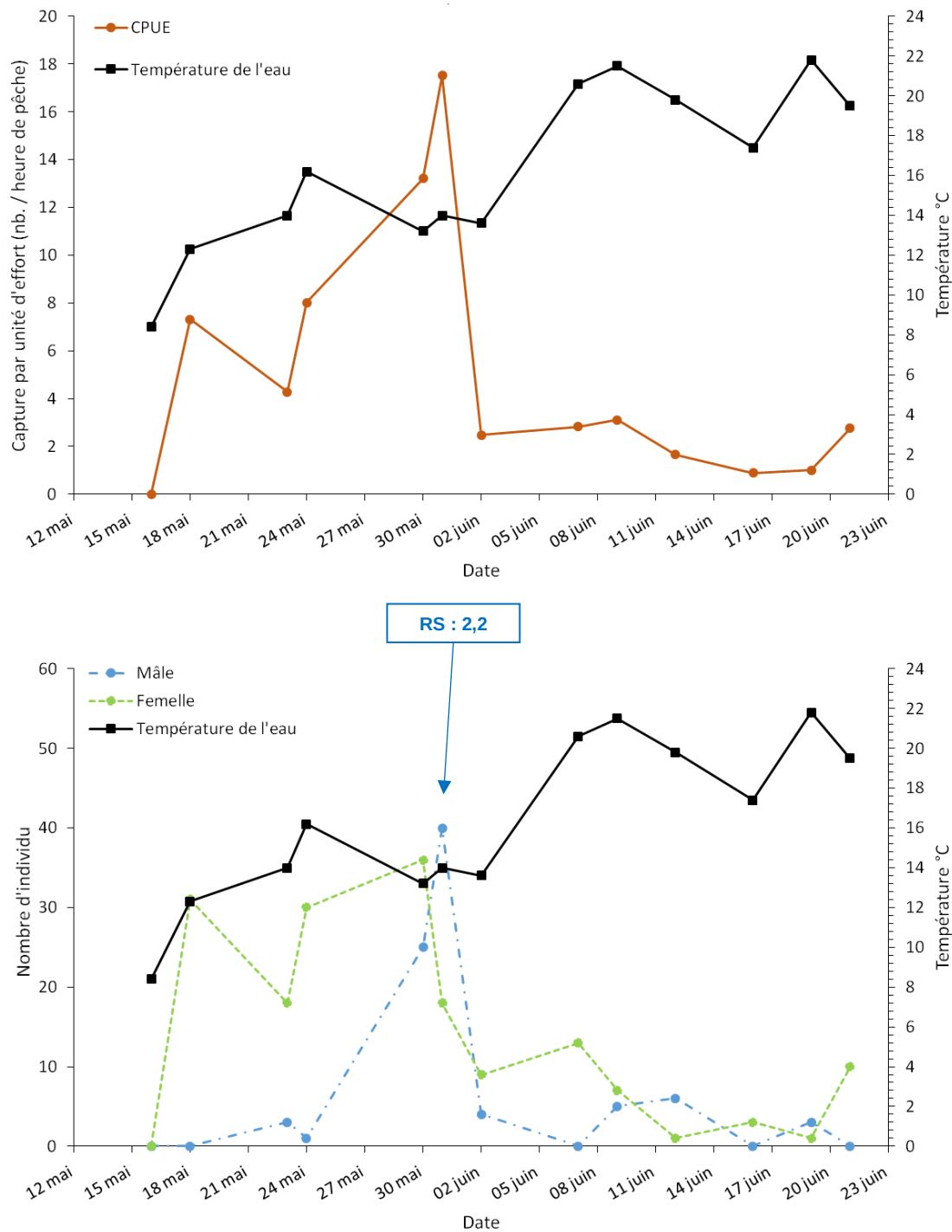


Figure 34 : Évolution temporelle des captures (haut) et du rapport des sexes (bas) du bar rayé à l'embouchure de la rivière du Sud en 2017.

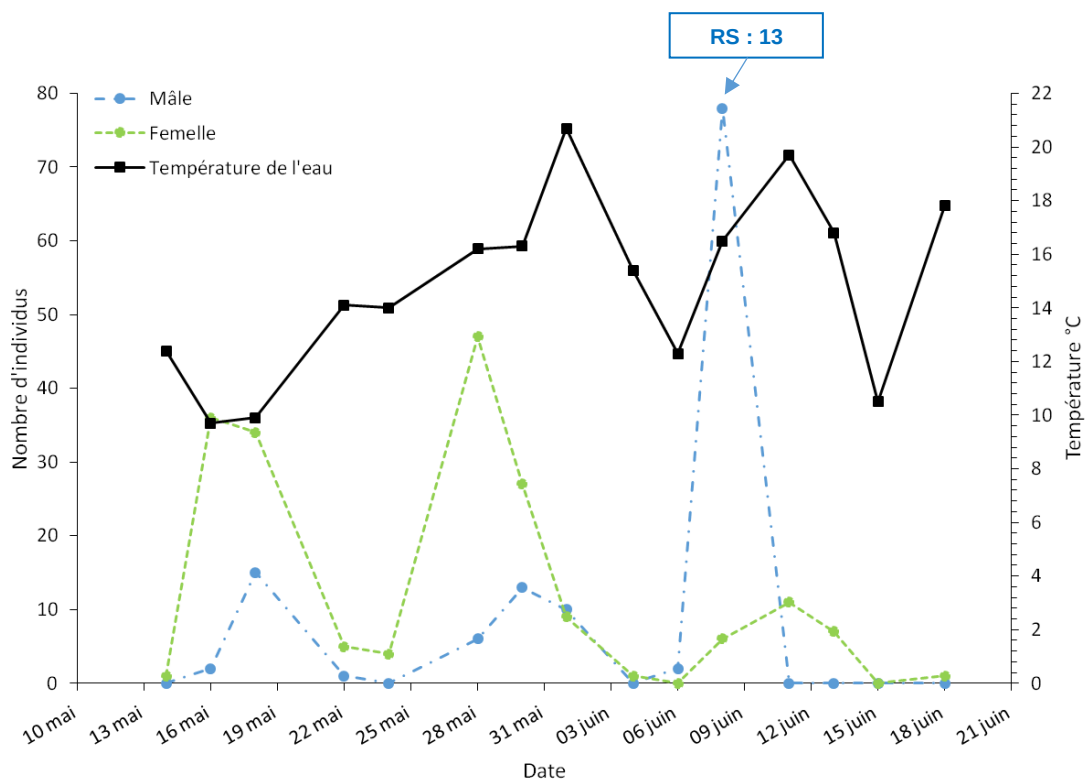
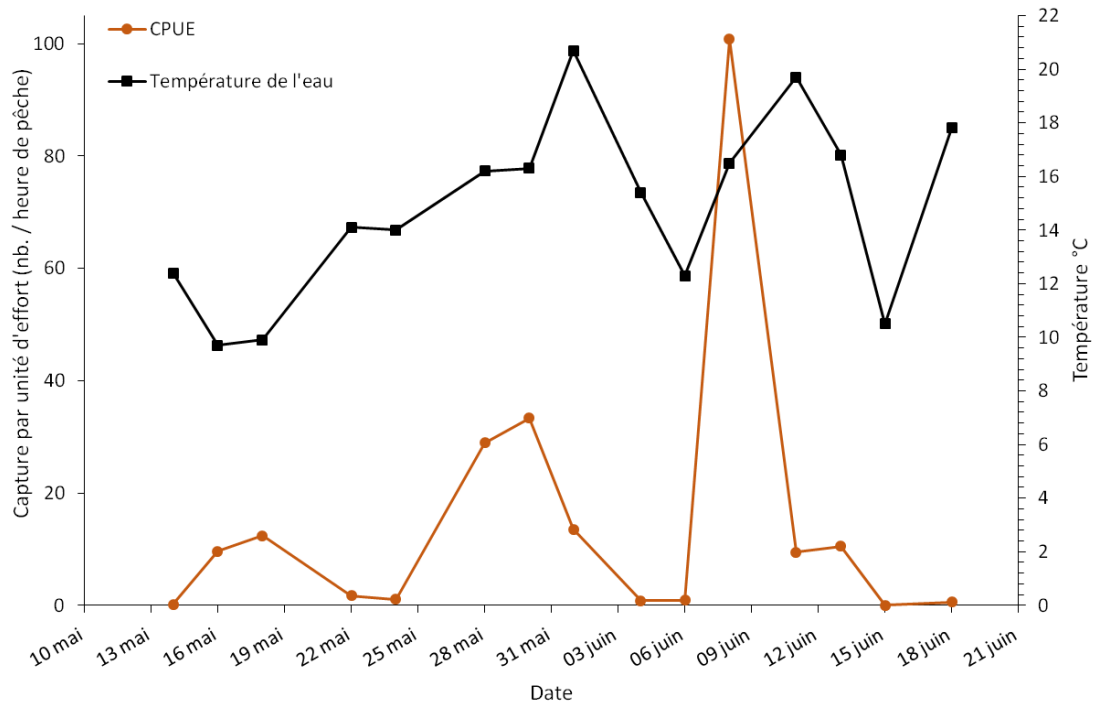


Figure 35 : Évolution temporelle des captures (haut) et du rapport des sexes (bas) du bar rayé à l'embouchure de la rivière du Sud en 2018.

Tout comme pour la baie de Beauport, les valeurs de CPUEf obtenues à partir des filets aux mailles de 4 po suivent la forme d'une cloche en augmentant d'abord, atteignant ensuite une asymptote, puis diminuant progressivement au cours du mois de juin (Figure 36). Il n'y avait pas de différence significative entre les deux années, ni pour le nombre de capture moyen en fonction du temps, ni pour le moment auquel le pic du nombre de capture (pic de fraie) était prédit. Ainsi, en 2017 et 2018, le moment le plus fort de la fraie selon le nombre de bars rayés adultes capturés par filet correspond au 25 mai.

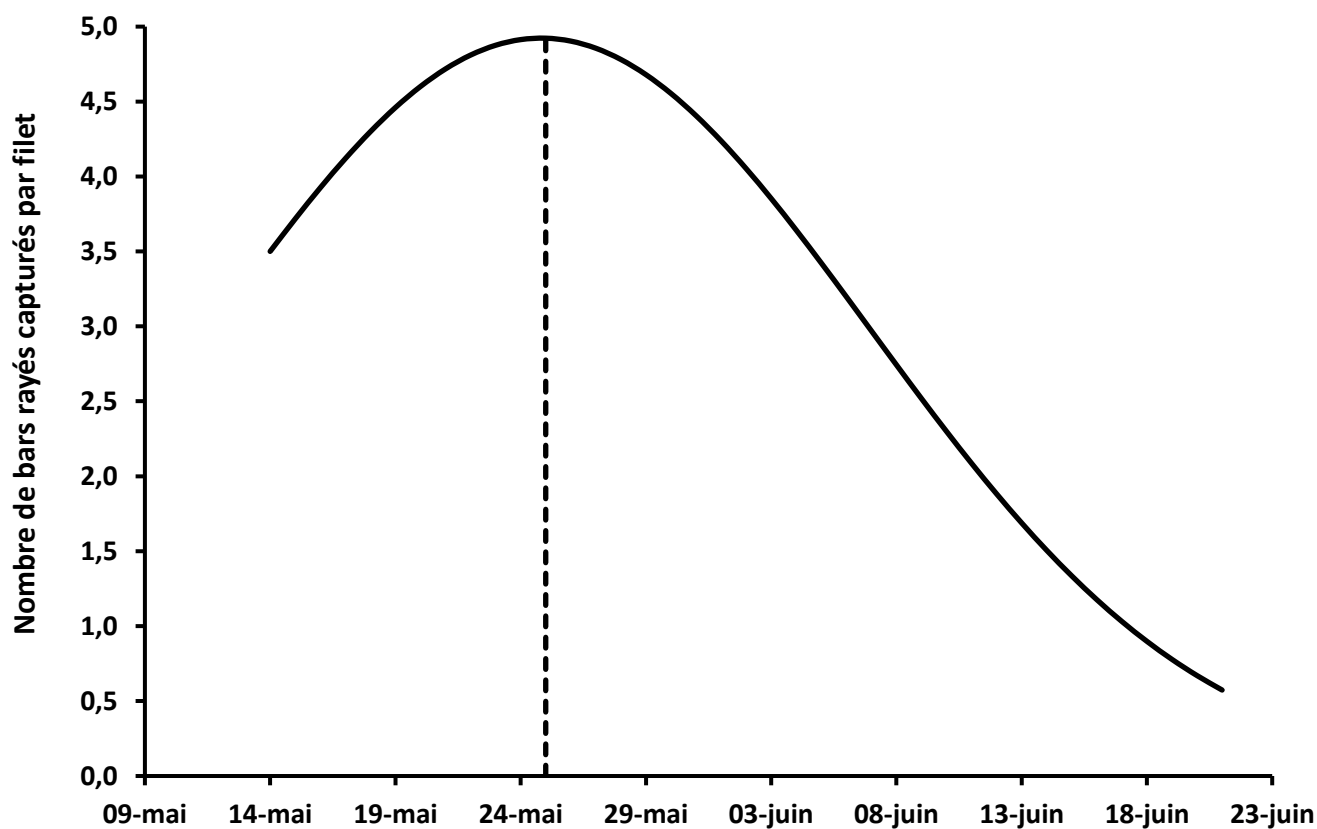


Figure 36 : Nombre prédit de bars rayés capturés par levée de filet au bassin de la rivière du Sud à Montmagny en fonction de la date à laquelle la pêche au filet maillant (4 po) a été effectuée en 2017 et 2018 (années regroupées). Le trait pointillé vertical indique la date à laquelle le nombre de captures prédit était maximal (asymptote) pour ces deux années.

La probabilité de capturer un mâle dans le bassin de la rivière du Sud en 2017 et 2018 suivait le même schéma temporel que celui observé à la baie de Beauport, soit une augmentation progressive, l'atteinte d'un plateau, suivie d'une diminution progressive (Figure 37). Comme pour la baie de Beauport, un déclin de la longueur à la fourche a été observé à mesure que la fraie se déroulait chez les deux sexes dans le bassin de Montmagny (Figure 38).

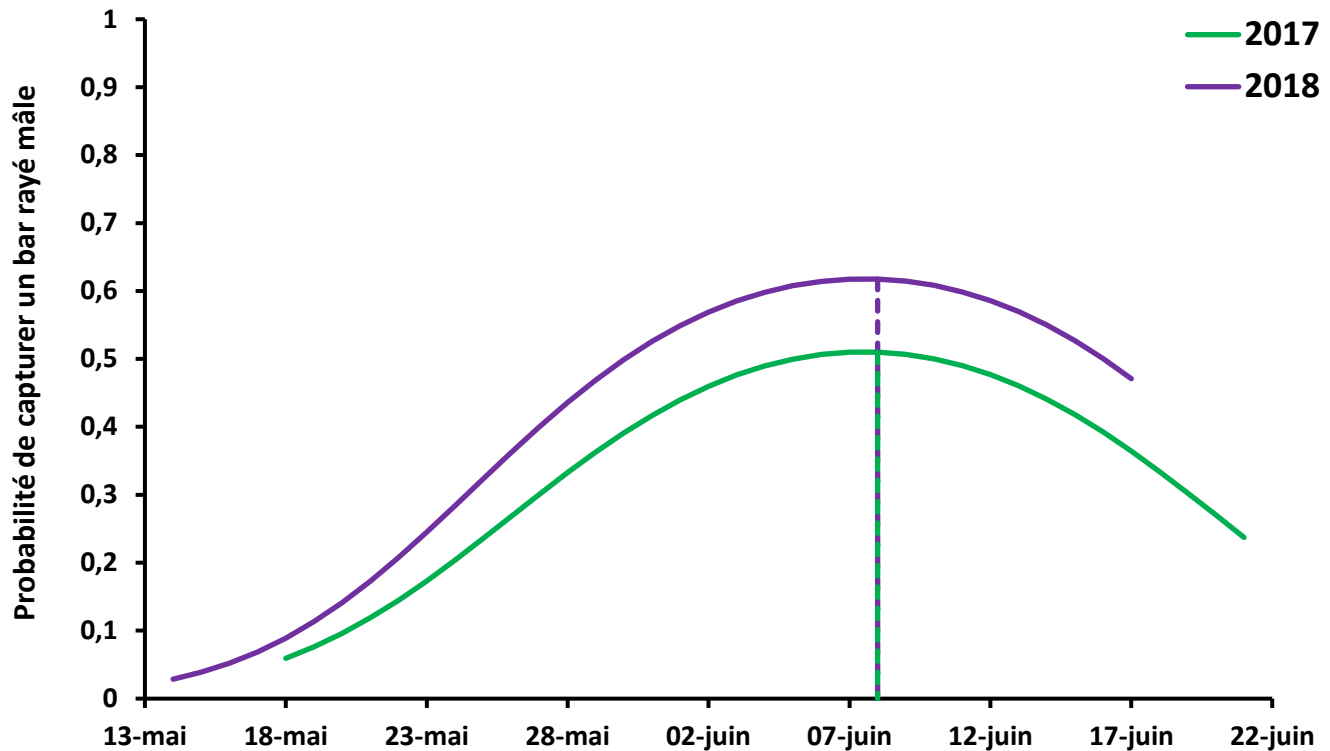


Figure 37 : Probabilité de capturer un bar rayé mâle lors des pêches au filet maillant au bassin de la rivière du Sud à Montmagny en fonction du temps de 2017 à 2018. Le trait pointillé vertical indique la date à laquelle la probabilité atteint une valeur prédite maximale.

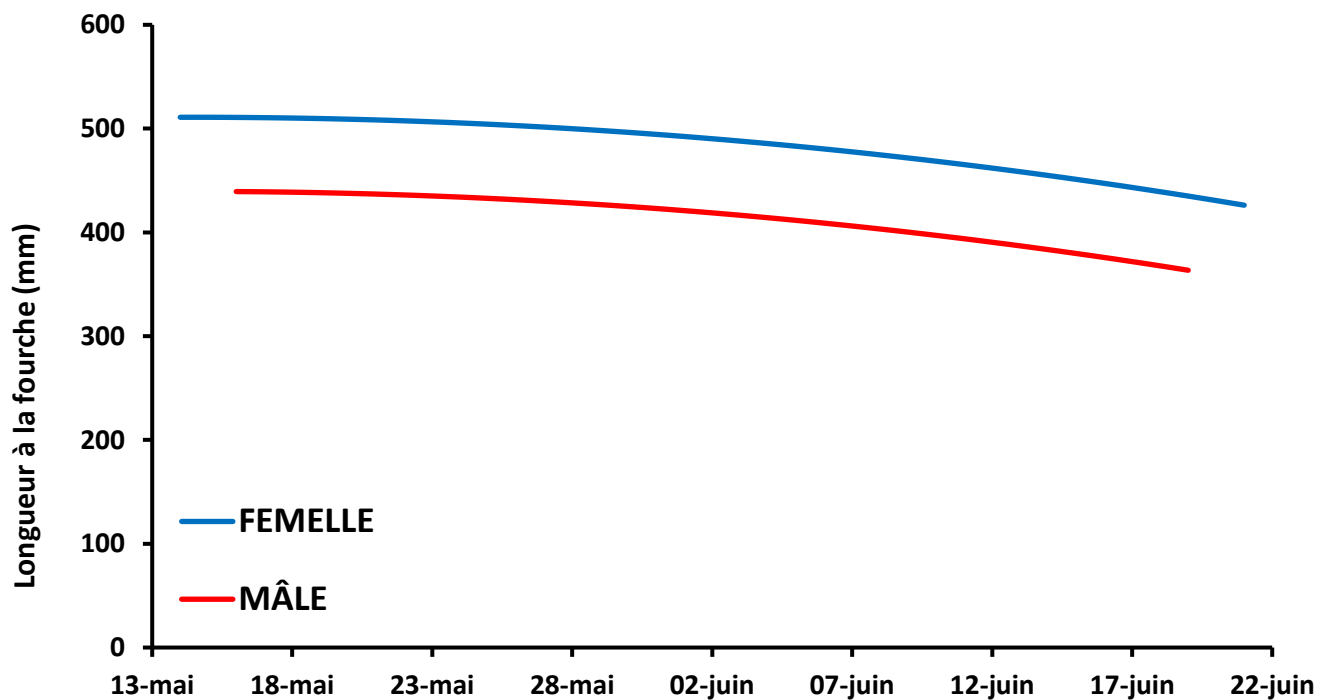


Figure 37. Relation entre la longueur à la fourche et la progression dans le temps de la période de la fraie pour les bars rayés du fleuve Saint-Laurent au bassin de Montmagny pour les années 2017-2018 (regroupées).

3.1.5 Embouchure de la rivière Ouelle

De 2014 à 2018, plus de 98,3 heures de pêche ont permis de capturer 674 bars rayés (Tableau 15). Aucun suivi normalisé de la période de fraie n'a été effectué dans la rivière Ouelle. De ce fait, aucune analyse graphique ni statistique présentant la chronologie de l'utilisation du site n'est présentée dans le cadre de ce rapport. Toutefois, le pourcentage d'individus matures ainsi que le pourcentage de femelles capturées lors des travaux sur le terrain dans la rivière Ouelle, au printemps, peuvent tout de même être interprétés sommairement quant à la fréquentation du site par les bars rayés adultes à cette période de l'année.

De 2014 à 2018, le plus petit bar rayé capturé mesurait 210 mm (LF) et le plus grand, 789 mm. Le pourcentage d'individus considérés comme matures varie de 83,7 à 95,0 %, alors que le pourcentage de femelle varie de 92,4 à 100 %, selon les années. Ces résultats indiquent que la majorité des bars rayés fréquentant la rivière Ouelle au printemps sont principalement des femelles matures (Tableau 15 et Tableau 16). La moyenne pour toutes les années à l'étude se situe à 90,2 % d'individus matures et à 97,0 % de femelles, ce qui démontre un important biais lié au sexe quant à l'utilisation de ce secteur au printemps.

Tableau 15 : Période de pêche, effort total, nombre de bars rayés capturés et CPUE annuelle dans la rivière Ouelle de 2014 à 2018.

Année	Période de pêche	Effort total (heures de pêche)	Nombre de bars rayés capturés	Nombre de mâles coulants	CPUE annuelle
2014	26 mai (15,0 °C) au 26 juin (20,3 °C)	6,98	98	0 (0 %)	14,0
2015	25 mai (15,8 °C) au 18 juin (18,7 °C)	18,91	121	2 (1,7 %)	6,4
2016	24 mai (17,4 °C) au 22 juin (21,3 °C)	26,18	104	3 (2,9 %)	4,0
2017	25 mai (13,6 °C) au 20 juin (21,8 °C)	24,28	150	6 (4 %)	6,2
2018	9 mai (12,3 °C) au 30 mai (17,5 °C)	21,95	184	4 (2,2 %)	8,4

Tableau 16 : Longueur à la fourche minimale et maximale (mm), longueur à la fourche moyenne (mm), pourcentage de femelles et pourcentage d'individus mature, capturé dans la rivière Ouelle de 2014 à 2018.

Année	LF min-max (mm)	LF moyenne ± écart-type (mm)	Pourcentage de femelles (%)	Pourcentage d'individus matures (%)
2014	360-724	525 ±102	100,0	90,1
2015	305-777	530 ±81	98,3	95,0
2016	210-783	485 ±100	92,4	83,7
2017	369-785	527 ±70	96,0	92,7
2018	322-789	523 ±77	97,8	90,2

3.2 Suivi par télémétrie acoustique

3.2.1 Système de positionnement dans le secteur du pont de l'île d'Orléans 2013

Les résultats de cette étude sont présentés en détail dans Valiquette et coll. (2016). En 2013, 14 des 63 bars rayés munis d'un émetteur ont été détectés dans le secteur du pont de l'île d'Orléans. Au total, les individus ont fréquenté le secteur en moyenne ($\pm$ erreur-type) à $2,85 \pm 0,50$ reprises, demeurant dans le secteur en moyenne ($\pm$ erreur-type) pendant 140 ± 36 minutes.

Bien que le système de positionnement (VPS) ait produit 48 positions pour les bars rayés marqués avant 2013, et ce pendant toute la période de suivi (printemps à automne), le nombre de positions généré était insuffisant pour alimenter des analyses de domaine vital dans ce

secteur. Même si l'on ajoute les individus marqués en 2013, le nombre de positions générées demeure trop faible pour mener des analyses rigoureuses, d'autant plus que la majorité des positions ont été obtenues sur une courte période (p. ex., au cours de la même heure).

Ainsi, bien que fréquenté du printemps à l'automne, le secteur du pont de l'île d'Orléans ne semble pas avoir un attrait important pour les bars rayés adultes en période de reproduction, sauf pour le passage entre les habitats de l'estuaire moyen et ceux de l'estuaire fluvial.

3.2.2 Système de positionnement dans le secteur portuaire de Québec 2015 à 2018

3.2.2.1 Détermination du cœur du domaine vital

L'analyse de la relation entre la proportion du domaine vital et l'isoplèthe de volume a permis de déterminer que le cœur du domaine vital était situé à l'isoplèthe 0,71, qu'il correspondait à 17 % (0,79 km²) de la superficie totale du domaine vital et intégrait 77 % des positionnements (Figure 38 et Figure 39).

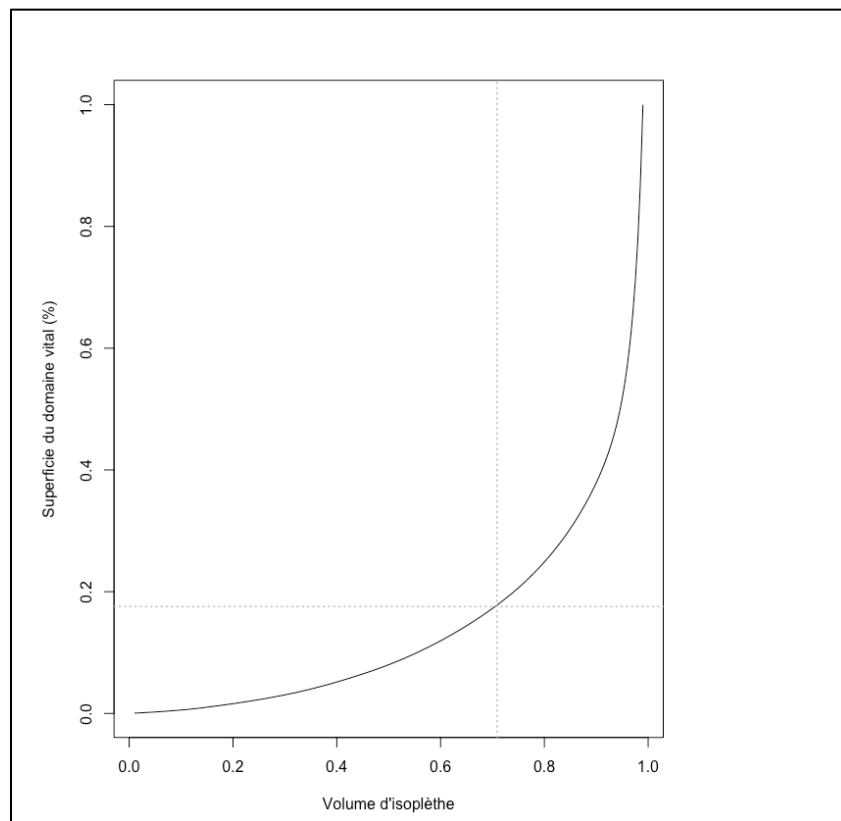


Figure 38 : Relation exponentielle entre l'isoplèthe sélectionné et la superficie comprise dans celui-ci pour le noyau final de densité à base de treillis pondéré. L'isoplèthe seuil (0,71; ligne pointillée verticale) démarque l'endroit où la proportion du domaine vital augmente plus rapidement que l'isoplèthe de volume, soit là où la pente de la courbe égale 1.

3.2.2.2 Noyaux de densité individuel et global

Pour chacun des noyaux de densité annuelle établi, un domaine vital a été créé pour ensuite être pondéré et intégré à l'analyse globale. Le Tableau 17 résume les intrants principaux de chacun des noyaux annuels. Le nombre de pas de la marche aléatoire (k), tel qu'il est estimé par validation croisée, variait de 1 à 222. Le poids accordé à chacun des noyaux lors de la pondération, tel qu'il était déterminé par les valeurs prédites de la fonction exponentielle, variait de 0,72 à 1,00.

Tableau 17 : Attributs de chacun des noyaux de densité individuels. Le nombre d'observations disponibles par schéma après raréfaction (n), la longueur optimale (k) de la marche aléatoire servant à estimer le noyau de densité à base de treillis comme déterminée par validation croisée, le critère non biaisé de validation croisée (σ) et le poids accordé à chacun des noyaux lors de la pondération sont présentés.

Poisson marqué	Année	n	k	σ	Poids
A69-1601-24570	2015	12	39	-1,57E-06	0,746
A69-1601-24588	2015	31	9	-3,53E-06	0,971
A69-1601-24593	2015	21	4	-5,78E-06	0,910
A69-1601-24608	2015	102	18	-1,62E-06	1,000
A69-1601-24608	2016	34	28	-1,31E-06	0,980
A69-1601-58481	2016	67	20	-1,43E-06	0,999
A69-9001-17649	2017	15	175	-9,85E-07	0,820
A69-1602-32400	2018	178	6	-1,25E-06	1,000
A69-1602-32404	2018	11	69	-3,50E-07	0,715
A69-1602-32416	2018	81	2	-1,50E-05	1,000
A69-9001-17646	2018	11	353	-6,05E-07	0,715

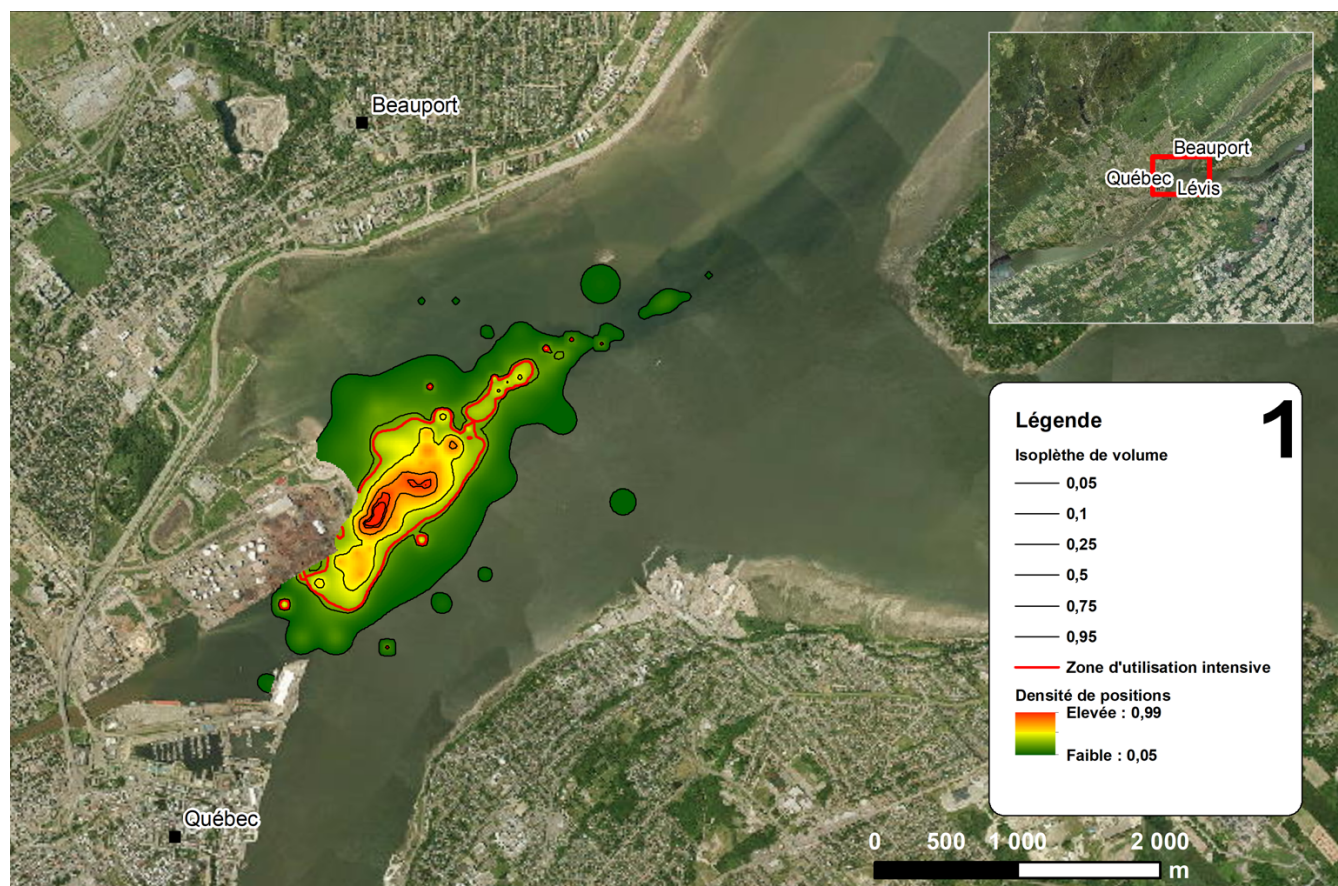


Figure 39 : Noyau de densité pondéré du groupe de bars rayés fréquentant la baie de Beauport pendant la période de reproduction (12 mai au 26 juin) de 2015 à 2018. Les lignes noires correspondent aux isoplèthes de volume dont la valeur augmente vers l'extérieur (0,25, 0,5, 0,75 et 0,95). Le polygone rouge correspond au centre d'activité du bar rayé, soit un isoplèthe de 0,71. La légende correspond à la gradation de couleurs : plus la couleur tend vers le rouge, plus la densité de positions du bar rayé augmente.

Le Tableau 18 résume la proportion de localisations et la surface occupée par chacun des isoplèthes considérés, soit 0,25, 0,50, 0,75, 0,95 et 0,99, en plus de présenter la densité de localisations observée. Ainsi, on peut observer que l'isoplèthe 0,25 regroupe 33 % des localisations dans 2 % (0,1 km²) du domaine vital total. L'isoplèthe de 1 (100 % des volumes de probabilités) étant moins fiable et problématique à modéliser, l'isoplèthe 0,99 a été considéré dans cette analyse comme l'entièreté du domaine vital des bars rayés pendant la période de reproduction. Celui-ci inclut 100 % des localisations et occupe 4,73 km².

Tableau 18 : Proportion du domaine vital et aire occupée par chaque isoplèthe de volume.

<i>Isoplèthe de volume</i>	<i>Pourcentage de localisations</i>	<i>Aire occupée (km²) et proportion du domaine vital (%)</i>
0,25	33,0 %	0,10 (2,0 %)
0,50	55,0 %	0,37 (7,8 %)
0,75	83,0 %	0,94 (19,8 %)
0,95	99,5 %	2,65 (56,0 %)
0,99	100 %	4,73 (100 %)

3.2.3 Analyse en composantes principales des localisations par télémétrie acoustique

Les statistiques descriptives liées à l'ACP menée sur les 40 individus pour lesquels un historique d'utilisation temporelle dans les 5 zones du fleuve considérées était disponible durant la période de fraie sont décrites dans le Tableau 19 (pour la description des zones, se référer à la p. 29). Le pourcentage total de variation du jeu de données expliqué par les deux premières composantes principales (CP) de l'ACP atteint près de 60 %, avec des valeurs propres initiales (*eigenvalues*) de $\lambda_1 = 1,514$ et $\lambda_2 = 1,454$ (Tableau 19). Puisque les valeurs propres des troisième et quatrième composantes étaient plus faibles que les deux premières, qui expliquaient à elles seules une bonne partie de la variance observée, elles n'ont pas été interprétées.

Tableau 19 : Statistiques descriptives de l'analyse en composantes principales (CP) sur les proportions de temps passé dans chacune des cinq zones en période de fraie par des bars rayés adultes en 2018.

<i>Valeur propre initiale</i>	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Variance	1,514	1,454	1,085	0,947
% de la variance	30,278	29,075	21,703	18,944
Cumulatif de la variance	30,278	59,353	81,056	100,000

Les principales oppositions révélées par les CP de l'analyse (c.-à-d. l'axe ou la dimension considérée) sont présentées dans le Tableau 20 et illustrées dans les figures 40 et 41. Les zones 1 et 5 sont des variables importantes dans la détermination de la CP1. De la même manière, les zones 3, 4 et 5 déterminent majoritairement la CP2. Dans ce dernier cas, le contraste est marqué entre les zones 3 et 4 par rapport à la zone 5. La longueur des vecteurs illustre le poids relatif qu'ils représentent par rapport aux autres quant à l'utilisation de chaque zone dans la définition même des CP (Figure 41).

Tableau 20 : Principales oppositions décelées dans le jeu de données selon la composante principale (CP) considérée pour chaque zone. Les zones pour lesquelles le contraste est le plus élevé pour chacune des deux CP considérées ont des valeurs (pointage de l'ACP) en caractères gras.

Zone	CP1	CP2
Zone 1	0,790	-0,327
Zone 2	0,392	-0,241
Zone 3	0,246	0,633
Zone 4	-0,399	0,680
Zone 5	-0,719	-0,652

La position relative dans le graphique de type *biplot* des individus fréquentant une zone autant sur la CP1 que la CP2 soutient l'hypothèse d'un gradient longitudinal (amont-aval) de l'utilisation du fleuve par le bar rayé en période de reproduction (Figure 41). L'utilisation par le bar rayé des zones situées dans la portion amont du fleuve (quadrants de droite) est fortement en opposition à celles situées dans la portion aval (quadrants de gauche), ce qui détermine fortement la CP1. La Figure 41 et la Figure 42 présentent la répartition des vecteurs décrits dans le Tableau 20 et la Figure 40 sur les deux CP étudiées, en plus d'illustrer la position de chacun des individus en fonction de leurs pointages sur les CP1 et les CP2, tout en tenant compte de leur site de marquage (origine; Figure 41) ou de leur sexe (Figure 43).

Les analyses statistiques menées sur les pointages des CP ont révélé que le site de marquage des individus a une influence sur l'utilisation spatio-temporelle du fleuve Saint-Laurent en période de reproduction. Selon l'analyse de Kruskal-Wallis, le site de marquage (origine) avait un effet significatif sur les valeurs individuelles de la CP1 (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 22,5$, d. f. = 4, $p = 0,0002$), mais pas sur celle de la CP2 (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 5,1$, d. f. = 4, $p = 0,28$). Un test de comparaisons multiples de Dunn, réalisé sur les valeurs de pointage de la CP1, révèle que cet effet proviendrait de différences significatives dans l'utilisation des zones du fleuve entre certains groupes de marquage ($p < 0,05$; Tableau 21). Dans certains cas, les comparaisons entre les sites de marquage révèlent une tendance à une différence d'utilisation spatio-temporelle du Saint-Laurent par les individus, qui s'avère toutefois non significative ($0,05 < p < 0,10$). Enfin, d'autres comparaisons deux à deux étaient non significatives ($p > 0,10$).

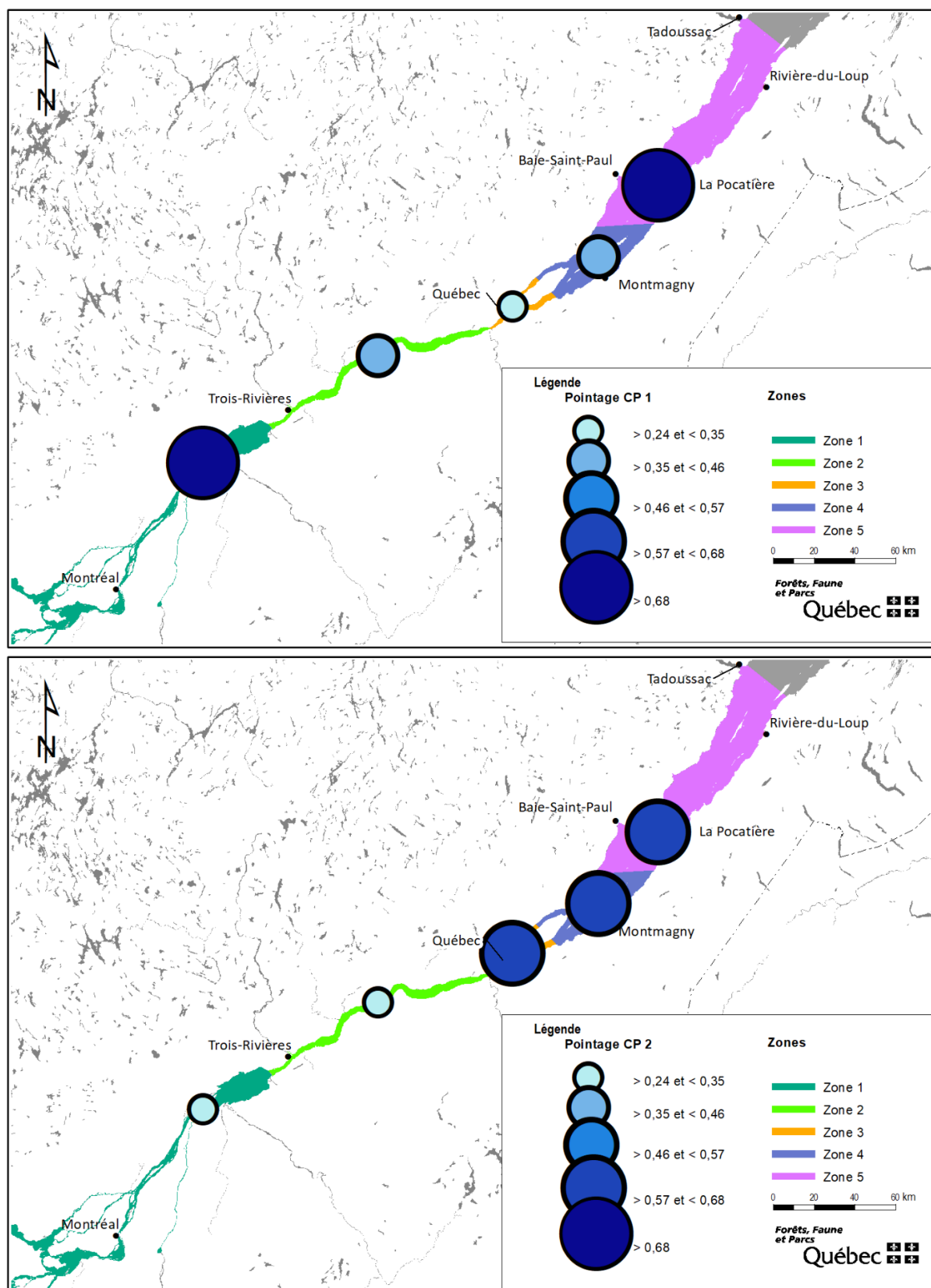


Figure 40 : Illustration de la contribution des différentes zones à l'analyse en composantes principales (ACP) selon les valeurs absolues des vecteurs présentés dans le Tableau 20 pour la CP1 (haut) et la CP2

(bas). Une couleur plus foncée et une taille plus grande du cercle indiquent une contribution plus grande à la CP considérée, alors qu'un cercle plus petit et plus pâle indique une contribution plus modeste.

Tableau 21 : Résultats du test de comparaisons multiples de Dunn réalisé sur les valeurs de pointage de la CP1 selon le lieu d'origine des bars rayés. Les valeurs p présentées ont été ajustées avec la méthode Benjamini-Hochberg.

Origine	Montmagny	Beauport	Archipel du lac Saint-Pierre	Barachois
Beauport	0,01	-	-	-
Archipel	0,0008	0,095	-	-
Barachois	> 0,10	0,07	0,007	-
Richelieu	0,095	> 0,10	> 0,10	0,091

L'analyse des pointages individuels pour la CP1 selon le site de marquage met également en lumière que les individus marqués dans la rivière Richelieu et l'archipel du lac Saint-Pierre ont tendance à utiliser davantage les secteurs amont du fleuve Saint-Laurent (zone 1), alors que les individus marqués à Montmagny et à Barachois ont tendance à passer plus de temps en aval (zone 4 et 5; Figure 42). Les individus marqués à Beauport ont une moyenne des valeurs de la CP1 près de 0, ce qui peut s'expliquer par leur tendance à utiliser plusieurs zones du fleuve Saint-Laurent en période de reproduction.

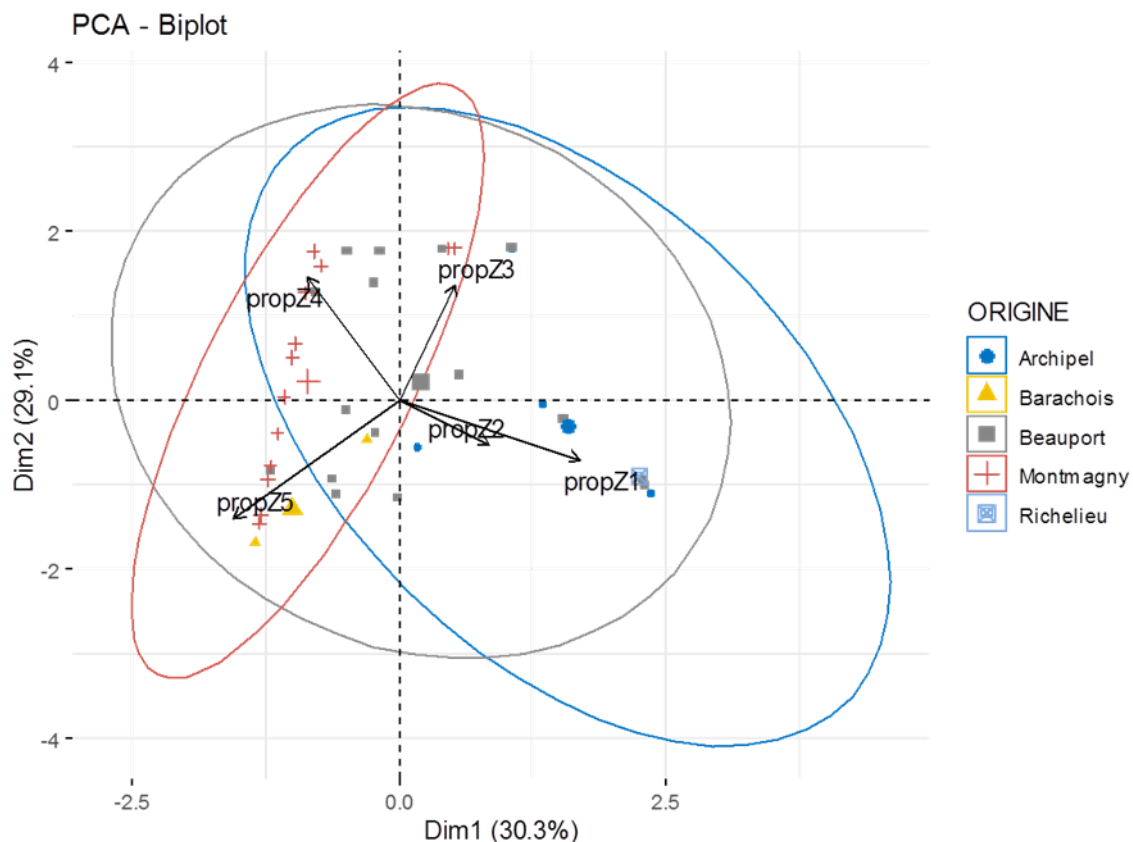


Figure 41 : Graphique de type *biplot* illustrant à la fois les vecteurs associés aux cinq zones concernées ainsi que les valeurs individuelles des CP1 et CP2 en tenant compte aussi de leur lieu d'origine pour le

marquage. Les ellipses associées aux groupes ayant suffisamment d'individus indiquent visuellement comment les individus se regroupent en fonction des deux dimensions considérées.

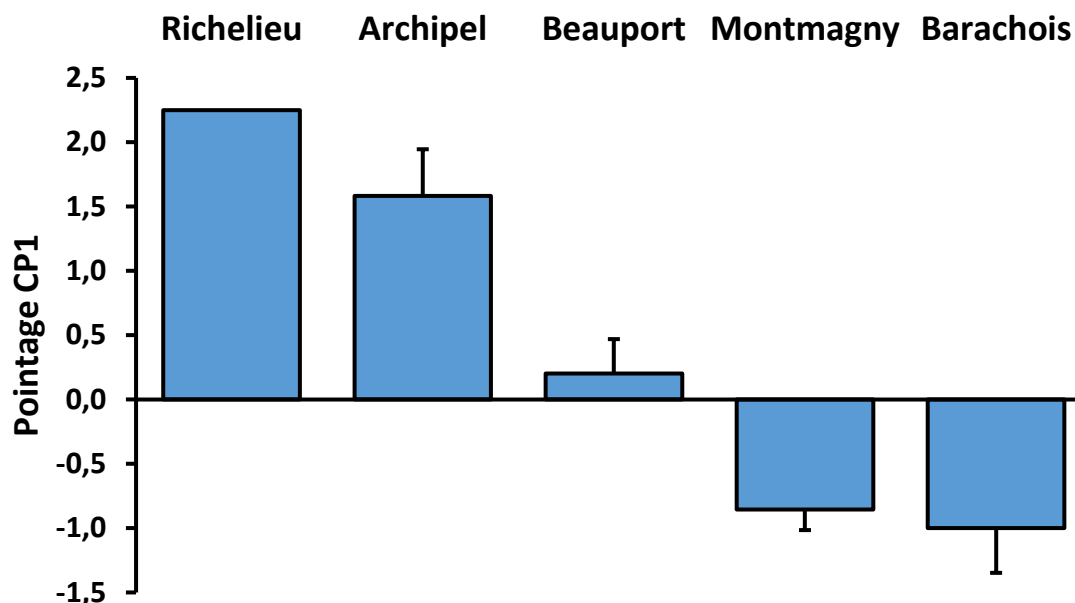


Figure 42 : Valeur moyenne (avec erreur-type) des pointages individuels pour la CP1 de l'analyse en composantes principales (ACP) selon le site de marquage de bars rayés suivis par télémétrie acoustique durant la période de fraie en 2018. Des valeurs positives indiquent une tendance à avoir des localisations plus fréquentes dans les zones 1 et 3, alors que des valeurs négatives indiquent une plus grande utilisation des zones 4 et 5.

L'examen de la moyenne de temps passé dans chacune des zones par les bars rayés révèle aussi une utilisation polarisée du fleuve Saint-Laurent en période de reproduction en fonction du site de marquage. Il apparaît que les individus marqués à Montmagny et Barachois ont passé la plus grande partie de leur temps dans les zones 4 et 5, situées dans la partie aval du fleuve (en aval de l'île d'Orléans). Aucun des individus marqués à Montmagny ou à Barachois n'a été observé dans la zone 1 qui est celle située dans la partie la plus amont du fleuve (en amont de Trois-Rivières), alors que les individus marqués dans l'archipel du lac Saint-Pierre ont, au contraire, passé la majorité de leur temps dans cette zone. Quant aux individus marqués à Beauport, une plus grande variabilité est observée dans le temps passé dans l'ensemble des zones. Il est intéressant de noter que, peu importe le site de marquage, les individus suivis ont passé peu de temps dans la zone 2 (tronçon Trois-Rivières — Saint-Romuald). Seul l'individu marqué dans la rivière Richelieu fait exception, y ayant passé la majorité de son temps (Tableau 22).

Tableau 22 : Moyenne ($\pm$ écart-type) du pourcentage de temps passé dans chacune des zones du fleuve Saint-Laurent par les bars rayés marqués (n) à différents sites de marquage (Origine). Les valeurs en gras représentent les zones où les individus ont passé le plus de temps en fonction de leur site de marquage.

Origine	n	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
Archipel	6	58,6 $\pm$44,0	6,7 $\pm$ 7,4	19,9 $\pm$ 39,5	8,0 $\pm$ 12,8	6,8 $\pm$ 1,7
Barachois	3	0,0 $\pm$ 0,0	4,3 $\pm$ 7,5	5,8 $\pm$ 10,1	5,8 $\pm$ 10,1	84,1 $\pm$27,6
Beauport	16	17,0 $\pm$ 33,1	6,4 $\pm$ 7,6	21,0 $\pm$ 26,9	30,6 $\pm$28,3	25,0 $\pm$ 30,1
Montmagny	14	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	10,4 $\pm$ 25,2	44,9 $\pm$31,6	44,8 $\pm$36,8

Richelieu	1	0,0	77,8	16,7	5,5	0,0
-----------	---	-----	-------------	------	-----	-----

Outre le site de marquage, les résultats de l'ACP ont révélé que le sexe des individus influence aussi l'utilisation des zones du fleuve Saint-Laurent pendant la période de reproduction. Selon la comparaison effectuée, les femelles ont tendance à occuper davantage les zones 4 et 5, alors que les mâles se retrouvent davantage dans les zones 1 et 3. Les individus de sexe indéterminé ont quant à eux un schéma d'utilisation intermédiaire, probablement influencé par la présence de mâles et de femelles dans le groupe.

La Figure 43 illustre que les bars rayés femelles se regroupent différemment comparativement aux mâles sur les deux CP, alors que les individus dont le sexe était inconnu à la suite du marquage se trouvent dans une ellipse qui se superpose à celles des deux sexes. Une comparaison des valeurs des CP1 et des CP2 à l'aide d'un test non paramétrique de Kruskal-Wallis indique que le sexe a un effet significatif sur ces pointages individuels pour la CP1 (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 10,8$, d. f. = 2, $p = 0,004$) et la CP2 (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 15,9$, d. f. = 2, $p = 0,0003$). Selon un test de comparaisons multiples de Dunn réalisé sur les valeurs de pointage des CP1 et des CP2, l'effet associé au sexe proviendrait de différences significatives (ajustement des valeurs p avec la méthode Benjamini-Hochberg) entre les mâles et les femelles pour la CP1 ($p = 0,003$), alors que, pour la CP2, les différences se situaient encore entre les mâles et femelles ($p = 0,002$), mais aussi entre les mâles et les individus dont le sexe était indéterminé ($p = 0,003$). Les Figure 43 et Figure 44 présentent les valeurs de pointages individuels des CP1 et des CP2, respectivement, pour les mâles, les femelles et les individus de sexe indéterminé.

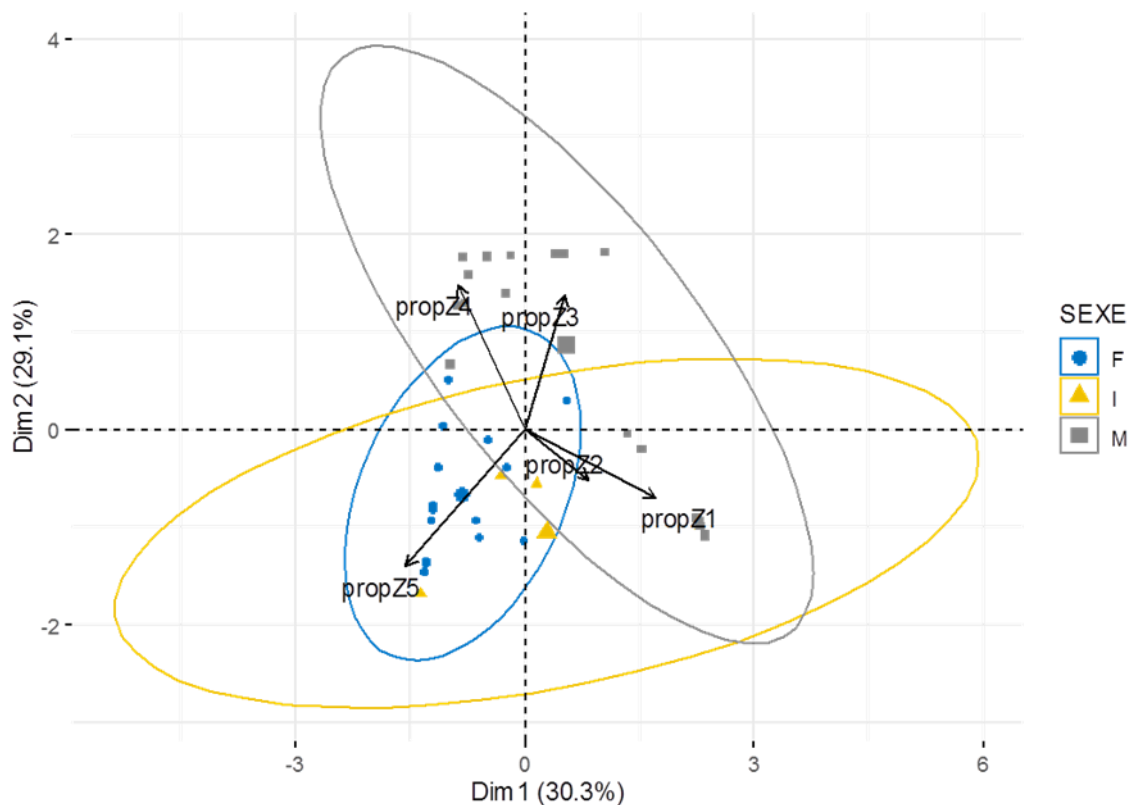


Figure 43 : Graphique de type *biplot* illustrant à la fois les vecteurs associés aux cinq zones concernées ainsi que les valeurs individuelles des CP1 et CP2 en tenant compte aussi du sexe. Les ellipses associées aux groupes ayant suffisamment d'individus indiquent visuellement comment les individus se regroupent en fonction des deux dimensions considérées.

Enfin, le nombre total de jours passés dans les trois zones connues pour abriter au moins un site de fraie confirmé ou présumé (zones 1, 3 et 4) durant la période la plus active pour la reproduction du bar rayé est significativement plus élevé chez les mâles que chez les femelles ($z = 6,16$, $p < 0,0001$). Le nombre de jours passés dans ces trois zones prédit selon le modèle (données observées) était de 17 jours pour les mâles (I. C. 95 % : 10-29) contre 7 jours pour les femelles (I. C. 95 % : 6-9).

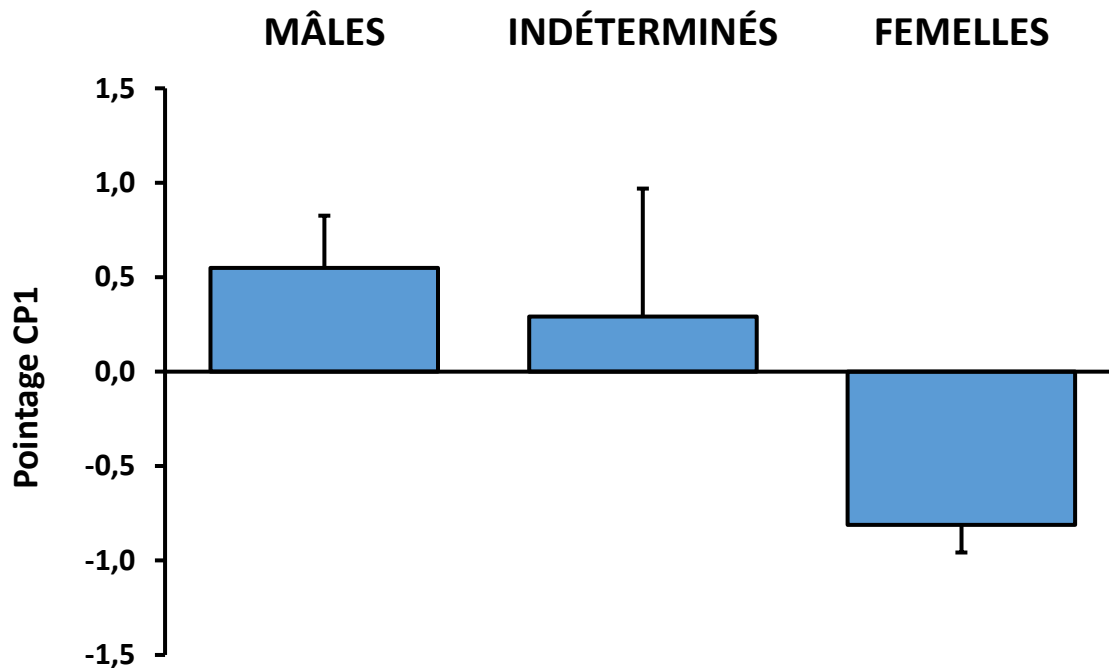


Figure 44 : Valeurs moyennes (avec erreur-type) des pointages individuels pour la CP1 de l'analyse en composantes principales (ACP) selon le sexe des bars rayés suivis par télémétrie acoustique durant la période de fraie en 2018. Des valeurs positives indiquent une tendance à avoir des localisations plus fréquentes dans les zones 1 et 3, alors que des valeurs négatives indiquent une utilisation plus grande des zones 4 et 5.

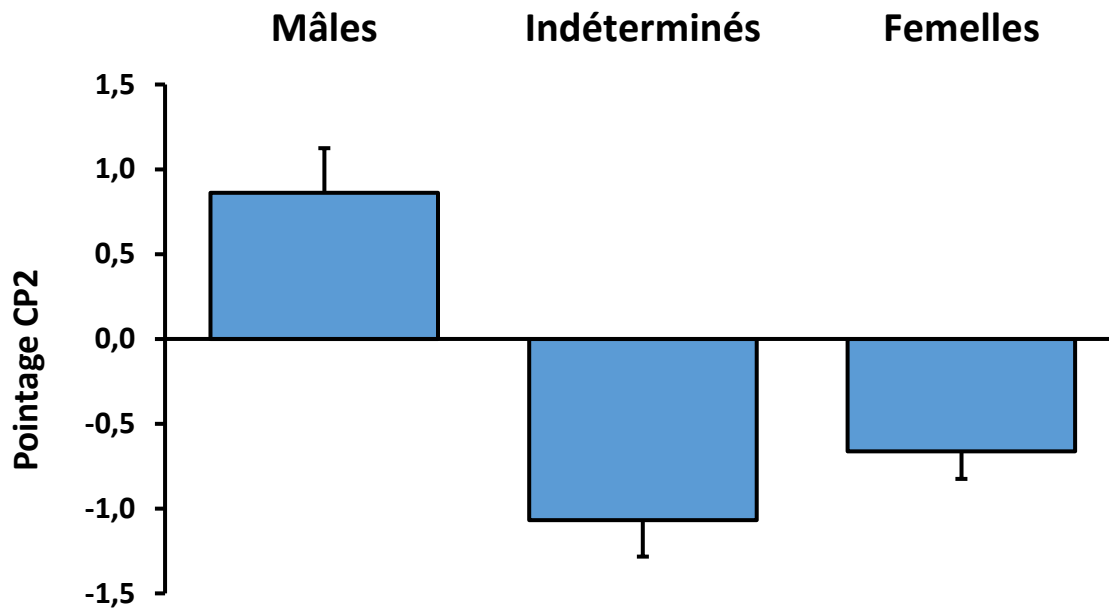


Figure 45 : Valeurs moyennes (avec erreur-type) des pointages individuels pour la CP2 de l'analyse en composantes principales selon le sexe des bars rayés suivis par télémétrie acoustique durant la période de fraie en 2018. Des valeurs positives indiquent une tendance à avoir des localisations plus fréquentes dans les zones 1 et 3, alors que des valeurs négatives indiquent une plus grande utilisation des zones 4 et 5.

3.3 Assignation populationnelle des bars rayés adultes dans les sites de reproduction

Les analyses de sclérochimie menées sur les bars rayés capturés aux sites de reproduction de l'embouchure de la rivière du Sud et de l'extrémité portuaire de Québec ont révélé que la très grande majorité des spécimens étaient nés dans le fleuve Saint-Laurent. Ainsi, 99,7 % de tous les spécimens sont nés dans le fleuve Saint-Laurent, alors que seulement 0,3 % des spécimens sont issus de la station piscicole de Baldwin-Coaticook (Tableau 23). Ce résultat met en lumière que les bars rayés issus des cohortes de 2012 à 2014 ayant contribué à la reproduction dans le fleuve Saint-Laurent sont avant tout issus de la reproduction naturelle et que l'apport des individus issus de la station piscicole à l'effectif de la population du fleuve Saint-Laurent serait très marginal.

Par ailleurs, aucun des spécimens analysés n'a été assigné à la population du sud du golfe du Saint-Laurent (Tableau 23). Cela suggère que les bars rayés de la population du sud du golfe du Saint-Laurent ne participeraient pas à la reproduction dans le fleuve Saint-Laurent.

Tableau 23 : Proportion de bars rayés assignés à la population du fleuve Saint-Laurent (Fleuve), à la population du sud du golfe du Saint-Laurent (Rivière Miramichi) et à la station piscicole de Baldwin-Coaticook (Station piscicole). Le nombre total de bars rayés analysés (N total) est également présenté.

Site et année d'échantillonnage	Proportion des assignations			N total
	Fleuve	Rivière Miramichi	Station piscicole	
Rivière du Sud 2017	0,989	0,000	0,010	96
Rivière du Sud 2018	1,000	0,000	0,000	101
Beauport 2017	1,000	0,000	0,000	66
Beauport 2018	1,000	0,000	0,000	58
Total	0,997	0,000	0,003	321

3.4 Capture d'œufs et de larves

3.4.1 Inventaire de 2010 : estuaire moyen

Au cours de cet inventaire, 4 360 larves de poissons ont été échantillonnées et triées. La très grande majorité des larves échantillonnées en 2010 dans l'estuaire moyen était des larves d'éperlan arc-en-ciel (98 %). Le second groupe en importance était de la famille des moronidés (430 individus, représentant 1,6 % de l'échantillon), y compris le baret et le bar rayé. Les moronidés étaient particulièrement abondants dans la section amont de l'estuaire moyen, près du bassin de la rivière du Sud à Montmagny. Les larves capturées, toujours munies d'un sac vitellin ou d'un sac récemment résorbé, suggèrent que les sites échantillonnés se situaient près des sites de fraie.

L'analyse génétique visant à valider l'identification morphologique des bars rayés et des barets a révélé des erreurs fréquentes d'identification chez les larves de moronidés mesurant moins de 5 mm. En revanche, aucune erreur d'identification morphologique n'est survenue pour l'ensemble des larves mesurant plus de 5 mm. Compte tenu des difficultés d'identification morphologique chez les larves de moronidés de moins de 5 mm, il a été décidé de n'inclure dans les analyses que les spécimens mesurant plus de 5 mm et pour lesquels l'identification était certaine. Ce résultat invite à la prudence lorsqu'il s'agit d'identifier de jeunes larves de moronidés selon des critères morphologiques.

Les larves de bars rayés ont toutes été échantillonnées dans la section amont de l'estuaire moyen, près des rives. Une analyse de *kriegage* de la densité larvaire a révélé que les plus fortes densités avaient été observées près du rivage, dans la section amont du secteur échantillonné (Morissette et coll., données non publiées). Selon cette analyse, en 2010, le maximum de densité larvaire se trouvait légèrement en amont de la baie de Montmagny (Figure 46).

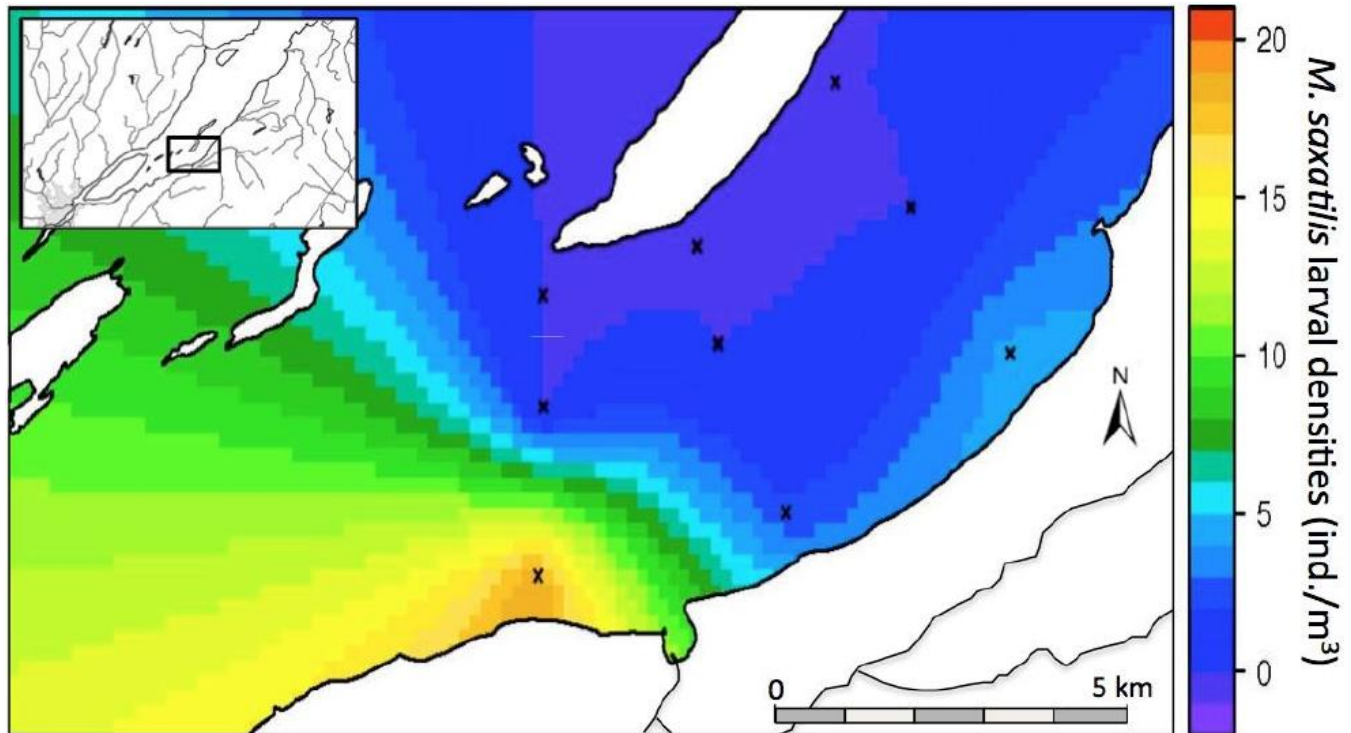


Figure 46 : Densité larvaire de bar rayé (individu/m³) estimée par l'analyse de krigage près du bassin de la rivière du Sud à Montmagny en 2010. Les « X » représentent les stations échantillonnées. Préparée par Morissette et coll., données non publiées.

Des analyses d'otolithométrie ont révélé que les larves de bars rayés capturées étaient âgées de 6 à 10 jours. Ces âges correspondent à des activités de fraie ayant eu lieu du 20 au 24 mai 2010, alors que la température de l'eau était de 15 à 18 °C.

Aucune corrélation significative n'a pu être établie entre la présence des larves de bars rayés et les conditions physico-chimiques (Figure 47). Les données révèlent toutefois que les larves de bars rayés ont été trouvées à de faibles profondeurs et dans un environnement turbide. À titre indicatif, les stations dans lesquelles des larves de bars rayés ont été trouvées étaient caractérisées par une faible profondeur (moyenne = 3,5 m), une turbidité élevée (moyenne = 65,24 NTU) et une faible salinité (moyenne = 0,1226 PSU). Ces stations se trouvaient à la limite du front salin et du maximum de turbidité estuarien.

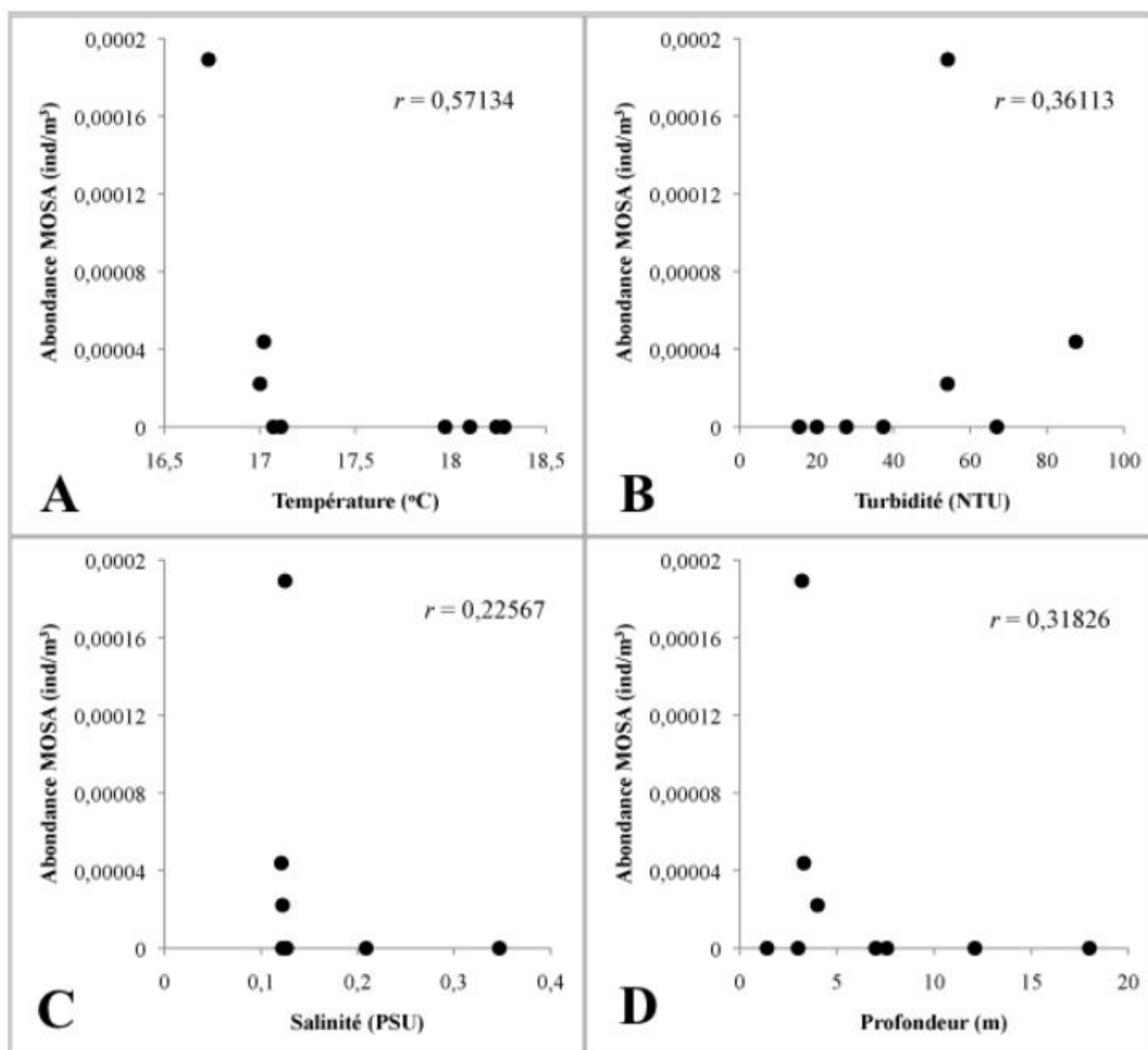


Figure 47 : Corrélation de l'abondance des larves de bars rayés (individu/m³) selon quatre paramètres physico-chimiques : la température (A), la turbidité (B), la salinité (C) et la profondeur (D). Figure tirée de Morissette 2011.

3.4.2 Inventaire de 2011 : estuaire moyen

Les 149 traits de chalut effectués dans l'estuaire moyen en 2011 ont permis d'échantillonner 28 556 larves et 791 œufs de poissons ainsi que 56 œufs d'invertébrés. Il est important de noter qu'à la suite de la publication du rapport de Côté (2012), des irrégularités ont été constatées sur le plan de la méthodologie et des analyses. Ainsi, certaines conclusions présentées dans Côté (2012) sont inexactes.

D'abord, la détermination des 10 classes utilisées pour le tri des larves de poissons échantillonnées ne s'appuie pas sur l'utilisation de critères morphométriques reconnus dans la littérature scientifique, mais plutôt sur des critères qualitatifs (p. ex., larves tordues ou trapues). Cette méthode de pré-tri aurait tout de même pu être acceptable si un nombre suffisant d'individus avait été sous-échantillonné pour être formellement identifiés, que ce soit par des critères morphologiques reconnus ou par des analyses génétiques. Toutefois, seule une très faible fraction des échantillons ($n = 116$, soit 0,4 % des échantillons) a été analysée en

laboratoire afin d'identifier les espèces. Ces analyses révèlent d'ailleurs des erreurs de tri minimalement pour la classe 7 (moronidés > 4 et < 14 mm longueur standard), dans laquelle des dorés noirs (famille des percidés) ont été identifiés.

Bien qu'il soit indiqué dans Côté (2012) que 5 à 10 individus par classe avaient été sélectionnés pour des analyses génétiques, une validation du fichier de données archivé révèle que, pour certaines classes, aussi peu que 2 échantillons ont été utilisés ou ont généré un résultat (moyenne de 12,8 individus par classe, écart-type = 11,1). La majorité des classes affiche un nombre d'individus identifiés bien en deçà des seuils statistiques recommandés pour s'assurer de la représentativité de l'échantillon et pour faire des inférences valables (Scherrer, 1984). De plus, une seconde analyse des bases de données révèle des erreurs de calcul lorsque les proportions de bars rayés ont été appliquées pour obtenir une généralisation du nombre de bars rayés par classe. À titre d'exemple, dans la classe 10, sur les 4 échantillons identifiés génétiquement, 1 individu était un bar rayé, alors que 3 étaient des barets. Cela représente ainsi une proportion de 25 % de bars rayés. Or, le rapport de Côté (2012) indique que cette classe contenait 33 % de bars rayés. En conséquence, il est recommandé de ne pas utiliser les données présentées dans le tableau 3 du rapport de Côté (2012) qui présente le sommaire des captures, puisque ces données semblent peu fiables à la lumière des irrégularités relevées.

Les calculs de densités de larves exprimés en nombre d'individus par 1 000 m³ comportent aussi des erreurs. En premier lieu, les calculs s'appuient sur les valeurs obtenues du tableau 3 du rapport de Côté (2012) sur les sommaires des captures, lequel est en soi peu fiable. Ensuite, il apparaît dans la base de données qu'un rayon de 1 m a été appliqué pour calculer le volume d'eau filtré par le chalut; or le chalut utilisé avait un rayon de 0,5 m et un diamètre de 1 m. Ainsi, un rayon de 0,5 m aurait dû être appliqué (plutôt que de 1 m) dans les calculs. Cette erreur a pour conséquence de sous-estimer la densité de larves.

Pour ces raisons, il a été décidé de n'utiliser, pour les besoins du présent rapport, que les données sur les bars rayés qui ont été identifiés génétiquement, ce qui représente 12 œufs et 15 larves. Malheureusement, la base de données de l'inventaire de 2011 ne permet pas de préciser à quelle date et durant quel trait de chalut les 12 œufs et les 15 larves de bars rayés ont été capturés. Toutefois, la très grande majorité ($n = 785$) des œufs de poissons a été capturée le 6 juin 2011, dans le secteur immédiat de la baie de Montmagny (Figure 48). La température de l'eau aux stations d'échantillonnage au moment de ces captures variait de 14,7 à 17,4 °C. Six œufs parmi lesquels pourraient se trouver des bars rayés ont aussi été capturés du 9 au 16 juin 2011 dans le secteur de Montmagny, un peu plus au large (Figure 48).

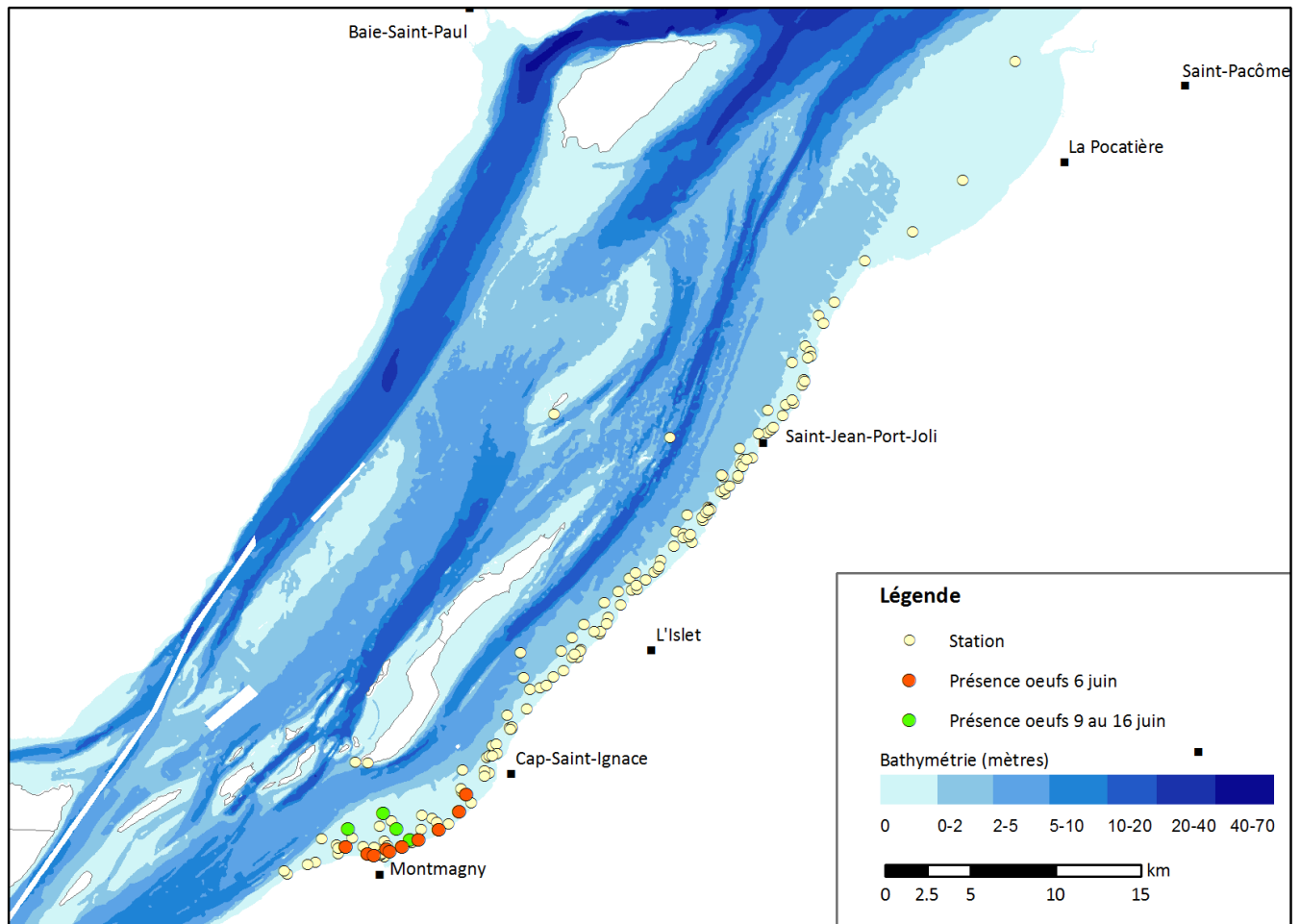


Figure 48 : Localisation des stations de chalutage où des œufs de poissons, notamment de bars rayés, ont été capturés du 6 au 16 juin 2011.

En ce qui concerne les larves, la base de données ne permet pas de déterminer précisément à quelle station et à quelle date ont été capturées les 15 larves de bars rayés formellement identifiées. La seule information confirmée veut que ces larves, d'âges variés, aient été capturées du 6 juin au 2 août 2011, dans un secteur s'étendant de Montmagny à Saint-Jean-Port-Joli (Figure 49).

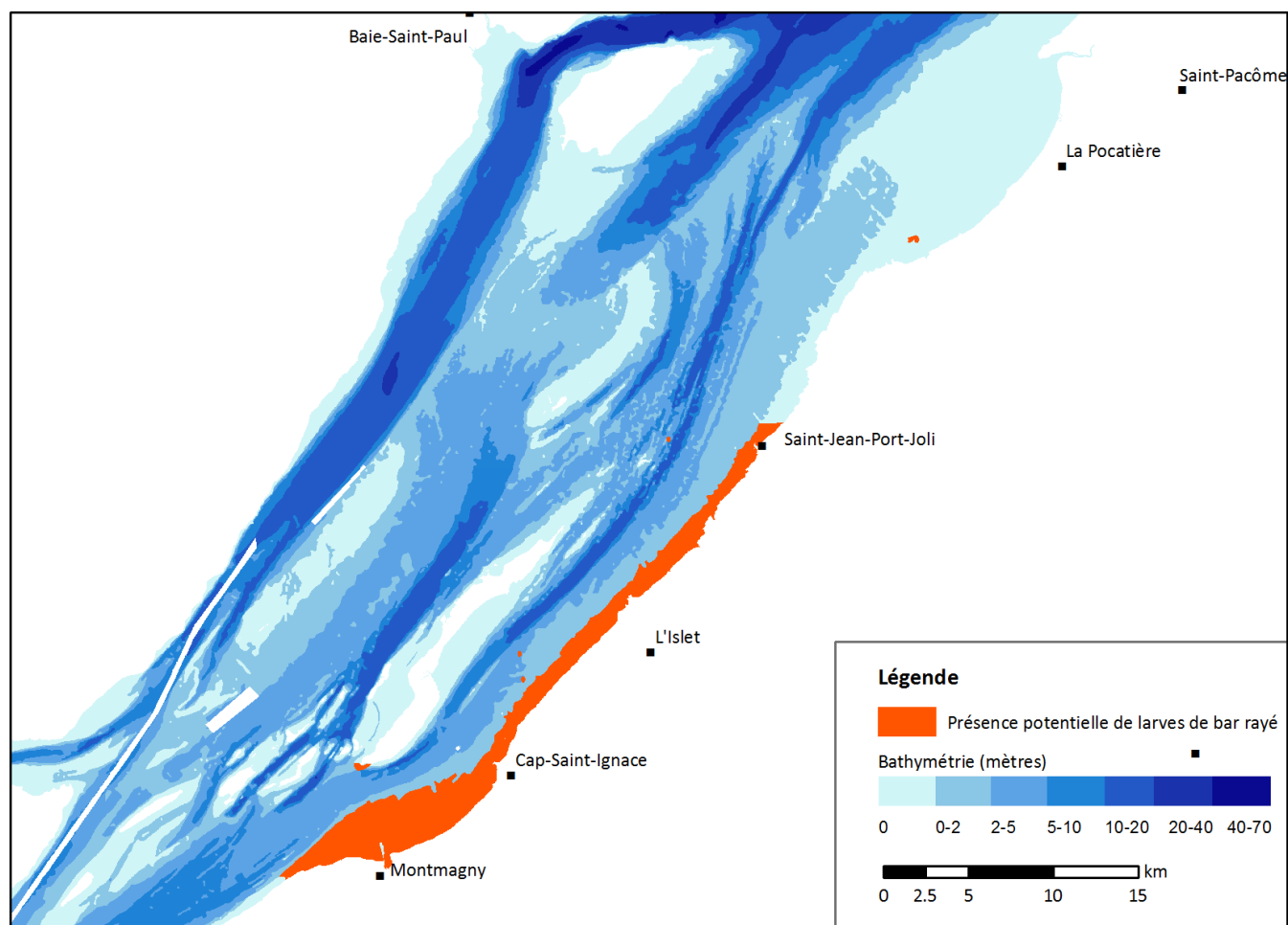


Figure 49 : Secteur dans lequel ont été échantillonnées les 15 larves de bars rayés du 6 juin au 2 août 2011.

Bien que partielles, les données d'échantillonnage d'œufs et de larves de bars rayés dans la région de Montmagny confirment la fraie du bar rayé en milieu naturel, dans le secteur amont de l'estuaire moyen du Saint-Laurent en 2011.

3.4.3 Inventaire de 2014 : secteur de Trois-Rivières à Kamouraska

Les résultats détaillés sont disponibles dans Vanalderweireldt (2019). L'échantillonnage au filet bongo mené au cours des périodes du 4 au 8 juin, du 12 au 17 juin et du 21 au 28 juin 2014 ont permis la capture de 118 jeunes larves de bars rayés. Toutes les larves ont été capturées à la confluence du front salin, soit dans des habitats d'eau douce ou dans la portion oligohaline de la zone de turbidité maximale de l'estuaire (Figure 50). Aucune larve n'a été capturée dans le tronçon situé entre Sainte-Anne-de-la-Pérade et l'île d'Orléans. De même, aucune larve n'a été capturée en aval de L'Islet-sur-Mer. En tout, 78 des 118 larves capturées (66 %) étaient âgées de 4 à 18 jours au moment de l'échantillonnage.

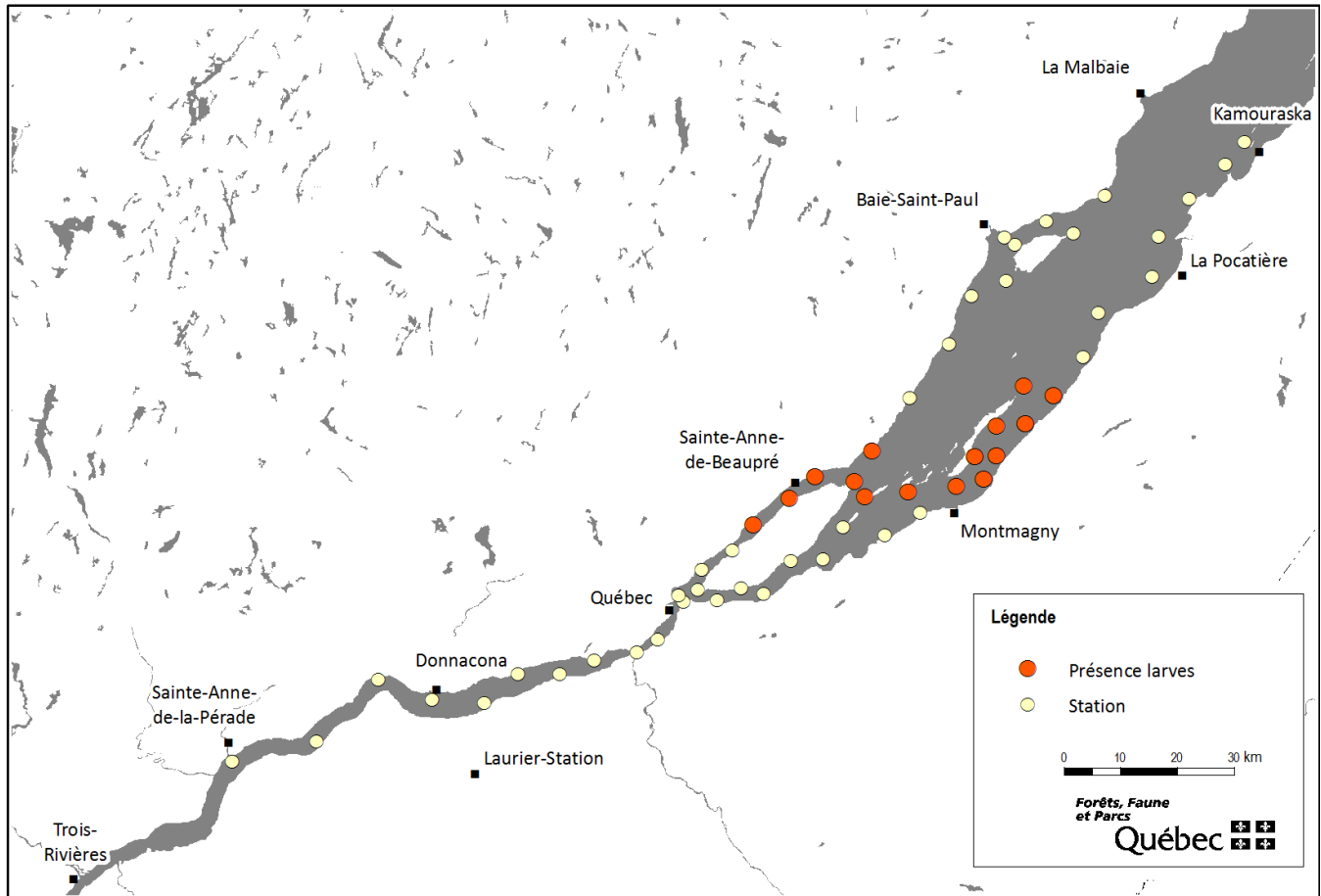


Figure 50 : Localisation des stations où des larves de bars rayés ont été capturées du 4 au 28 juin 2014.

Comme pour les inventaires menés en 2010 et 2011 (Morissette, 2011; Côté, 2012), de jeunes larves ont été trouvées au sud de l'île aux Grues, dans un secteur s'étendant de Montmagny à L'Islet-sur-Mer (Figure 50). Ces larves étaient âgées de 4 à 6 jours, de 4 à 13 jours et de 6 à 18 jours, respectivement, pour les dates de capture du 6, du 15 et du 23 juin 2014. L'âge des larves a permis de rétrocalculer les dates de fraie pour le secteur de Montmagny (Figure 51). Il apparaît que la fraie a eu lieu dans ce secteur du 28 mai au 15 juin alors que la température de l'eau était de 13,7 à 19,4 °C (moyenne $\pm$ écart-type = 16,7 $\pm$ 1,7 °C). Toutefois, 80 % des larves sont issues d'activités de fraie ayant eu lieu du 28 mai au 9 juin, alors que la température de l'eau variait de 13,7 à 18,7 °C (moyenne $\pm$ écart-type = 15,8 $\pm$ 1,3 °C).

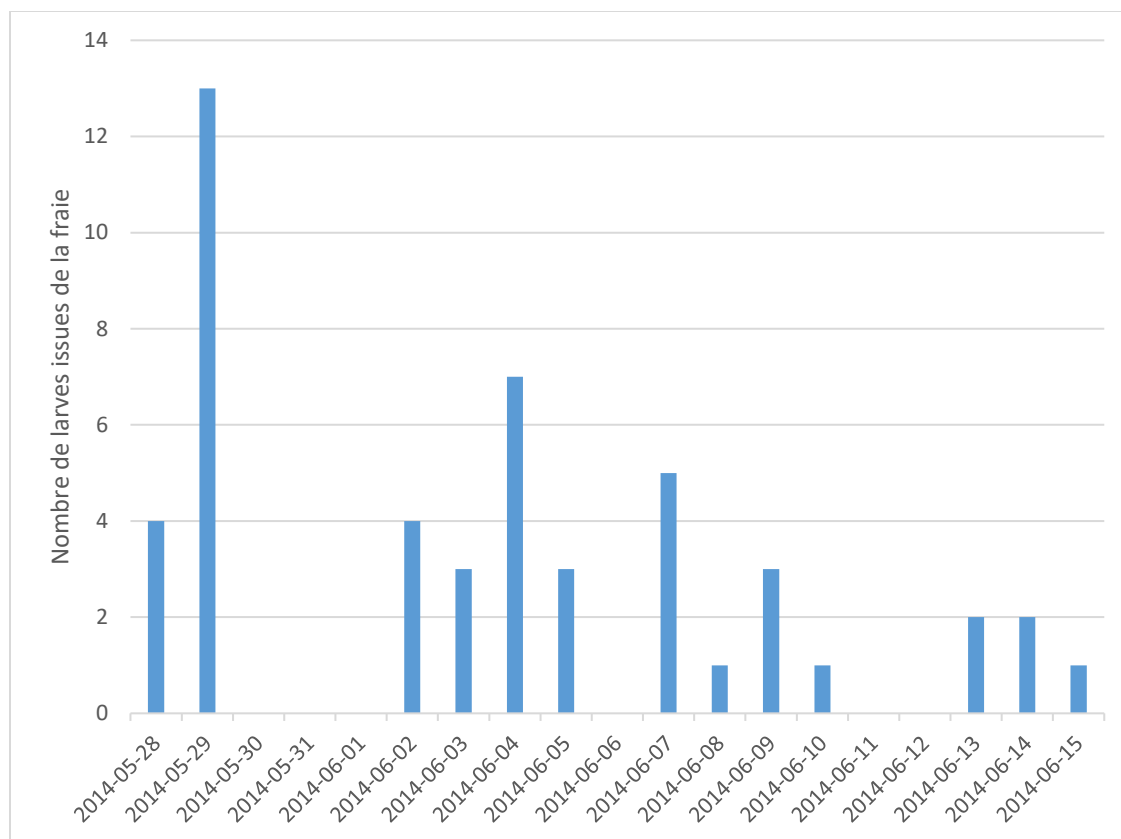


Figure 51 : Distribution de fréquence des larves de bars rayés issues des activités de fraie ayant eu lieu Montmagny en 2014 pour différentes dates, établies selon l'âge rétrocalculé des larves échantillonnées les 6, 15 et 23 juin 2014.

Pour la première fois depuis la réintroduction du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent, de jeunes larves ont été capturées sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, ce qui confirme l'existence d'un autre site de fraie. En effet, les conditions hydrodynamiques qui prévalent dans l'estuaire du Saint-Laurent créent une barrière physique infranchissable par l'ichtyoplancton, y compris les jeunes larves de bars rayés (Vanalderweireldt, 2019). Cela signifie que les larves trouvées dans le secteur nord-est de l'île d'Orléans proviennent d'un site de fraie autre que la frayère de la rivière du Sud à Montmagny.

Les larves capturées au nord-est de l'île d'Orléans étaient âgées de 5 à 8 jours, de 4 à 11 jours et de 7 à 14 jours, respectivement, pour les dates de capture du 8, du 17 et du 22 juin 2014. L'âge des larves a permis de rétrocalculer les dates de fraie pour le secteur nord-est de l'île d'Orléans (Figure 52). Il apparaît que la fraie a eu lieu du 28 mai au 13 juin alors que la température de l'eau variait de 13,7 à 22,2 °C (moyenne $\pm$ écart-type = 17,2 $\pm$ 1,8 °C). Toutefois, 80 % des larves sont issues d'activités de fraie ayant eu lieu du 28 mai au 9 juin alors que la température de l'eau variait de 13,7 à 20,9 °C (moyenne $\pm$ écart-type = 16,6 $\pm$ 1,6 °C).

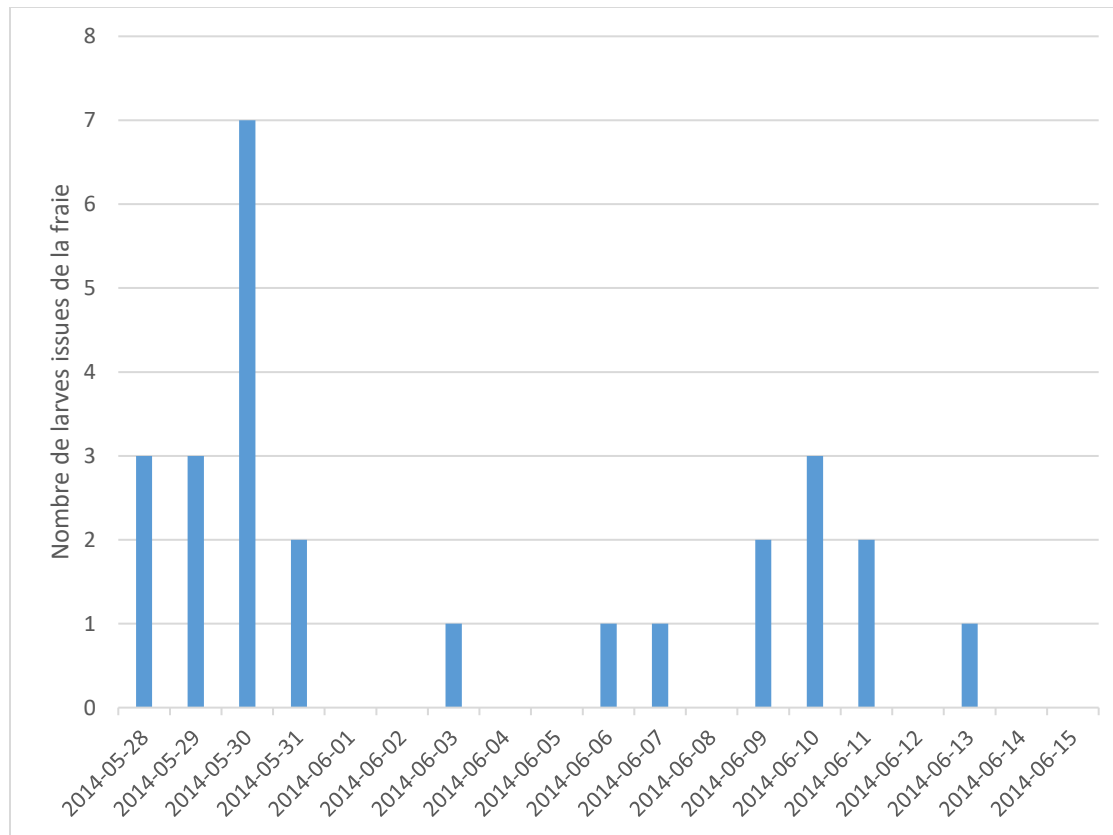


Figure 52 : Distribution de fréquence des larves de bars rayés issues des activités de fraie ayant eu lieu dans le secteur nord du fleuve Saint-Laurent en 2014 pour différentes dates, établies selon l'âge rétrocalculé des larves échantillonnées les 8, 17 et 22 juin 2014.

La répartition géographique des larves âgées de 4 à 7 jours est particulièrement intéressante pour identifier les foyers de production de bar rayé en 2014, puisqu'elle reflète la localisation la plus probable des principales aires de post-fraie dans le Saint-Laurent (Figure 53).

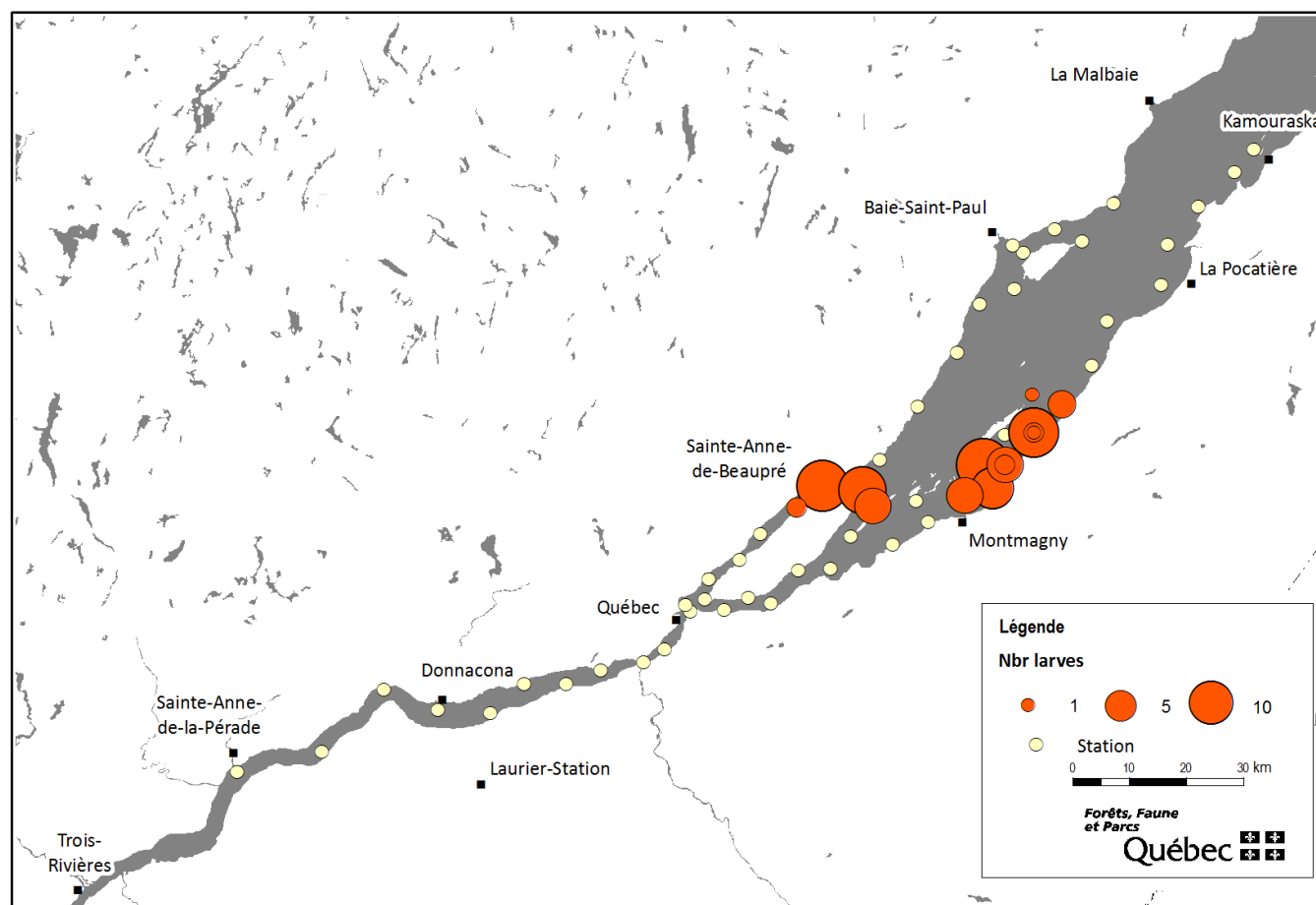


Figure 53 : Localisation des stations où des larves de bars rayés, âgées de 4 à 7 jours, ont été capturées du 4 au 28 juin 2014. La taille des cercles orange est proportionnelle au nombre de larves capturées.

3.4.4 Inventaire de 2016 : secteur de Québec

En tout, 605 œufs et 154 larves ont été échantillonnés. De ce nombre, 80 œufs et 139 larves ont été ciblés pour identification par analyse génétique (Tableau 24 et Tableau 25). Quatre espèces ont été identifiées lors des analyses génétiques à la suite du premier tri des œufs alors que neuf espèces de larves ont été identifiées. Il faut rappeler que les œufs et les larves ont été sélectionnés pour les analyses génétiques selon leur état de conservation (dégradé ou non), l'identification à la famille des moronidés et l'impossibilité de les identifier avec certitude à la famille (tous les inconnus). L'espèce la plus courante dans les échantillons analysés était le baret, suivi du bar rayé, autant pour les œufs que pour les larves.

Sur les neuf stations d'échantillonnage localisées dans la baie de Beauport, huit ont permis la capture d'œufs de bars rayés (Figure 54) et huit ont permis la capture de larves (Figure 55). Quant à la station additionnelle, numérotée de 101 à 104 selon l'emplacement de l'échantillonnage de chacun des quatre événements de pêche, seule la station 101 a permis la capture d'œufs, alors que les stations 101, 103 et 104 ont permis la capture de larves. Ainsi, dans l'ensemble, 9 stations échantillonnées sur 13 ont permis la capture d'œufs, alors que 11 sur 13 ont permis la capture de larves de bars rayés.

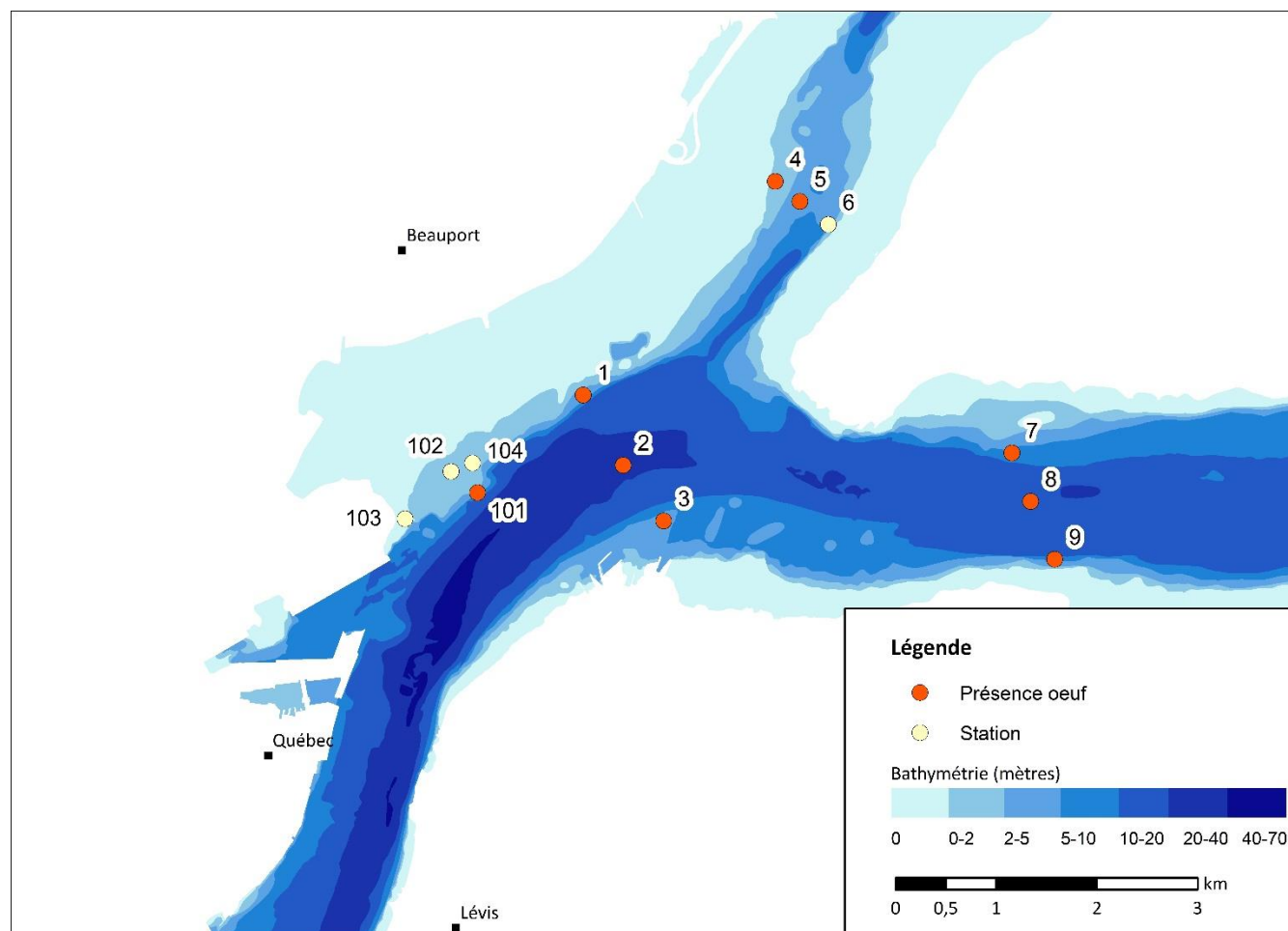


Figure 54 : Localisation des stations avec œufs de bars rayés lors de l’inventaire par chalutage en 2016.

Tableau 24. Espèces dont les œufs ont été échantillonnés et identifiés par analyses génétiques lors de l’inventaire de 2016.

Espèce	Nombre d'œufs
Baret (<i>Morone americana</i>)	60
Bar rayé	17
Alose savoureuse (<i>Alosa sapidissima</i>)	2
Doré jaune (<i>Sander vitreus</i>)	1

Tableau 25. Espèces dont les larves ont été échantillonnées et identifiées par des critères morphologiques ou génétiques lors de l'inventaire de 2016.

Espèce	Nombre de larves
Baret	85
Bar rayé	35
Perchaude (<i>Perca flavescens</i>)	7
Meunier rouge (<i>Catostomus commersoni</i>)	4
Doré noir (<i>Sander canadensis</i>)	3
Raseux-de-terre noir (<i>Etheostoma nigrum</i>)	2
Fouille-roche zébré (<i>Percina caprodes</i>)	1
Malachigan (<i>Aplodinotus grunniens</i>)	1
Omisco (<i>Percopsis omiscomaycus</i>)	1

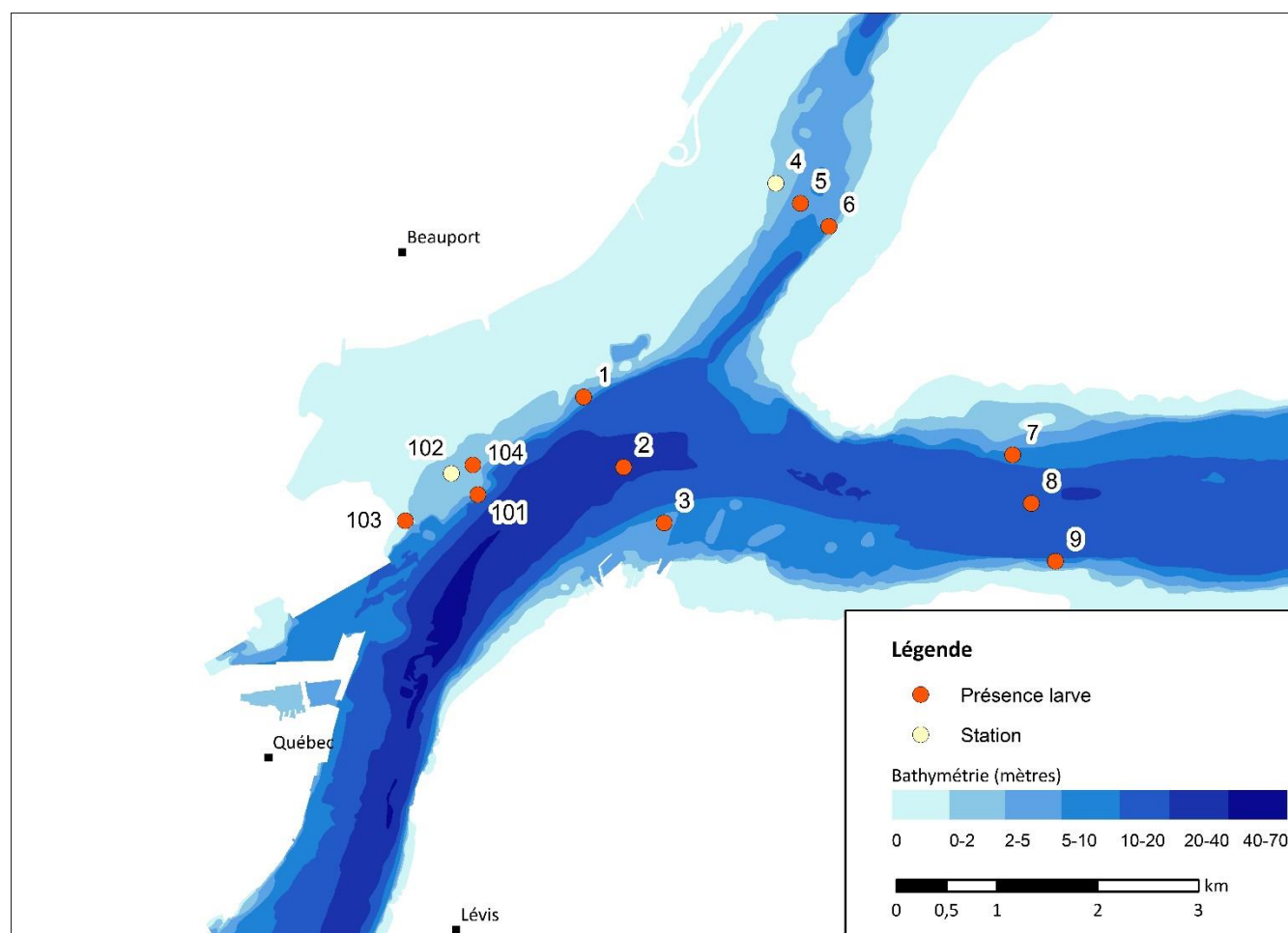


Figure 55 : Localisation des stations avec larves de bars rayés lors de l'inventaire par chalutage en 2016.

3.4.5 Suivi de l'abondance des jeunes de l'année mené par la communauté de Wôlinak en 2016 : secteur de Bécancour

Les détails des résultats se trouvent dans le document du bureau Environnement et terre de Wôlinak rédigé en 2018. Malgré un effort d'échantillonnage important, aucune activité de reproduction du bar rayé (p. ex., frénésie observable à la surface de l'eau) n'a été observée dans le secteur de la rivière Bécancour en 2016. En date d'août 2020, les œufs et les larves échantillonnés durant l'inventaire n'avaient pas été traités en laboratoire pour des raisons logistiques.

3.5 Captures de jeunes de l'année

3.5.1 Réseau de suivi ichthyologique des poissons d'eau douce du Québec, volet seine de rivage : 1995-2018

De 1995 à 2018, 382 262 poissons appartenant à 76 espèces différentes ont été capturés à la seine de rivage dans le cadre du Réseau de suivi ichthyologique. De ce nombre, sept jeunes bars rayés ont été capturés, dont deux jeunes de l'année et cinq individus d'un an ou plus. Les deux jeunes de l'année ont été capturés en 2012, sur la rive nord du secteur de Gentilly-Batiscan (Figure 56).

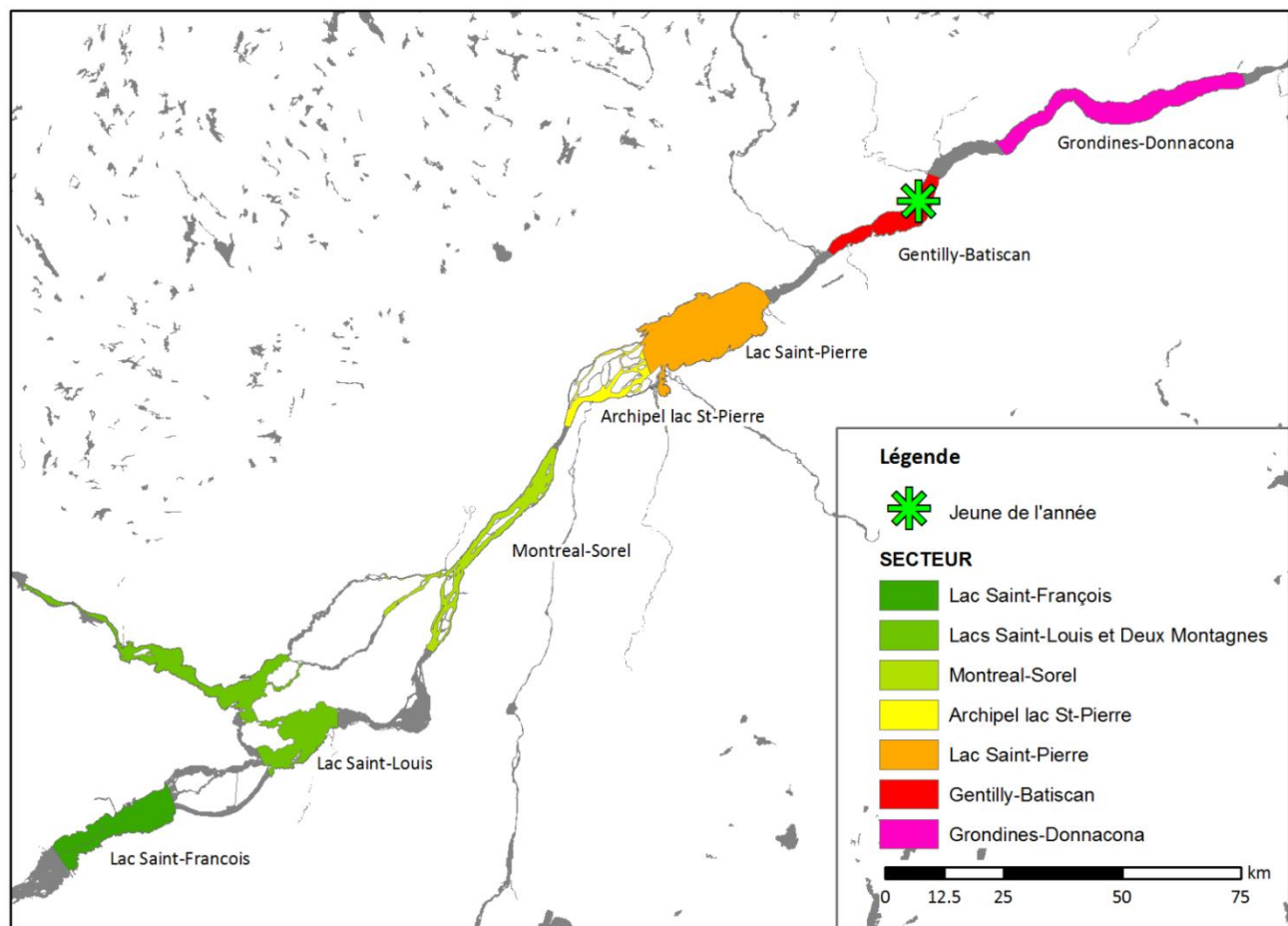


Figure 56 : Localisation des deux jeunes bars rayés de l'année capturés en 2012 dans le cadre du Réseau de suivi ichthyologique des poissons d'eau douce du Québec.

3.5.2 Réseau de suivi du recrutement des chevaliers : 1999-2018

Des bars rayés adultes sont observés depuis quelques années dans la rivière Richelieu, en particulier en aval du barrage de Saint-Ours. Ces adultes y sont observables en hiver ainsi qu'au printemps, pendant la période propice à la reproduction. Toutefois, aucun jeune bar rayé de l'année n'a été capturé dans cette rivière au cours des 19 années du suivi du recrutement des chevaliers.

3.5.3 Recherche de jeunes bars rayés dans l'estuaire du Saint-Laurent : 2011

La recherche de jeunes bars rayés de l'année dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent à la seine de rivage a permis la capture de 745 poissons appartenant à 26 espèces, dont le bar rayé (Tableau 26). Le baret ($n = 358$), l'aloise savoureuse ($n = 112$) et le poulamon ($n = 130$) étaient les espèces les plus abondantes. Pour ce qui est du bar rayé, 37 jeunes de l'année mesurant de 2 à 11 cm (longueur totale) ont été capturés dans des stations réparties de l'île d'Orléans à Rivière-Ouelle (Figure 57).

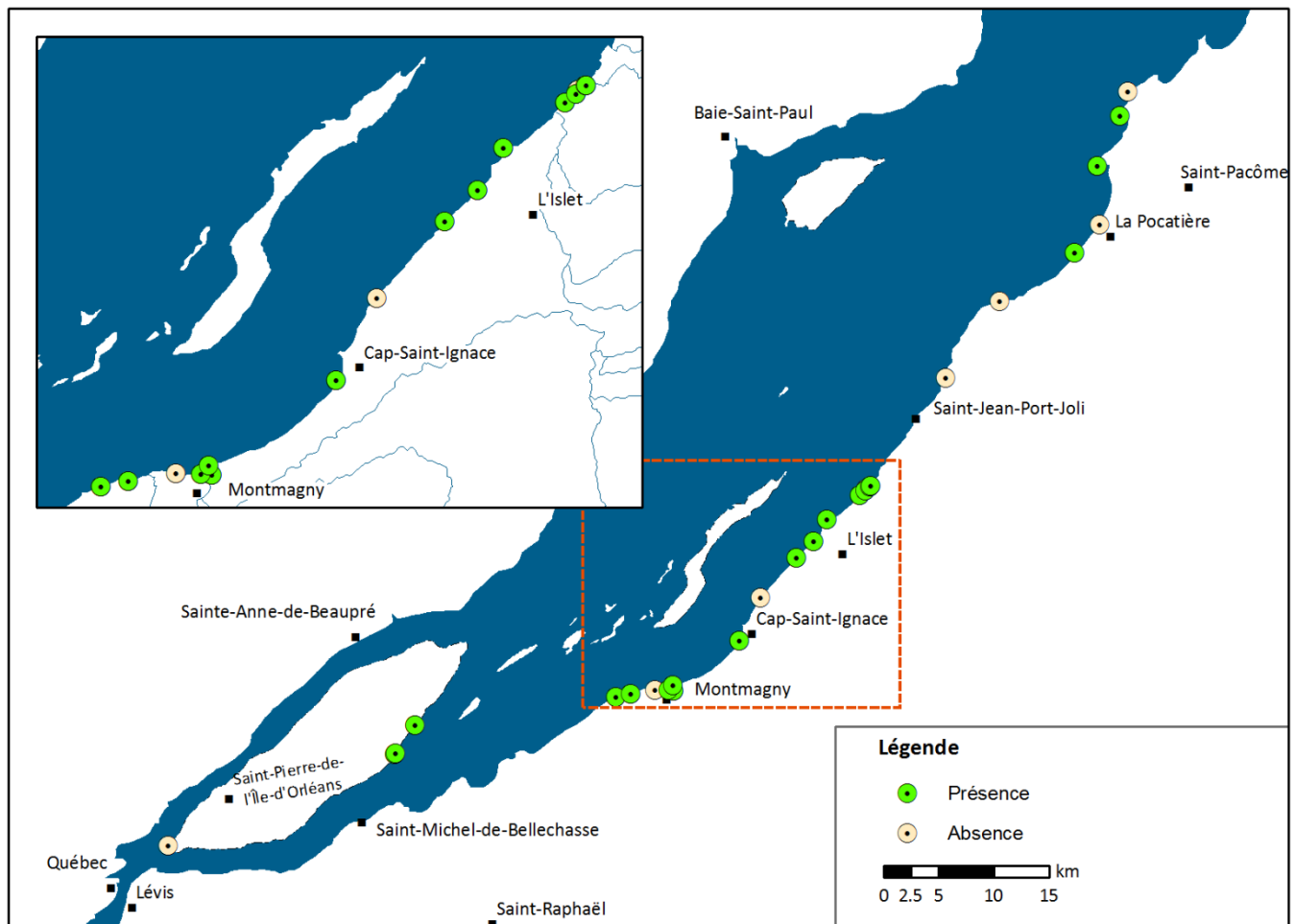


Figure 57 : Localisation des stations dans lesquelles de jeunes bars rayés de l'année ont été capturés du 3 août au 7 septembre 2011.

Tableau 26 : Nombre d'individus capturés par espèce lors de l'inventaire à la seine de rivage ayant eu lieu du 3 août au 7 septembre 2011, de l'île d'Orléans à Rivière-Ouelle.

Espèce (nom français)	Espèce (nom latin)	Nombre d'individus
Alose savoureuse	<i>Alosa sapidissima</i>	112
Bar rayé	<i>Morone saxatilis</i>	37
Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>	2
Baret	<i>Morone americana</i>	358
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	1
Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	5
Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	7
Doré noir	<i>Sander canadense</i>	2
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	11
Épinoche à neuf épines	<i>Pungitius pungitius</i>	2
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	13
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	34
Gaspareau	<i>Alosa pseudoharengus</i>	22
Gobie à tache noire	<i>Neogobius melanostomus</i>	1
Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>	10
Marigane noire	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	1
Mené paille	<i>Notropis stramineus</i>	6
Mené pâle	<i>Notropis volucellus</i>	7
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	6
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	13
Naseux noir	<i>Rhinichthys atratulus</i>	2
Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	1
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	21
Plie lisse	<i>Pleuronectes putnami</i>	10
Poulamon atlantique	<i>Microgadus tomcod</i>	130
Queue à tache noire	<i>Notropis hudsonius</i>	31

3.5.4 Travaux de démarrage du réseau de suivi des jeunes bars rayés de l'année : 2012

Les résultats de cet inventaire sont présentés de façon détaillée dans Pelletier (2013). Les travaux de démarrage du réseau de suivi de l'abondance ont été les premiers à couvrir systématiquement l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. L'échantillonnage, effectué de juillet à septembre, a permis de récolter 34 700 poissons appartenant à 52 espèces, y compris le bar

rayé, pour lequel 361 jeunes de l'année ont été capturés. La majorité des bars rayés a été capturée dans la partie aval de l'estuaire fluvial et dans le secteur amont de l'estuaire moyen.

Bien que des jeunes de l'année aient été capturés de Batiscau à Rivière-du-Loup, certains secteurs présentent une plus forte concentration d'individus. Les secteurs de concentration varient dans le temps, et une différence significative dans la répartition spatio-temporelle des jeunes a été observée de juillet à août (Figure 58). De fait, un déplacement vers l'aval de l'estuaire semble se produire au fil des mois. Alors qu'en juillet les secteurs de Donnacona, de Québec, de Montmagny et de Rivière-Ouelle présentaient une abondance plus importante de jeunes bars rayés, ils se concentraient davantage dans les secteurs de Québec, de Montmagny et de Kamouraska en septembre (Figure 59).

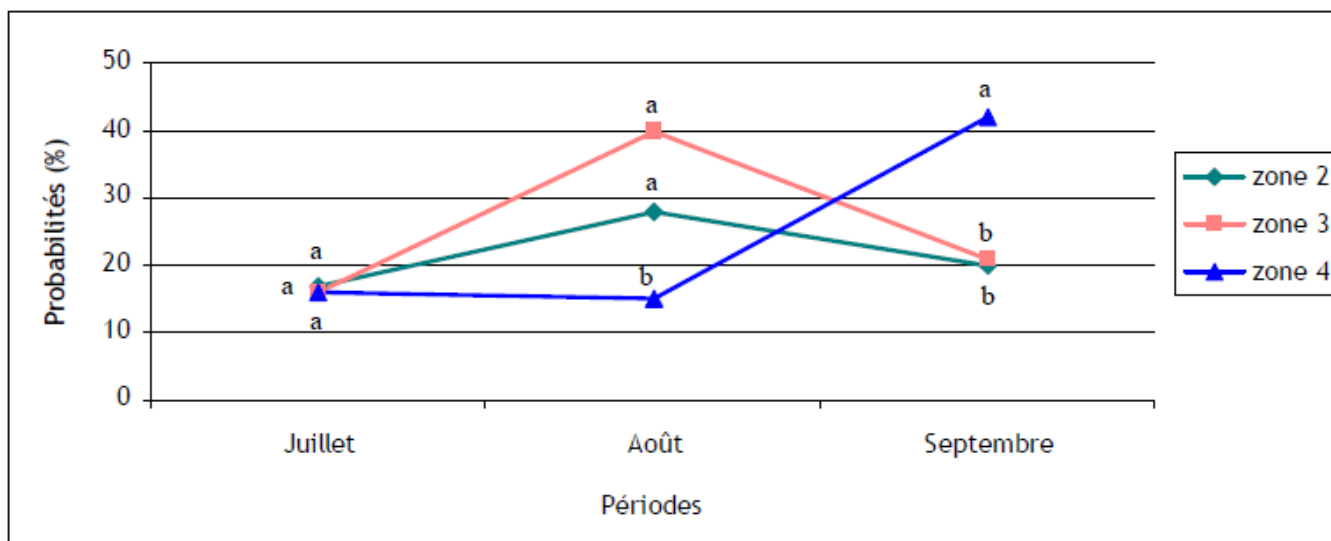


Figure 58 : Probabilité prédite de capturer un jeune de l'année selon les zones et les périodes échantillonnées pour le bar rayé du fleuve Saint-Laurent. Les lettres indiquent où se situent les différences significatives pour une période donnée. Tirée de Pelletier (2013).

Malgré une analyse exhaustive de plusieurs caractéristiques de l'habitat, l'étude de Pelletier (2013) n'a pas permis de déterminer des caractéristiques particulières liées à la présence de jeunes bars rayés de l'année. Toutefois, les analyses ont démontré une forte association entre la présence du bar rayé dans un habitat et celle du baret.

Un résultat surprenant observé en 2012 est l'occurrence d'une distribution bimodale de la fréquence de tailles chez les jeunes de l'année. En effet, cette distribution s'observe dès le mois de juillet, et s'est maintenu en août et en septembre (Figure 60). Une telle distribution pourrait s'expliquer par une fraie différée ou l'utilisation de différents sites de croissance pour lesquels des différences existent en matière de ressources disponibles pour les larves.

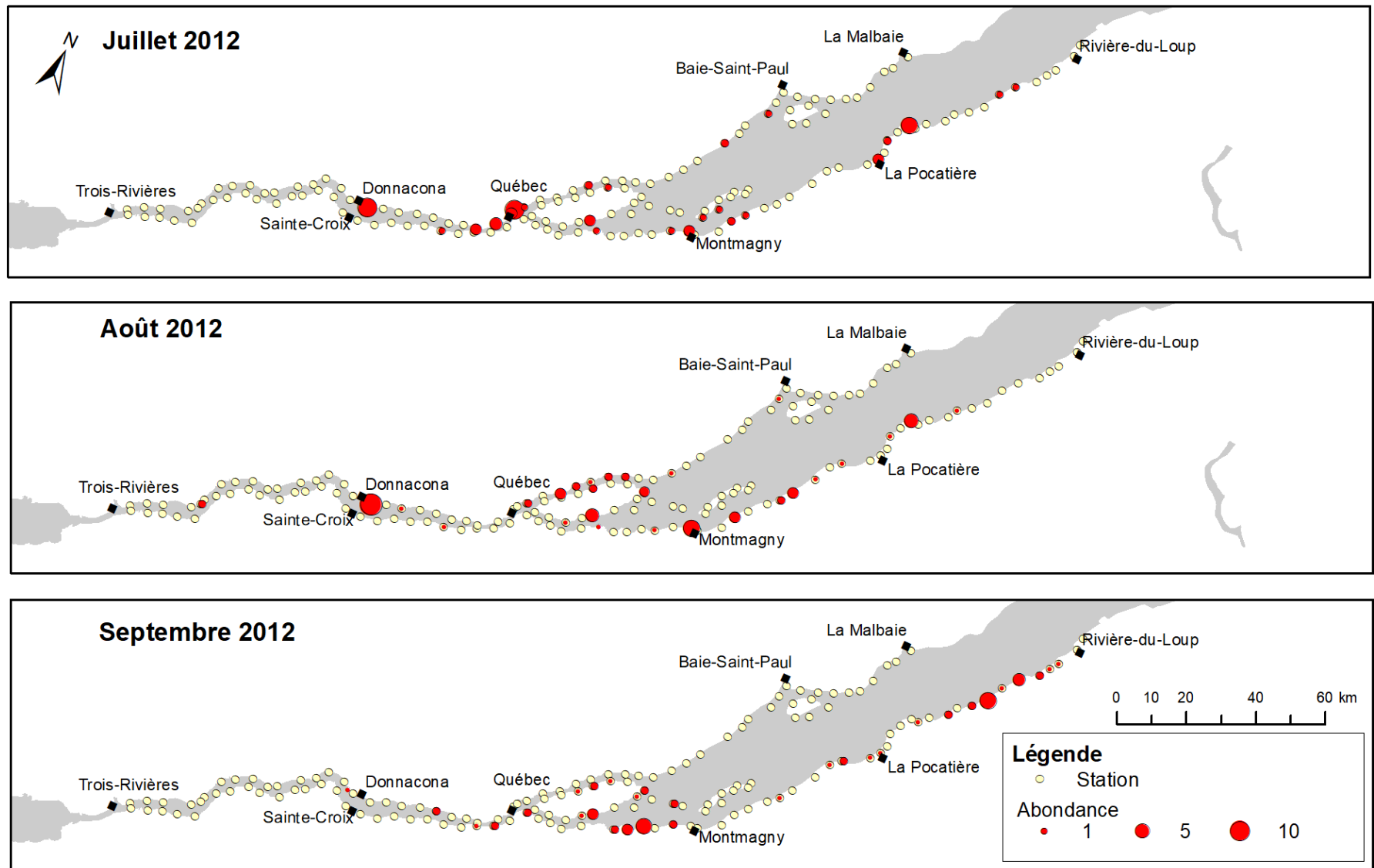


Figure 59 : Distribution des captures de jeunes bars rayés de l'année obtenues au premier coup de seine pour les périodes de juillet à septembre 2012.

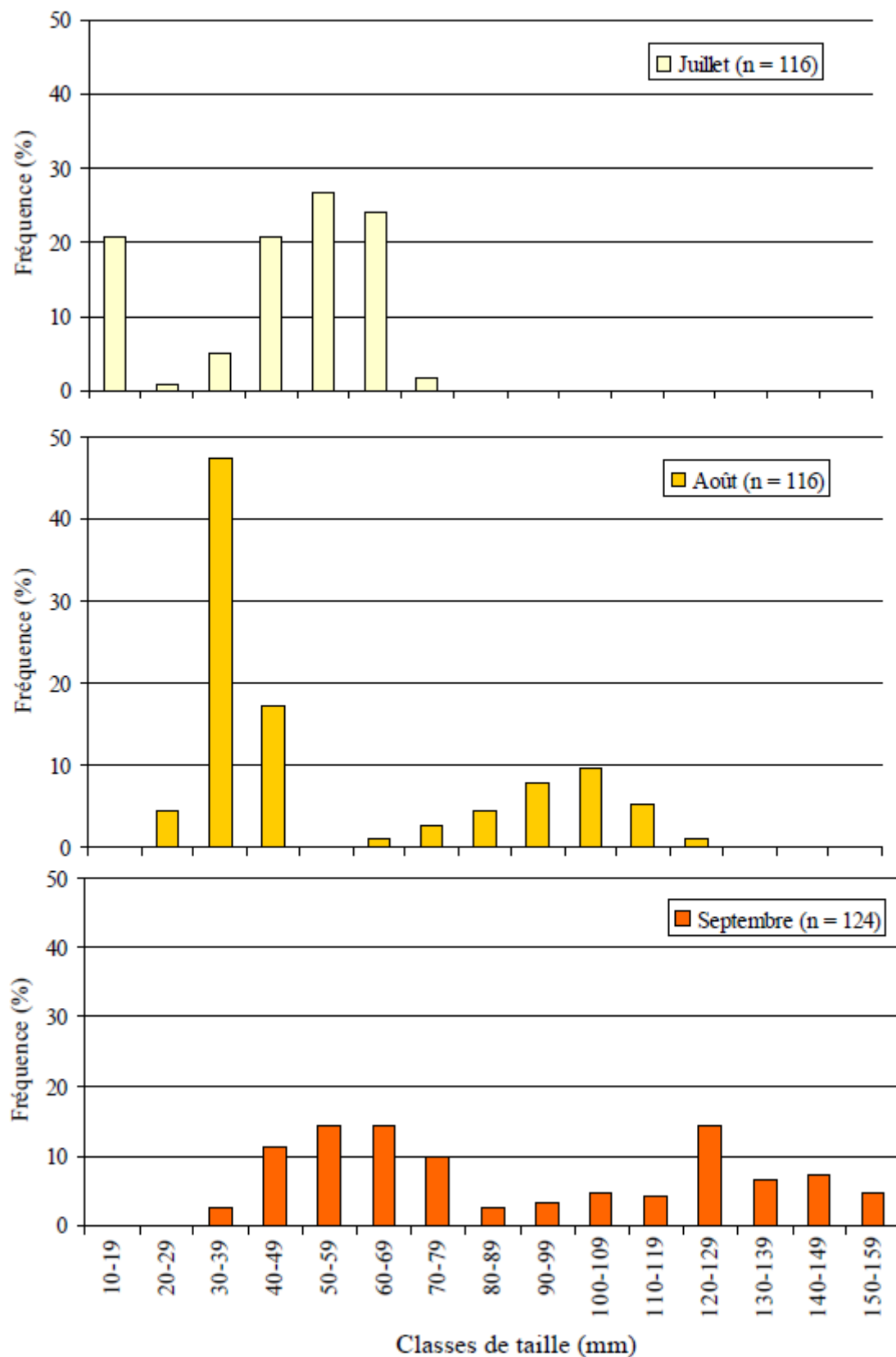


Figure 60 : Distribution de fréquences de classes de taille en mm (LTmax) des bars rayés 0+ selon la période. Les longueurs ont été mesurées suite à la conservation des spécimens échantillonnés dans l'éthanol 95 %. Tirée de Pelletier (2013).

3.5.5 Projet de recherche sur l'habitat des jeunes bars rayés de l'année et les stratégies de migration : 2011-2012

Les résultats complets de ce projet sont présentés dans Morissette et coll. (2016). La composition chimique des otolithes des jeunes bars rayés a pu être utilisée pour évaluer leur fréquentation de l'habitat estuarien du fleuve Saint-Laurent.

Trois types d'utilisation de l'habitat ont été observés chez les jeunes bars rayés de l'année du fleuve Saint-Laurent. En effet, les individus ont pu être regroupés selon trois contingents migratoires (Figure 61). Le premier contingent, appelé « résident d'eau douce », inclut les jeunes qui ont passé toute leur première année de vie en eau douce. Le deuxième contingent, appelé « migrant oligohalin », inclut quant à lui les jeunes qui se sont déplacés entre l'habitat d'eau douce et l'habitat oligohalin au moins une fois. Le troisième contingent, appelé « migrant mésohalin », inclut les jeunes bars rayés qui se sont déplacés au moins une fois dans l'habitat mésohalin.

L'analyse des éléments du cœur de l'otolithe des bars rayés a révélé que la majorité des individus était née en eau douce, alors qu'une plus faible proportion d'individus était née dans l'habitat oligohalin (Tableau 27). Ainsi, aucun individu n'est né dans l'habitat mésohalin (Tableau 27). Ce résultat indique que la reproduction du bar rayé s'effectue principalement dans la portion d'eau douce de l'estuaire du Saint-Laurent.

Au cours de leur première année de vie, certains jeunes bars rayés sont demeurés dans leur habitat natal, alors que d'autres ont entamé des migrations vers les autres habitats de l'estuaire du Saint-Laurent. Après la résorption du sac vitellin, la plupart des individus échantillonnés a d'abord utilisé l'habitat d'eau douce (90,8%) ou l'habitat oligohalin (7,6%), alors qu'une très faible proportion (1,6%) des individus a d'abord occupé l'habitat mésohalin.

Tableau 27 : Origine (en pourcentage) du bar rayé résident d'eau douce (RED), migrant oligohalin (MO) et migrant mésohalin (MM) déterminée à partir de l'empreinte élémentaire du cœur de l'otolithe. Adapté de Morissette et coll. (2016).

Habitat d'origine	2011 1+ (N = 54)			2012 0+ (N = 64)		
	RED %	MO %	MM %	RED %	MO %	MM %
Eau douce	100	92,3	66,7	65,5	59,0	53,8
Oligohalin	0,0	7,7	33,3	34,5	41,0	46,2
Mésohalin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Au cours de leur première année de vie, chaque bar rayé a effectué en moyenne 1,4 transition d'un habitat à l'autre (minimum de 0, maximum de 5). Les déplacements vers l'aval (vers les habitats oligo- et mésohalins) ont été observés à partir du moment où les jeunes bars rayés ont atteint une longueur totale de 40 mm. Selon Mansueti (1958), à cette taille, les jeunes ont acquis une capacité natatoire leur permettant de se déplacer et d'éviter la dérive passive.

En tenant compte de l'ensemble des déplacements et du temps d'utilisation des habitats, les jeunes bars rayés ont été assignés aux contingents migratoires répertoriés. Pour les bars rayés échantillonnés en 2011, 27,8 % des jeunes bars rayés de l'année ont été assignés au contingent résident d'eau douce, 48,1 % ont été assignés au contingent migrant oligohalin, alors que

24,1 % ont été assignés au contingent migrant mésohalin. Ces proportions sont demeurées passablement les mêmes au cours de la deuxième année de vie des jeunes bars rayés (étant respectivement de 22,2, 40,7 et 37,1 %; Figure 62). Chez les bars rayés échantillonnés en 2012, 48,1 % des jeunes bars rayés de l'année ont été assignés au contingent résident d'eau douce, 34,3 % ont été assignés au contingent migrant oligohalin, alors que 20,3 % ont été assignés au contingent migrant mésohalin.

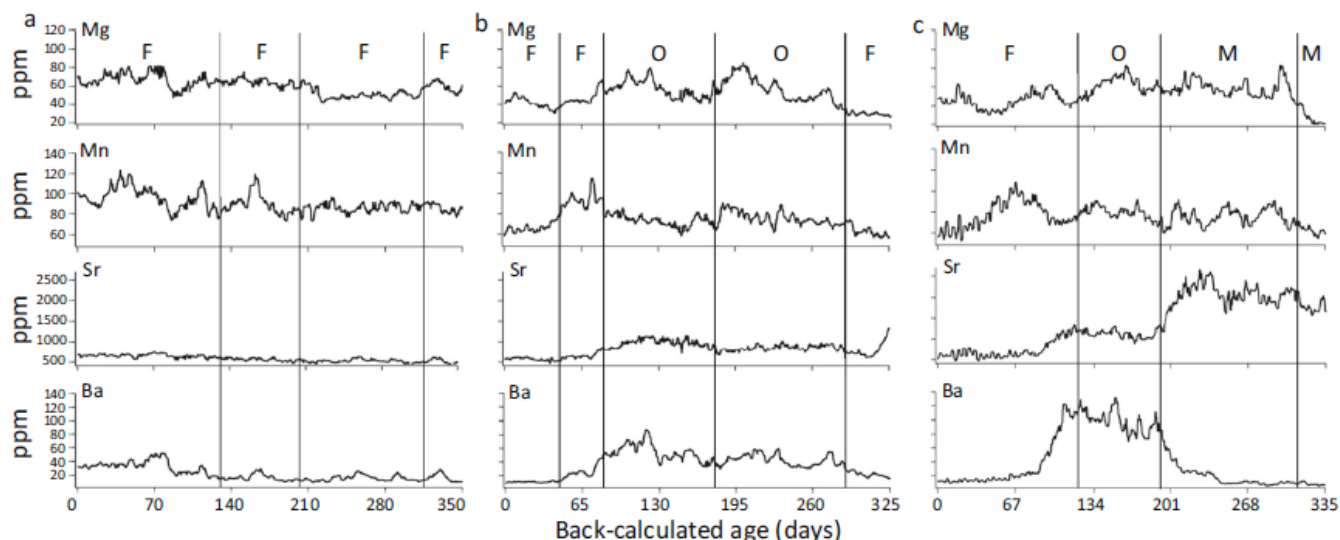


Figure 61 : Concentration (en ppm) des éléments traces (Mg, Mn, Sr et Ba) au cours de la première saison de croissance déterminée à partir du profil de l'otolithe (rétrocalculé à l'âge en jours) à partir du cœur de l'otolithe. Les individus typiques des contingents : a) résident d'eau douce; b) migrant oligohalin; et c) migrant mésohalin sont présentés. Les lignes verticales indiquent une transition d'habitat déterminée par une analyse de fenêtre mobile (*split-moving window analysis*) et les lettres indiquent la classification de l'habitat telle qu'elle est déterminée par l'analyse discriminante : F (*Freshwater*) pour eau douce, O pour oligohalin et M pour mésohalin. Tirée de Morissette et coll. (2016).

Le temps d'utilisation des habitats d'eau douce, oligohalin et mésohalin par les jeunes bars rayés variait selon les contingents et les cohortes échantillonnées (Figure 62). Ainsi, les individus du contingent « résident d'eau douce » sont demeurés en eau douce 100 % du temps. Les individus du contingent « migrant oligohalin » ont pour leur part utilisé l'habitat d'eau douce 75 % du temps, alors qu'ils se trouvaient dans l'habitat oligohalin 25 % du temps, qu'ils s'agissent des individus échantillonnés en 2011 ou en 2012. Le temps d'utilisation des habitats par le contingent « migrant mésohalin » variait entre les deux cohortes échantillonnées. De fait, les individus échantillonnés en 2011 ont utilisé principalement l'habitat mésohalin (45 % du temps), alors que les individus échantillonnés en 2012 ont surtout utilisé l'habitat d'eau douce (68 % du temps).

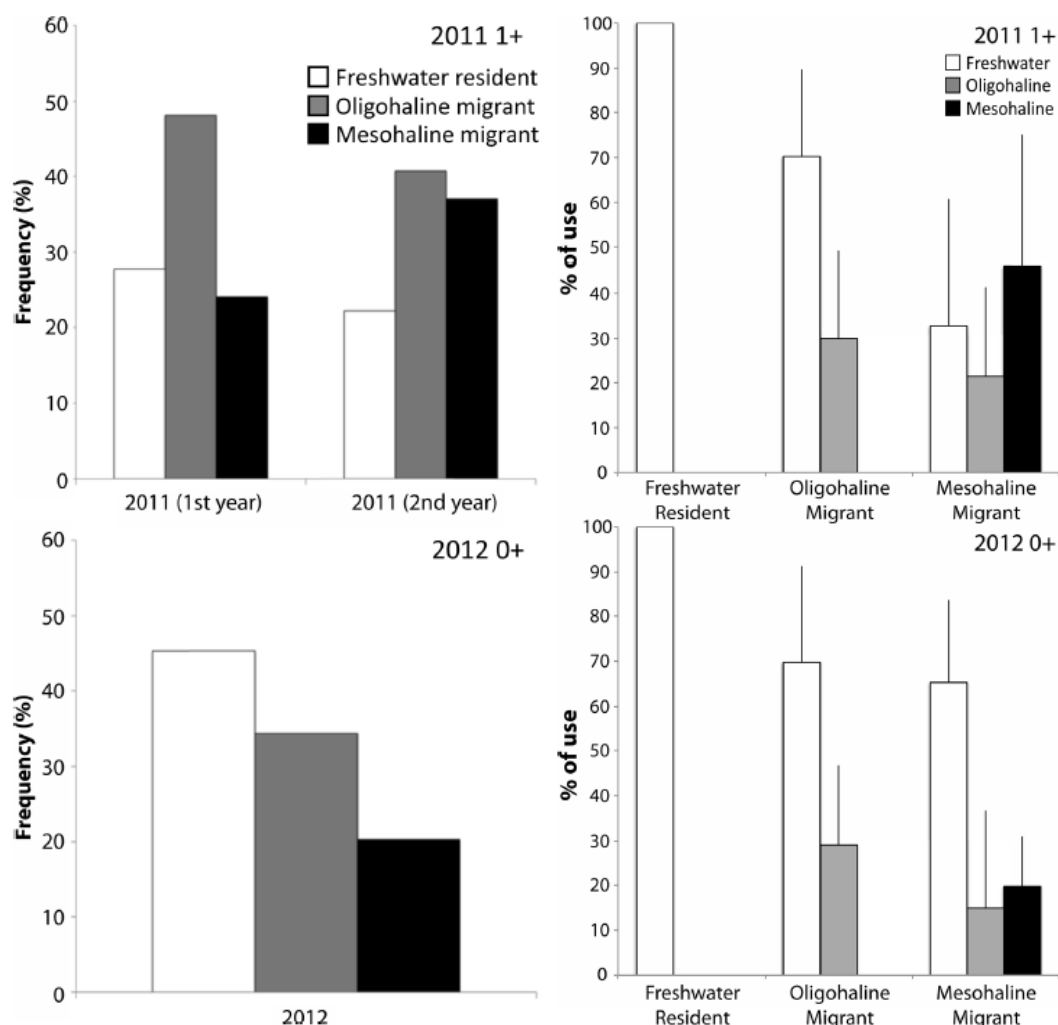


Figure 62 : Panneau de gauche : proportion des individus attribués aux trois contingents chez les individus échantillonnés en 2011, au cours de leur première et de leur deuxième année de vie (haut) et proportion des individus attribués aux trois contingents chez les individus échantillonnés en 2012 au cours de leur première année de vie (bas). Panneau de droite : utilisation moyenne de l'habitat par les trois contingents de bar rayé au cours de leur première année de vie pour les bars rayés échantillonnés en 2011 (haut) et en 2012 (bas), les bars représentent l'erreur-type. Tirée de Morissette et coll. (2016).

3.5.6 Projet de recherche sur l'habitat des jeunes bars rayés de l'année : 2014

Les résultats de cette étude sont présentés en détail dans Vanalderweireldt (2019). Cette dernière révèle l'utilisation d'un large spectre d'habitats par les jeunes bars rayés de l'année. Une analyse de groupement a permis de diviser les stations échantillonnées au cours de l'étude en quatre groupes d'habitats qui suivent un gradient des taux de salinité et de turbidité. Il s'agit d'un habitat d'eau douce (UP), d'un habitat oligohalin en zone de turbidité maximale (O-ETM), d'un habitat mésohalin en zone de turbidité maximale (M-ETM) et d'un habitat polyhalin situé dans la portion aval de l'estuaire (DOWN) (Figure 64). Les habitats définis sont dynamiques et évoluent au fil des saisons et des conditions de débit du fleuve (Figure 64). Ainsi, une station située à l'est de l'île d'Orléans pouvait être contenue dans l'habitat UP en juin, puis appartenir à l'habitat O-ETM en septembre à cause de ces changements.

Les données indiquent que l'abondance des jeunes bars rayés de l'année varie dans les quatre habitats et évolue au fil de la saison de croissance. Alors qu'en juin les larves de bars rayés se trouvaient principalement dans l'habitat O-ETM, une dispersion dans tous les habitats estuariens est observée à partir de juillet (Figure 63). En juin, les données de distribution des jeunes larves de bars rayés concordent fidèlement avec la localisation des frayères de l'embouchure de la rivière du Sud à Montmagny (rive sud du fleuve) et de l'extrémité portuaire de Québec (rive nord).

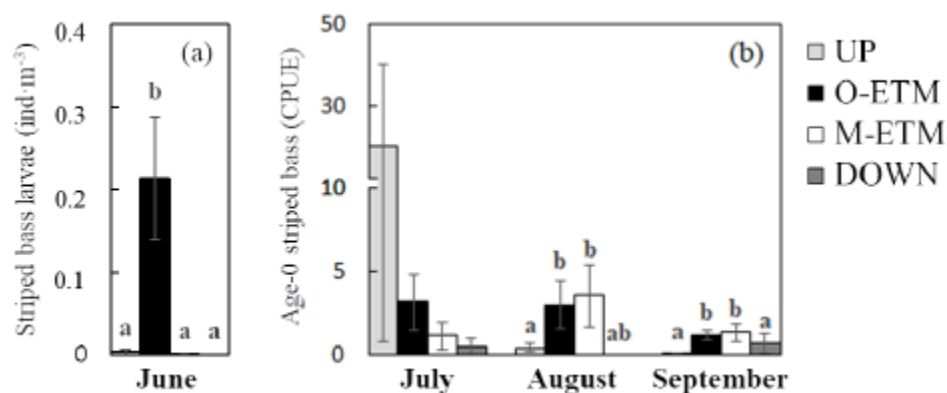


Figure 63 : Abondance des jeunes de l'année dans les quatre habitats définis : a) dans la zone pélagique en juin (ind·m⁻³); b) dans la zone littorale de juillet à septembre (CPUE : captures par unité d'effort). Les lignes verticales représentent l'erreur standard. Les différentes lettres indiquent les différences significatives de la moyenne des valeurs (Test de Kruskal-Wallis suivi d'un test de comparaisons multiples de Dunn : p < 0,025). Tirée de Vanalderweireldt 2019.

En juillet, les habitats définis comme UP et O-ETM sont les plus utilisés par les jeunes bars rayés. Toutefois, les données révèlent que l'habitat O-ETM fournirait les meilleures conditions de croissance et de survie, à la fois en ce qui concerne l'abondance des proies et les conditions physiques de l'environnement.

À partir du mois d'août, l'analyse des données révèle que certains jeunes bars rayés se dispersent vers l'aval dans les habitats M-ETM et DOWN. Ces habitats sont toutefois jugés comme étant moins favorables quant aux conditions physiques. En effet, le taux de salinité élevé et les températures d'eau plus froides qui caractérisent ce type d'habitat imposent des contraintes métaboliques non négligeables aux jeunes bars rayés. Cette propension à la dispersion dans des habitats sous-optimaux pourrait s'expliquer par une augmentation de la compétition inter- et intraspécifique. En effet, bien que les bars rayés échantillonnés dans l'habitat DOWN affichassent des taux de croissance inférieurs à ceux échantillonnés dans les habitats situés plus en amont, ils présentaient un succès d'alimentation supérieur.

Il est intéressant de noter que la présence de végétation aux sites échantillonnés à la seine de rivage n'était pas corrélée à la présence de jeunes bars rayés. Toutefois, les jeunes bars rayés ont été capturés plus souvent dans des stations dont le substrat était composé de sable, de gravier, de galets ou de blocs que dans les stations au substrat d'argile ou de limon.

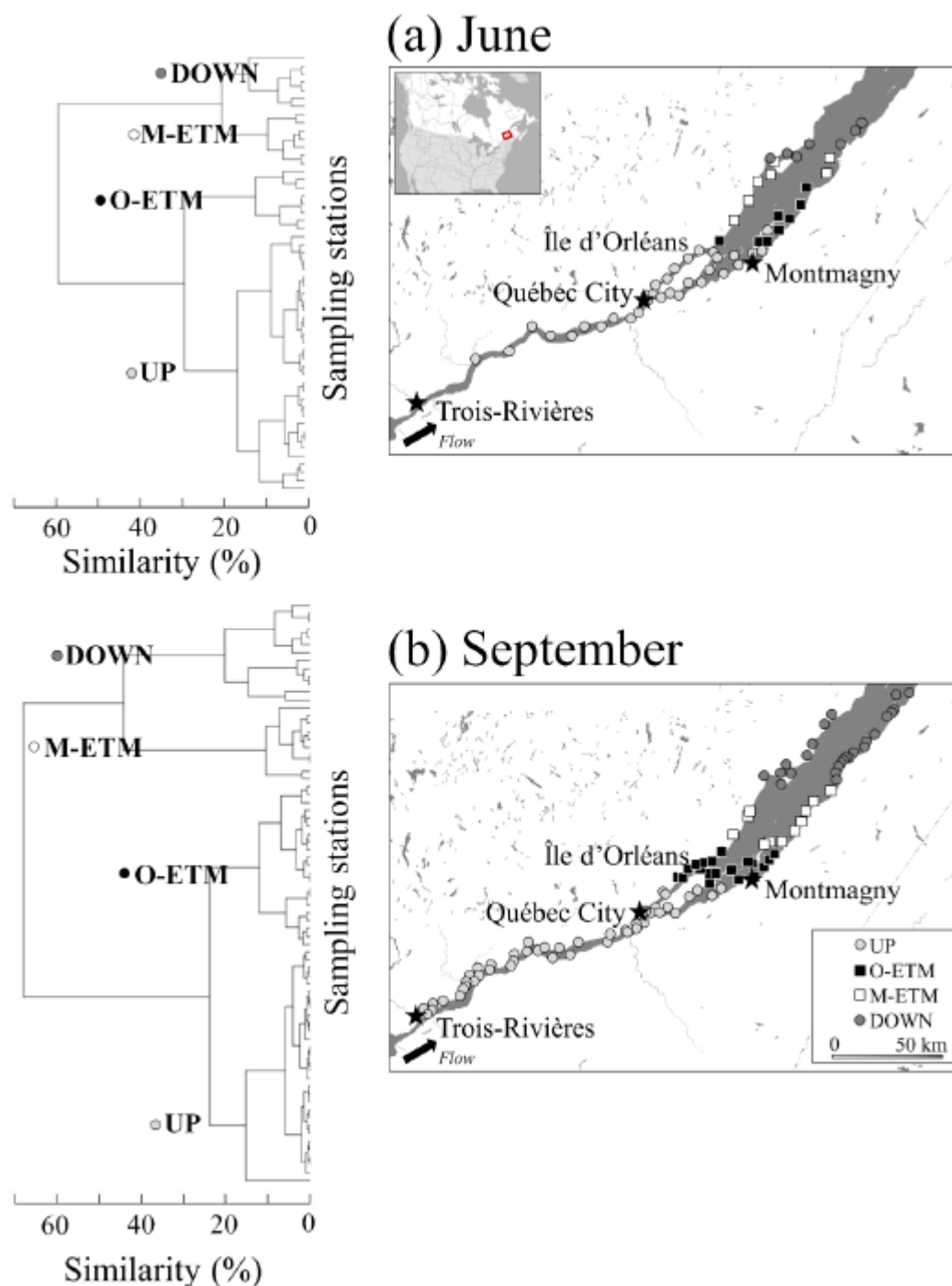


Figure 64 : Résultats de l'analyse de groupement basé sur les mesures de turbidité et de salinité, ainsi que la localisation des stations échantillonnées en juin ($n = 54$) et en septembre ($n = 101$) 2014. Tirée de Vanalderweireldt (2019).

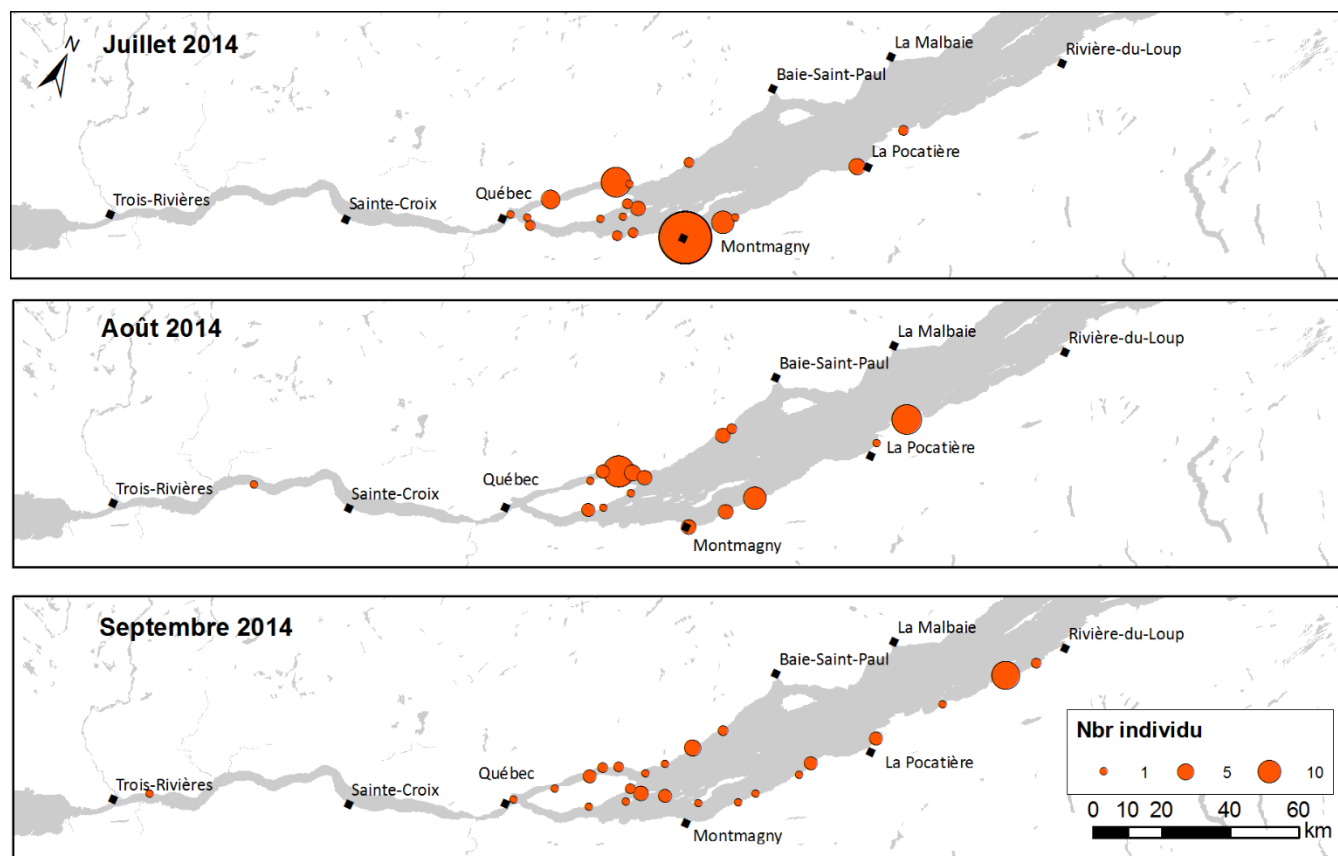


Figure 65 : Distribution des captures de jeunes bars rayés de l'année obtenues à la seine de rivage de juillet à septembre 2014.

3.5.7 Suivi de l'abondance des jeunes bars rayés à l'embouchure de la rivière Bécancour et dans le secteur de Trois-Rivières : 2016

Le suivi à la seine de rivage mené par la communauté de Wôlinak en 2016 a permis de capturer 10 224 poissons appartenant à 27 espèces. Aucun bar rayé n'a été capturé durant cet inventaire couvrant le secteur du pont Laviolette jusqu'à Gentilly (Bureau Environnement et terre de Wôlinak, 2018).

3.5.8 Réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés de l'année : 2013-2018

Le réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés de l'année a permis de suivre la répartition et l'abondance des jeunes depuis 2013, en plus de fournir des données sur certaines caractéristiques morphométriques des poissons capturés (Tableau 28 ; Figure 66). Au cours des six années du suivi, la grande majorité des jeunes de l'année a été capturée dans la portion aval de l'estuaire fluvial et dans l'estuaire moyen, en particulier dans la ZTM (Figure 67), ce qui concorde avec la localisation des principaux sites de fraie connus (secteurs de Montmagny et de Québec). Les captures étaient concentrées sur un territoire s'étalant de Québec à Petite-Rivière-Saint-François, sur la rive nord, et de Lévis à Rivière-du-Loup sur la rive sud. Il faut aussi noter la présence faible, mais récurrente, de quelques individus capturés en amont de Québec, notamment dans les secteurs de Gentilly, Bécancour et Portneuf. Ces individus pourraient avoir

migré de l'aval vers l'amont, mais il est aussi probable qu'ils soient issus d'une fraie ayant eu lieu en amont de la ville de Québec.

Tableau 28 : Nombre de captures de jeunes bars rayés de l'année dans le cadre du réseau de suivi de l'abondance des jeunes bars rayés et caractéristiques morphologiques.

Année	Nombre de stations échantillonnées	Nombre de stations avec bars rayés	Nombre de bars rayés capturés	LT* moyenne (mm) $\pm$ écart-type	Masse* moyenne (g) $\pm$ écart-type
2013	95	13	29	43,4 $\pm$ 25,8	1,7 $\pm$,9
2014	100	24	57	88,5 $\pm$ 26,3	9,6 $\pm$ 6,5
2015	100	37	313	39,8 $\pm$ 25,0	1,3 $\pm$ 2,4
2016	100	28	179	52,5 $\pm$ 28,2	2,7 $\pm$ 5,0
2017	88	34	160	66,5 $\pm$ 23,8	3,6 $\pm$ 3,6
2018	100	36	501	78,8 $\pm$ 25,3	5,6 $\pm$ 4,6

*Les longueurs totales et les masses ont été déterminées à la suite de la conservation des spécimens capturés dans l'éthanol. Ainsi, les valeurs présentées sont quelque peu différentes de celles qui auraient été obtenues si les individus avaient été décrits immédiatement après leur capture (« frais »).

Le nombre de jeunes bars rayés capturés par coup de seine annuellement est présenté dans la Figure 66. Le modèle linéaire généralisé avec effets mixtes (GLMM) avait la valeur d'AIC la plus faible (1 503,4) parmi les modèles testés, suivi de près par le ZIGLMM (1 505,4) et de plus loin par le GLM sans effet aléatoire (1 535,0). Puisqu'avec un $\Delta AIC < 2$ on considère les modèles comme étant équivalents, le GLMM et le ZIGLMM peuvent donc être considérés comme similaires. Cependant, puisque la partie *zero-inflation* du ZIGLMM n'était pas significative ($-18,83 \pm 4\,108,73$, $z = -0,005$, $p = 0,996$) et que les effets fixes du modèle conditionnel étaient identiques à celui du GLMM, ce dernier a été retenu comme modèle expliquant le mieux les données en présence. Il est à noter que l'exclusion des 39 stations n'ayant jamais enregistré de captures de bars rayés a généré des résultats similaires (données non présentées). Il a donc été choisi d'utiliser les résultats pour l'ensemble des 100 stations, et ce, malgré l'augmentation du nombre de stations ayant un zéro comme valeur pour l'ensemble des années. Les valeurs prédites par le GLMM avec « l'année » incluse comme facteur fixe (variable catégorique) ont permis de prédire le nombre de bars rayés ($\pm$ erreur type) capturés par coup de seine (Figure 68 et au Tableau 29). Ainsi, on constate qu'avec les années l'abondance des jeunes bars rayés de l'année suit une trajectoire à la hausse qui est statistiquement significative.

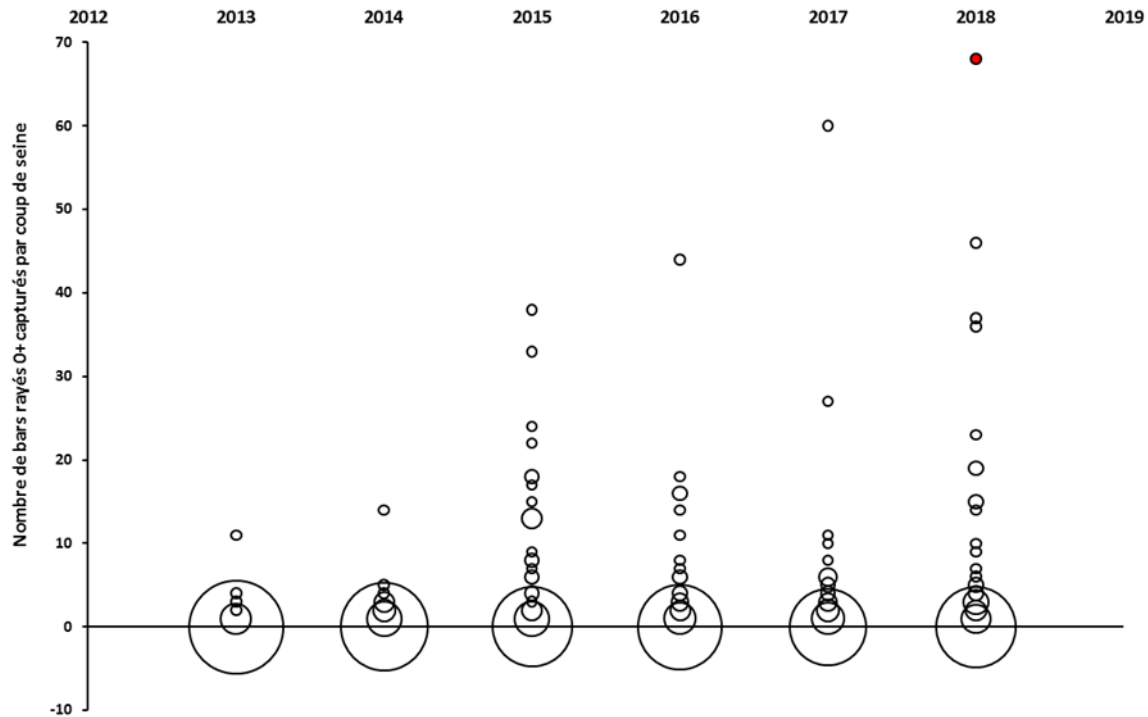


Figure 66 : Nombre de jeunes bars rayés de l'année capturés par coup de seine aux 100 stations du suivi annuel de leur abondance pour 2013 à 2018. Le diamètre des cercles est proportionnel au nombre de stations ayant obtenu un nombre identique de captures par coup de seine. Le cercle rouge (en 2018) indique une valeur élevée ($n = 193$ captures) qui n'est pas à l'échelle afin de rendre le graphique plus facile à consulter visuellement.

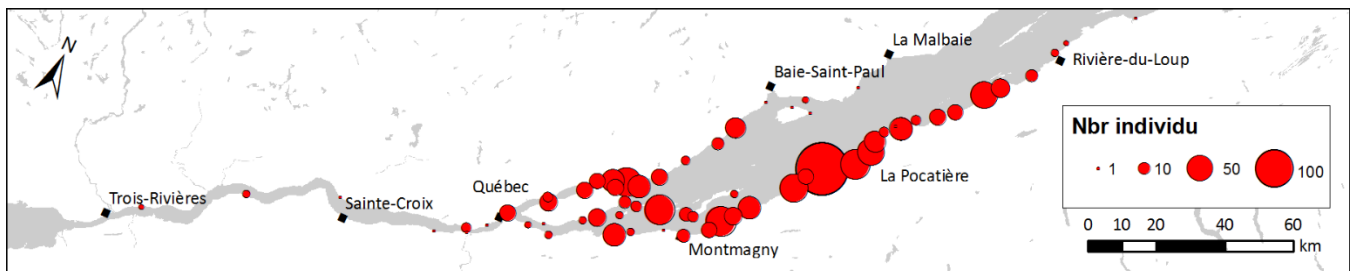


Figure 67 : Répartition de l'ensemble des captures de jeunes bars rayés de l'année effectuées dans le cadre du réseau de suivi du recrutement du bar rayé, de 2013 à 2018. Les cercles rouges représentent les stations dans lesquelles des captures ont été effectuées. La taille des cercles pleins rouges est proportionnelle au nombre de captures.

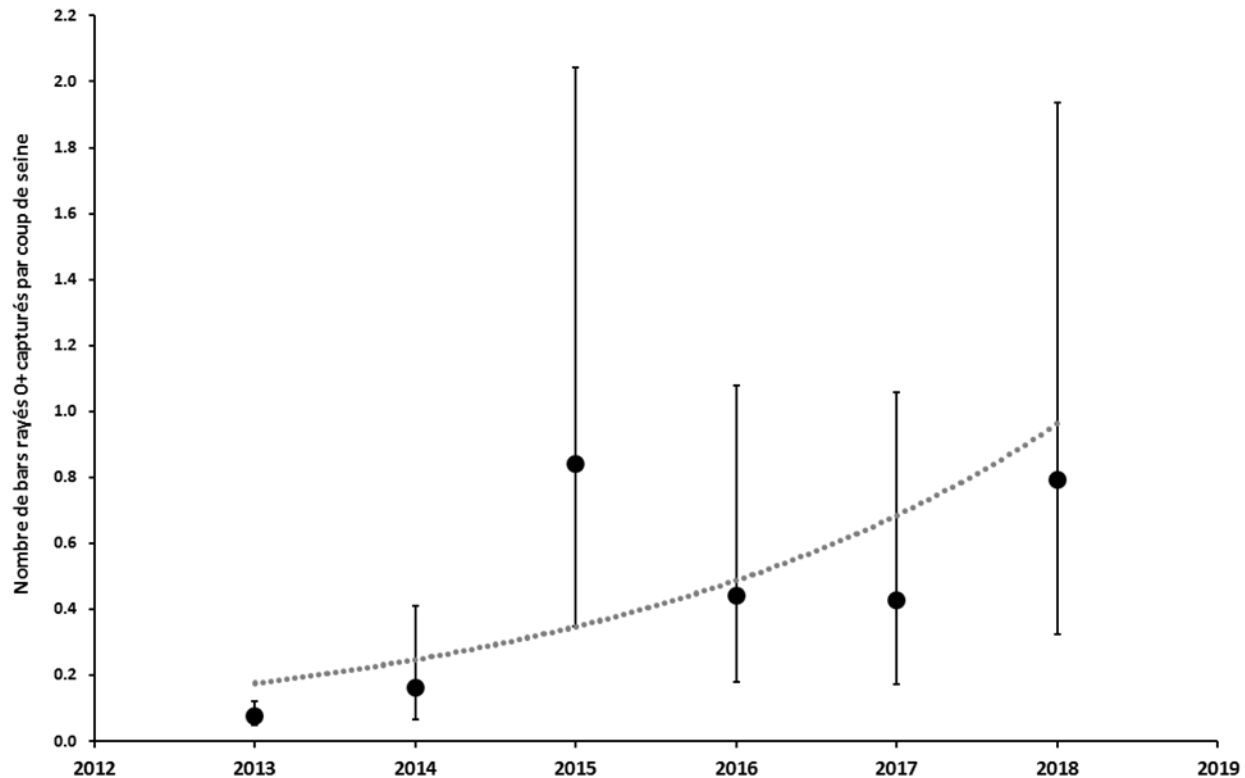


Figure 68 : Nombre prédit ($\pm$ erreur-type) de bars rayés 0+ capturés par coup seine aux 100 stations du suivi de l'abondance des jeunes de l'année de 2013 à 2018 selon le GLMM. La courbe de régression (trait pointillé gris) indique l'augmentation prédite lorsque la variable « année » est plutôt considérée comme continue dans le GLMM.

Tableau 29 : Nombre prédit ($\pm$ erreur-type) de bars rayés capturés par coup seine aux 100 stations du suivi de l'abondance des jeunes de l'année pour 2013 à 2018.

Année	Nombre prédit	Erreur-type inférieure	Erreur-type supérieure
2013	0,08	0,03	0,04
2014	0,16	0,10	0,25
2015	0,84	0,49	1,20
2016	0,44	0,26	0,64
2017	0,43	0,25	0,63
2018	0,79	0,47	1,14

Dans un deuxième temps, l'effet fixe « année » a été considéré en tant que variable continue plutôt que catégorique dans le GLMM afin d'évaluer si une tendance à la hausse, à la stabilité ou à la baisse pouvait être décelée sur l'ensemble de la période de 6 années pour les 88 à 100 stations échantillonnées annuellement (Tableau 23). Ce changement dans le GLMM a provoqué des problèmes de convergence permettant seulement d'estimer des coefficients (intercepte + facteur fixe « année »), mais sans pouvoir déterminer si ces derniers étaient

significatifs ou non. L'utilisation d'un second modèle à partir du *package* lme4 et de la fonction *glmer.nb* a permis de confirmer que « l'année » traitée en variable continue avait un effet positif significatif et donc que le nombre de jeunes de l'année capturé avait augmenté progressivement au cours de la période de 2013 à 2018. Cependant, ici encore, le modèle fournissait un avertissement sur sa convergence, même si cette fois tous les paramètres de la modélisation étaient obtenus. Ainsi, cette seconde analyse doit être vue comme étant plus exploratoire par rapport à la première dans laquelle la variable « année » était considérée en tant que variable fixe catégorique.

L'utilisation d'un GLM au lieu d'un GLMM a également permis d'identifier un effet positif significatif de « l'année » en tant que variable continue sur le nombre de jeunes bars rayés de l'année capturés, mais sans pouvoir tenir compte dans ce cas-ci de la pseudoréplication causée par l'utilisation récurrente des mêmes stations. Afin d'être comparées sur une même base, les valeurs prédites lorsque « l'année » est considérée comme une variable catégorique ou continue proviennent toutes d'analyses menées avec le *package* « glmmTMB » de R. Un test de comparaison multiple de Tukey a permis de déterminer qu'il existait une différence significative dans le nombre de jeunes bars rayés de l'année capturés entre l'année 2013 et les années 2015 à 2018 (toutes les valeurs $p < 0,003$), ainsi que l'année 2014 par rapport aux années 2015 ($p = 0,0003$) et 2018 ($p = 0,0006$). Pour les autres comparaisons possibles, les différences observées n'étaient pas significatives (toutes les valeurs $p > 0,11$).

Finalement, l'utilisation de la fonction *r.squaredGLMM* du *package* MuMIn a permis de déterminer que le R^2 (*conditional*) du modèle, tenant compte des effets fixe et aléatoire, variait de 91 à 94 % selon la méthode utilisée (*delta*, *lognormal* ou *trigamma*), alors que l'effet fixe « année » à lui seul avait un R^2 (*marginal*) de 13 à 14 %. Ainsi, l'essentiel de la variabilité observée dans le jeu de données provenait des différences entre les stations plutôt qu'entre les années. La combinaison de ces deux données explique néanmoins une grande partie de la variabilité observée. Il est ainsi possible de conclure que le GLMM traitant « l'année » comme une variable catégorique et ayant la « station » comme facteur aléatoire offre un très bon degré d'ajustement aux données observées.

4 Discussion

L'objectif de ce rapport était de mettre à jour les connaissances sur les habitats et la dynamique de la reproduction du bar rayé de la population réintroduite du fleuve Saint-Laurent. L'ensemble des travaux menés depuis dix ans met en lumière l'importance de l'estuaire du Saint-Laurent, particulièrement de la ZTM, comme habitat de reproduction et de croissance pour cette population. Ce résultat est cohérent avec ce qui est observé chez les populations de bar rayé des provinces maritimes et de la côte est américaine. Cette constatation tranche toutefois avec la population historique, pour laquelle il était présumé qu'elle frayait dans le secteur du lac Saint-Pierre.

Les premières mentions de sites de fraie pour la population historique remontent à un rapport technique de 1877 (Caron, 1877), dans lequel les sites de fraie présumés du bar rayé étaient localisés dans les îles situées en face de Montmagny. Les travaux de Beaulieu (1962) sur l'étude des déplacements du bar rayé semblaient indiquer que les habitats de fraie étaient situés dans le secteur de Québec-Lévis et de Saint-Vallier–Montmagny. Ces travaux ont toutefois été réinterprétés par la suite. À cause de l'abondance d'adultes dans le lac Saint-Pierre en hiver, la migration de l'aval vers l'amont du fleuve a été interprétée comme étant une migration de préfraie à l'automne alors que les géniteurs se dirigeaient vers l'amont en attente de la période de fraie au printemps suivant (Magnin et Beaulieu, 1967). Les travaux de Beaulieu (1962) rapportent toutefois qu'une majorité des bars rayés suivis se déplaçaient vers la partie aval du fleuve à l'automne. Ainsi, il est présumé depuis 1967 que le bar rayé de la population historique hivernait et frayait dans le lac Saint-Pierre. Pourtant, très peu d'évidences scientifiques soutiennent l'affirmation d'une fraie historique dans ce secteur. La mention d'une abondance d'adultes pendant l'hiver, une mention de larves dans le lac Saint-Pierre (Jacques Brousseau, com. pers., 1983, cité dans Beaulieu, 1985) et une mention de capture de jeunes de l'année dans le secteur de Neuville (Vladykov et Brousseau, 1957) sont les rares éléments permettant d'alimenter l'hypothèse d'une frayère de bars rayés dans le lac Saint-Pierre. Considérant la difficulté d'identifier des larves de bars rayés avec certitude, la mention de Jacques Brousseau (1983) est considérée comme probable, mais scientifiquement discutable. Par ailleurs, aucun suivi scientifique de la fraie ni aucune observation directe d'activités de fraie au printemps n'a été effectué pour le bar rayé avant sa disparition. Ainsi, nos connaissances sur la reproduction de la population historique sont fragmentaires, parfois contradictoires, et peuvent avoir été influencées autant par le faible pouvoir d'échantillonnage que par les perceptions de l'époque.

Hormis le secteur présumé de fraie du lac Saint-Pierre, les populations historique et réintroduite affichent des similitudes quant à leur utilisation du système Saint-Laurent, soit une abondance d'adultes et de jeunes de l'année dans l'estuaire, entre Québec et Montmagny, en particulier dans la ZTM, qui apparaît comme un secteur essentiel pour l'espèce. Le positionnement des frayères et des zones d'alevinage par rapport à la ZTM est un élément crucial dans la dynamique de la reproduction du bar rayé de la population réintroduite du fleuve Saint-Laurent, de même que pour les autres populations de la côte est américaine. Bien que l'espèce soit capable d'exploiter une vaste gamme d'habitats d'alimentation et d'hivernage, le recrutement des jeunes est principalement assuré par des habitats de reproduction localisés à une distance adéquate de la ZTM afin que les œufs et les larves dérivent dans la zone la plus propice à la survie et à la croissance (North et Houde, 2001, 2003). À l'heure actuelle, les résultats des suivis des reproducteurs, de la capture d'œufs et de larves ainsi que des jeunes de l'année indiquent sans équivoque que deux frayères d'importance sont effectives dans le système du fleuve Saint-

Laurent et contribuent activement au rétablissement et au maintien de la population de bars rayés réintroduite. Il importe de comprendre que, malgré la détection d'une activité de fraie dans un site en particulier, la notion de frayère effective, c'est-à-dire produisant de façon confirmée des jeunes de l'année, dont certains seront éventuellement recrutés au sein de la population, est essentielle quant à la contribution de cette frayère au rétablissement et au maintien démographique à court, moyen et long terme de la population réintroduite. Ces frayères effectives sont celles de la rivière du Sud à Montmagny et celle située à l'extrémité portuaire de Québec à Beauport. Toutes deux sont situées à proximité de la ZTM.

Les caractéristiques biologiques des bars rayés observés à l'embouchure de la rivière du Sud et à l'extrémité portuaire de Québec de 2015 à 2018 sont typiques d'une frayère de bars rayés, soit une forte abondance d'individus matures et prêts à se reproduire lorsque les températures y sont propices (de 13 à 18 °C), des concentrations d'individus pouvant s'y maintenir durant 3 à 4 semaines généralement, et ce, de manière récurrente à chaque année. De plus, une augmentation de l'abondance des reproducteurs est observée de façon synchronisée avec un fort déséquilibre du rapport des sexes en faveur des mâles, conséquence du temps de résidence plus court des femelles par rapport à celui des mâles dans les sites de fraie (Carmichael et coll., 1998, présente étude), ce qui est typique de la stratégie de reproduction de l'espèce (Merriman, 1941; Setzler et coll., 1980). Finalement, une diminution de la taille des femelles en fonction de la date de fraie a été observée aux deux sites de reproduction. Comme la taille des individus est associée à l'âge, les femelles plus grandes et plus âgées participeraient plus tôt à la période de reproduction, phénomène observé aussi dans les frayères de la côte est américaine (Secor, 2000). Cette variabilité comportementale en fonction de l'âge des femelles serait possiblement un moyen d'assurer une distribution des œufs pendant l'ensemble de la période de reproduction. Comme la survie des œufs et des larves est étroitement associée à des conditions biotiques et abiotiques relativement précises, cette large distribution permettrait d'augmenter les probabilités de survie et de croissance des œufs et des larves face à la stochasticité environnementale (Secor, 2000).

Des œufs et des larves ont été capturés à proximité des deux frayères d'importance sur plusieurs années (de 2011 à 2016). L'âge des larves capturées en 2014 correspond bien à des sites de production situés dans les secteurs de Montmagny et de Québec (Vanalderweireldt, 2019). Cette production d'œufs et de larves se traduit par une forte abondance de jeunes de l'année en aval des frayères, ce qui a été observé dans plusieurs des travaux menés dans le fleuve depuis 2011, mais en particulier dans le cadre du suivi de l'abondance des jeunes de l'année amorcé en 2013.

Dans le cas de l'extrémité portuaire de Québec, le suivi par télémétrie à fine échelle a permis de caractériser le regroupement de reproducteurs et de délimiter géographiquement un secteur d'utilisation intensive grâce à une analyse par domaines vitaux. La caractérisation du domaine vital du bar rayé en période de reproduction, à une échelle aussi fine, est vraisemblablement la première répertoriée dans la littérature. Alors que la majorité des frayères est décrite comme des secteurs de fraie couvrant plusieurs dizaines de kilomètres (Setzler et coll., 1980), une utilisation intensive de la frayère localisée à l'extrémité portuaire de Québec a été précisée dans un rayon moyen de moins d'un kilomètre. Cette forte utilisation de l'extrémité portuaire de Québec correspond au cœur du domaine vital des bars rayés suivis dans ce secteur en période de reproduction et, plus précisément, à une petite zone fortement utilisée, située directement à la pointe de l'extrémité portuaire. Cette zone est définie essentiellement par l'isoplèthe 0,25 qui regroupe 33 % des localisations sur une aire correspondant à 2 % du domaine vital. Ce résultat démontre qu'une partie appréciable des positions est fortement regroupée dans l'espace et que

la pointe sud de l'extrémité portuaire de Québec est utilisée intensivement par le bar rayé en période de reproduction.

Les années de suivis normalisés menés de 2015 à 2018 aux frayères de l'embouchure de la rivière du Sud et de l'extrémité portuaire de Québec ont permis de comprendre l'importance géographique de ces sites. Ces deux frayères effectives sont situées en amont du front salin, en marge de la ZTM qui fournit une abondance et une diversité de proies pour les larves et les jeunes de l'année, en plus de procurer un environnement physico-chimique adéquat. De plus, les frayères sont situées à proximité d'habitats d'hivernage situés entre Montmagny et Québec (Valiquette et coll., 2017), facilitant les déplacements entre les sites d'hivernage et de reproduction lorsque les conditions optimales sont atteintes. Un déplacement rapide vers les sites de reproduction pourrait être avantageux étant donné la période temporelle de fraie plus restreinte pour les populations de poissons vivant à l'extrémité nord de leur aire de répartition (Conover, 1990; Lappalainen et Tarkan, 2007; Douglas et coll., 2009).

Comme le bar rayé fraie dans la colonne d'eau, la sélection d'un site de fraie ne dépend pas du substrat. Outre son affinité avec des sites situés à proximité de la ZTM dans lesquels les conditions biologiques et physiques favorisent la survie et la croissance des œufs et des larves, des conditions hydrodynamiques particulières semblent également faire partie des conditions recherchées par le bar rayé pour relâcher ses œufs et assurer leur dispersion adéquate. Des conditions associées à de fortes marées et des effets de contre-courant, de remous et de tourbillons pourraient constituer des conditions hydrodynamiques favorables à la reproduction du bar rayé, mais les conditions précises associées à un site de fraie demeurent pour le moment encore méconnues. Les rares caractéristiques décrites pour des secteurs de fraie dans la littérature sont associées à de forts courants ainsi qu'à des inversions de courants causées par la topographie du milieu (Pearson, 1938; Kornegay et Humphries, 1975; Carmichael et coll., 1998). À cet égard, les deux sites de reproduction répertoriés dans le fleuve Saint-Laurent respectent ces critères.

Bien que les frayères de l'extrémité portuaire de Québec et de rivière du Sud contribuent significativement à la population du fleuve Saint-Laurent, leur contribution totale relative n'a pas été directement établie. Pour y parvenir, chaque bar rayé échantillonné au cours du suivi de recrutement devrait être associé à l'une ou l'autre des frayères, ce qui pourrait être réalisé grâce à l'avancée des techniques d'étude basées sur la schlérochimie. Bien que cette technique puisse être utilisée pour distinguer l'origine d'un bar rayé né dans le fleuve d'un bar rayé né dans une autre rivière (p. ex., Miramichi), elle ne permet toutefois pas encore de discriminer les frayères connues ou potentielles entre elles dans le système Saint-Laurent. Des travaux de recherche sont en cours à l'UQAC et pourraient permettre, à moyen terme, d'assigner les bars rayés échantillonnés à un secteur de fraie en particulier dans l'ensemble du système fluvial (Pascal Sirois, comm. pers.). À terme, cette technique pourrait permettre d'évaluer la contribution des frayères au recrutement de la population de bar rayé du fleuve Saint-Laurent.

Alors que l'utilisation de l'extrémité portuaire de Québec et de la rivière du Sud comme frayères effectives a été confirmée, les travaux des dernières années ont révélé que d'autres habitats de reproduction potentiels sont utilisés pour d'autres fonctions que la reproduction ou sont carrément inutilisés. Certains sites sont apparus comme d'une importance certaine pour différents moments associés à la reproduction sans être des sites de fraie, telle la maturation des gonades des femelles observée à l'embouchure de la rivière Ouelle. D'autres sites se sont avérés moins cruciaux. À titre d'exemple, les pêches expérimentales et les résultats du suivi télémétrique réalisé dans le cadre des travaux effectués dans le secteur du pont de l'île

d'Orléans ont confirmé que ce secteur est davantage utilisé comme un corridor de déplacement par les bars rayés et non comme un site de reproduction.

En ce qui concerne la rivière Ouelle, la fonction de frayère a été écartée à la lumière des résultats des inventaires y ayant été conduits. En effet, des pourcentages de femelles très élevés sont observés chaque année à l'approche de la période de fraie (moyenne de 97 %), alors que les mâles y sont quasi-absents. De plus, ces femelles se déplacent vers les sites de reproduction en amont du système Saint-Laurent au moment où les activités de fraie débutent. Cependant, l'ensemble des inventaires menés de 2014 à 2019 ont confirmé que le site de la rivière Ouelle est fort probablement utilisé par les femelles pour la maturation de leurs gonades, c'est-à-dire le développement final des œufs avant la fraie. En 2019, près de 80 femelles ont été capturées afin de renouveler le stock de reproducteurs de la station piscicole, destiné au programme d'ensemencement de jeunes bars rayés dans le système Saint-Laurent. Lorsque les femelles ont été amenées en pisciculture, il a été constaté que les gonades étaient en voie de maturation, confirmant que les femelles de la rivière Ouelle s'y concentrent en vue de la reproduction. De plus, le très faible nombre de mâles suivis par télémétrie acoustique à la rivière Ouelle pendant la période de reproduction (Valiquette et coll., 2017) est un indice supplémentaire selon lequel ce site n'est pas utilisé comme frayère par l'espèce.

L'arrivée et le maintien d'une population de poissons dans un nouvel habitat sont souvent tributaires de la capacité des individus colonisateurs à faire preuve de plasticité phénotypique, ce qui leur permet de développer une variété de comportements et, conséquemment, d'utiliser une grande diversité d'habitats à différents moments du cycle vital (Morissette et coll., 2016). Il n'est pas surprenant que la population de bars rayés du fleuve Saint-Laurent, réintroduite il y a moins de 20 ans, explore les nombreux habitats du système et utilise une diversité d'habitats de reproduction, même si ceux-ci peuvent avoir une valeur limitée ou même nulle quant à la production de recrues. Cela pourrait expliquer les rassemblements de reproducteurs observés en période de fraie dans le tronçon fluvial du Saint-Laurent et certains tributaires, pourtant éloignés des zones de survie et de croissance optimales pour les larves au stade post-vitellin. Dans ce contexte, bien que des activités de reproduction puissent être observées, ces rassemblements de reproducteurs pourraient être associés à des activités de fraie non effectives. En effet, l'absence récurrente de larves et de jeunes de l'année en aval de certains de ces sites indique que, malgré la possibilité qu'ils soient utilisés pour la reproduction (production d'œufs et de larves), elle ne se traduit pas à l'heure actuelle par une production de jeunes qui survivent et contribuent au maintien de la population. Cette absence de jeunes de l'année pourrait être due au fait que les larves vésiculées ne trouvent pas d'habitat de croissance adéquat une fois les réserves du sac vitellin épuisées et qu'elles meurent d'inanition. Les travaux de Vanalderweireldt (2019) ont en effet démontré que la section fluviale située en amont de Québec correspondait à un habitat de moindre qualité en matière de quantité de zooplancton disponible, limitant ainsi la survie et la croissance des larves de bars rayés. De plus, la mauvaise qualité de l'eau du lac Saint-Pierre et de ses tributaires (Simoneau, 2017; Giroux, 2018) pourrait restreindre la survie des larves de perchaudes (Paquet-Walsh et coll., 2019) et potentiellement des larves de bars rayés dans ce secteur précis du fleuve. L'ensemble de ces éléments suggère que les œufs et les larves produits en amont du système auraient des chances de survie réduites, leur production ayant ainsi potentiellement peu d'influence sur la dynamique de la population de bars rayés réintroduite du fleuve Saint-Laurent.

Les efforts de recherche visant à trouver d'autres sites de reproduction dans le fleuve Saint-Laurent et dans ses tributaires sont toujours en cours. Alors que certains secteurs semblent prometteurs, d'autres ne semblent pas présenter d'intérêt réel. À titre d'exemple, des pêches

standardisées suivant le protocole du MFFP ont été effectuées au cours du printemps 2019 en période de reproduction, par l'APQ (travaux réalisés par Englobe Corp.), aux embouchures des rivières Etchemin et Chaudière, ainsi que par la nation Huronne-Wendat (NHW) à l'embouchure de la rivière Sainte-Anne-du-Nord. Le nombre de captures limité, le rapport des sexes observé ainsi que l'absence d'observation d'activité de fraie (Englobe 2019b et NHW données non publiées; MFFP, données non présentées) permettent de rejeter l'hypothèse voulant qu'il y ait des frayères dans ces secteurs. Les embouchures des rivières situées sur la rive nord, en aval de l'île d'Orléans, ont quant à elles été écartées des recherches étant donné le très faible potentiel de survie des œufs et des larves dans des conditions de salinité élevée (limite de tolérance des larves : 15 ppm; Setzler et coll., 1980). À l'inverse, les données de télémétrie obtenues en 2018 démontrant une utilisation soutenue du tronçon fluvial par les bars rayés adultes en période de reproduction, en particulier le secteur de l'archipel du lac Saint-Pierre, suggèrent que des activités de fraie pourraient y avoir lieu. Un projet de recherche visant à valider cette hypothèse est actuellement mené conjointement par la nation Waban-Aki et le MFFP, auquel s'est joint l'APQ (travaux réalisés par Englobe Corp.). Toutefois, tel que mentionné précédemment, on ignore actuellement si ces activités de fraie contribuent significativement au recrutement de la population de bars rayés du fleuve Saint-Laurent.

Bien que seulement deux frayères effectives aient été répertoriées jusqu'à maintenant et que certains sites potentiels soient sous étude, il demeure possible que d'autres embouchures de rivière ou d'autres sections du fleuve puissent être utilisées pour la reproduction et contribuent au recrutement. Par exemple, l'archipel des îles de Montmagny pourrait, par son emplacement et la complexité des caractéristiques hydrologiques locales, être utilisé comme secteur de fraie par la population de bars rayés du fleuve Saint-Laurent. Dans tous les cas, il est fort probable que ces secteurs de fraie potentiels se situent à proximité de la ZTM, en amont de celle-ci ou dans sa portion oligohaline, permettant un transit court des larves vésiculées vers les sites d'alimentation optimaux où la survie et la croissance sont favorisées. Cette dynamique de reproduction particulière, intrinsèquement liée aux conditions physico-chimiques et biologiques de l'estuaire, semble centrale au recrutement des jeunes bars rayés au sein de la population réintroduite du fleuve Saint-Laurent, ainsi qu'à son maintien et à son rétablissement.

5 Conclusion

À l'image de l'ensemble des populations de bars rayés de la côte est américaine, la population réintroduite du fleuve Saint-Laurent a un cycle de vie complexe et l'utilisation qu'elle fait du territoire ne l'est pas moins. Comme chez les autres populations, les travaux menés au cours de la dernière décennie ont révélé une fréquentation de sites de reproduction situés à proximité de l'estuaire moyen, en particulier de la ZTM, un secteur névralgique pour la survie et la croissance des jeunes bars rayés du Saint-Laurent. À l'heure actuelle, l'embouchure de la rivière du Sud et l'extrémité portuaire de Québec ont été désignées comme des frayères qui contribuent effectivement au recrutement de la population. La récente réintroduction de l'espèce dans le fleuve Saint-Laurent, combinée à sa grande plasticité, promeut des comportements de colonisation qui pourraient mener à l'utilisation de nouveaux sites de reproduction, qu'ils soient effectifs ou non. Les travaux de recherches quant à l'utilisation spatio-temporelle du système Saint-Laurent par le bar rayé en période de reproduction se poursuivront au cours des prochaines années.

6 Bibliographie

- ANDERSON, D. J. (1982). "The home range: a new nonparametric estimation technique", *Ecology*, 63:103-112.
- ANDREWS, S. N., C. F. BUHARIWALLA, B. FLEET-PARDY, M. J. DADSWELL, T. LINNANSAARI et R. A. CURRY (2019). "Left out in the cold: the understudied overwintering ecology of striped bass in Canada", *Environ. Biol. Fish.*, 102: 499-518.
- AUER, N. A., (1982). Identification of Larval Fishes of the Great Lakes Basin with Emphasis on the Lake Michigan Drainage. Great Lakes Fishery Commission, Ann Arbor
- BATES, D., M. MAECHLER, B. BOLKER et S. WALKER (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software, 67(1),1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01
- BEAULIEU, G. (1962). « Résultats d'étiquetage du bar d'Amérique dans le fleuve Saint-Laurent de 1945 à 1960 », *Nat. Can.*, 89(8-9) : 217-236.
- BEAULIEU, H. (1985). *Rapport sur la situation du bar rayé (Morone saxatilis)*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, 53 p.
- BEAULIEU, H., S. TRÉPANIÉ et J. A. ROBITAILLE (1990). *Statut des populations indigènes de bar rayé (Morone saxatilis) au Canada*, ministère du Loisirs, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale des espèces et des habitats, Rapp. tech., xii + 50 p.
- BERGERON, J. et J. BROUSSEAU (1975). *Guide des poissons d'eau douce du Québec*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, province de Québec, 184 p.
- BERNIER, R. (1996). *Relation entre la croissance minimale et la mortalité hivernale sur les classes d'âge de la population de bars rayés (Morone saxatilis) de la Miramichi*, thèse d'initiation à la recherche, Université de Moncton, Moncton, Nouveau-Brunswick, 20 p.
- BOURGET, G., G. VERREAULT, R. TARDIF, M. LEGAULT et D. DESCHAMPS (2008). *Bilan de l'année 2008 du suivi de la réintroduction du bar rayé dans le Saint-Laurent*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune du Bas-Saint-Laurent, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, feuillet d'information, 1 p.
- BUREAU ENVIRONNEMENT ET TERRE DE WÔLINAK (2018). *Suivi du recrutement des bars rayé (Morone saxatilis) dans le fleuve Saint-Laurent et dans l'embouchure de la rivière Bécancour (2016)*. Rapport technique. Bureau Environnement et terre de Wôlinak, Conseil des Abénakis de Wôlinak. 17 pages + annexes.
- BURT, W. H. (1943). "Territoriality and home range concepts as applied to mammals", *J. Mammal.*, 24: 346-352.
- CARMICHAEL, J. T., S. L. HAESEKER et J. E. HIGHTOWER (1998). "Spawning migration of telemetered striped bass in the Roanoke River, North Carolina", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 127: 286-297.
- CARON, F. C. (1877). *Rapport spécial sur la pêche du bar*, quatrième session du troisième Parlement du Canada, Documents de la session, Rapport du commissaire des pêcheries, Ottawa, 10 : 181-185.
- CLARK, J. (1968). "Seasonal movements of striped bass contingents of Long Island Sound and the New York Bight", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 97: 320-343.

- CENTRE SAINT-LAURENT. (1996). *Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. Volume 1 : l'Écosystème du Saint-Laurent*. Environnement Canada-région du Québec, Conservation de l'environnement – Éditions MultiMondes, Montréal. Coll. BILAN Saint-Laurent.
- COMITÉ DE TRAVAIL POUR LA RÉINTRODUCTION DU BAR RAYÉ (2000). *Plan d'action pour la réintroduction du bar rayé (Morone saxatilis) dans l'estuaire du Saint-Laurent*, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune, 25 p. + annexes.
- CONOVER, D. O. (1990). "The relation between capacity for growth and length of growing season: evidence for and implication of countergradient variation", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 119: 416-430.
- CÔTÉ, J.-P. et J. MORIN (2007). *Principales interventions humaines survenues dans le fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec au 20^e siècle : 1907-2005*, Rapport technique SMC Québec-Section Hydrologie RT- 141, Environnement Canada, Sainte-Foy, 65 p.
- CÔTÉ, C. L. (2012). *Caractérisation de l'habitat utilisé par les larves et les juvéniles issus de la nouvelle population de bars rayés de l'estuaire du Saint-Laurent sur la rive sud entre Montmagny et Rivière-Ouelle durant la saison de croissance 2011*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire, Direction générale du Bas-Saint-Laurent, 60 p.
- COWAN, J. H. Jr, K. A. ROSE, E. S. RUTHERFORD et E. D. HOUE (1993). "Individual-based model of young-of-the-year striped bass population dynamics. II. Factors affecting recruitment in the Potomac River, Maryland", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 122: 439-458.
- de VLAMING, V. L. (1972). "Environmental control of teleost reproductive cycles: a brief review", *J. Fish Biol.*, 4: 131-140.
- DODSON J. J., J. C. DAUVIN, R. G. INGRAM et B. D'ANGLEJAN (1989). "Abundance of larval rainbow smelt (*Osmerus mordax*) in relation to the maximum turbidity zone and associated macroplanktonic fauna of the middle St. Lawrence estuary", *Estuaries*, 12: 66-81.
- DOUGLAS, S. G., G. CHAPUT, J. HAYWARD et J. SHEASGREEN (2009). "Prespawning, spawning, and postspawning behavior of striped bass in the Miramichi River", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 138: 121-134.
- ENGLOBE (2016). *Étude de suivi de la fraie de l'aloise savoureuse et du bar rayé. Secteur Beauport — Port de Québec*. Rapport préparé par M. La Haye et M. Gendron et présenté à l'Administration portuaire de Québec. 43 pages et annexes.
- ENGLOBE (2019a). *Suivi télémétrique des bars rayés 2015-2018*, rapport préparé par K. Jacobs, M. Gendron et F. Whoriskey, présenté à l'Administration portuaire de Québec, 79 p. + annexes.
- ENGLOBE (2019b). *Projet Laurentia – suivi de la fraie du bar rayé 2019*. Rapport produit pour l'Administration portuaire de Québec. 37 pages et annexes.
- ENGLOBE ET ENVIRO SCIENCE ET FAUNE (2019). *Suivi de la fraie et du bar rayé. Travaux 2017. Port de Québec*. Rapport préparé par M. La Haye et M. Gendron et présenté à l'Administration portuaire de Québec. 39 pages et annexes.
- ELDRIDGE, M. B., J. A. WHIPPLE et M. J. BOWERS (1982). "Bioenergetics and growth of striped bass, *Morone saxatilis*, embryos and larvae", *Fish. Bull.*, 80: 461-474.
- GIROUX, I. (2018). *État de situation sur la présence de pesticides au lac Saint-Pierre*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur les milieux aquatiques [En ligne] [www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/etat-presence-pesticides.pdf].
- HAMILTON, E. M., W. R. BOYNTON, J. A. MIHURSKY, T. T. POLGAR et K. V. WOOD (1981). "Spatial and temporal distribution of striped bass eggs, larvae, and juveniles in the Potomac estuary", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110: 121-136.

- HARRIS, S., W. J. CRESSWELL, P. G. FORDE, W. J. TREWHELLA, T. WOOLARD et S. WRAY (1990). Home-range analysis using radio-tracking data – review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20 : 97-123.
- HELFMAN, G., B. B. COLETTE, D. E. FACEY et B. W. BOWEN (2009). *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology*, 2nd Edition, Wiley-Blackwell edition, 736 p.
- HOCUTT, C. H., S. E. SEIBOLD, R. M. HARRELL, R. V. JESIEN et W. H. BASON (1990). "Behavioral observations of striped bass (*Morone saxatilis*) on the spawning grounds of the Choptank and Nanticoke rivers, Maryland, USA", *J. Appl. Ichthyol.*, 6: 211-222.
- HURST, T. P. et D. O. CONOVER (1998). "Winter mortality of young-of-the-year Hudson River striped bass (*Morone saxatilis*): size-dependent patterns and effects on recruitment", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55: 1122-1130.
- KENNEDY, M. et P. FITZMAURICE (1968). "Occurrence of eggs of bass *Dicentrarchus labrax* on the southern coasts of Ireland", *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 48: 585-592.
- KENNEDY, M. et P. FITZMAURICE (1972). "The biology of the bass *Dicentrarchus labrax* in Irish waters", *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 52: 557-597.
- KERNEHAN, R. J., M. R. HEADRICK et R. E. SMITH (1981). "Early life history of striped bass in the Chesapeake and Delaware Canal and vicinity", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110: 137-150.
- KEYSER, F. M., J. E. BROOME, R. G. BRADFORD, B. SANDERSON et A. M. REDDEN (2016). "Winter presence and temperature-related diel vertical migration of striped bass (*Morone saxatilis*) in an extreme high flow passage in the inner Bay of Fundy", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 73: 1777-1736.
- KORNEGAY, J. W. et E. T. HUMPHRIES (1975). "Spawning of the striped bass in the Tar River, North Carolina", *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners*, 29: 317-325.
- LAPPALAINEN, J. et A. S. TARKAN (2007). "Latitudinal gradients in onset date, onset temperature and duration of spawning of roach", *J. Fish Biol.*, 70: 441-450.
- LA VIOLETTE, N., D. FOURNIER, P. DUMONT et Y. MAILHOT (2003). *Caractérisation des communautés de poissons et développement d'un indice d'intégrité biotique pour le fleuve Saint-Laurent, 1995-1997*, Société de la Faune et des Parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 237 p.
- MacINNIS, G. M. (2012). *Spatio-temporal distribution of eggs and age-0 striped bass (Morone saxatilis) in the Shubenacadie river estuary*, Master's thesis, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, 210 p.
- MAGNIN, E. et G. BEAULIEU (1967). « Le bar, *Roccus saxatilis* (Walbaum), du fleuve Saint-Laurent », *Nat. Can.*, 94 : 539-555.
- MANSUETI, R. J. (1958). *Eggs, larvae and young of the striped bass, Roccus saxatilis*, Md. Dep. Res. Educ., Chesapeake Biol. Lab., Contrib. 112, 35 p.
- MARTINO, E. J. et E. D. HOUDE (2010). "Recruitment of striped bass in Chesapeake Bay: spatial and temporal environmental variability and availability of zooplankton prey", *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 409: 213-228.
- McINTYRE, J. et R. P. BARRY (2018). "A lattice-based smoother for regions with irregular boundaries and holes", *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 27: 360-367.
- McLAREN, J. B., J. C. COOPER, J. B. HOFF et V. LANDER (1981). "Movements of Hudson River striped bass", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110: 158-167.
- MERRIMAN, D. (1941). "Studies on the striped bass (*Roccus saxatilis*) of the Atlantic Coast", U.S. Fish Wildl. Serv., *Fish Bull.*, 50: 1-77.

- MFFP (2014). *Normes de bons soins aux animaux sauvages — Chirurgie des poissons*, 7 p.
- MORISSETTE, O. (2011). *Reproduction et vie larvaire de la nouvelle population de bar rayé (Morone saxatilis) du fleuve Saint-Laurent*, rapport final présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi comme exigence partielle du programme de baccalauréat en biologie, VI + 25 p.
- MORISSETTE, O. (2019). *Revue de littérature sur la répartition, les déplacements et l'utilisation de l'habitat par le segment subadulte du bar rayé*, pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs et Pêches et Océans Canada, Québec, IV + 19 p.
- MORISSETTE, O., F. LECOMTE, G. VERREAULT, M. LEGAULT et P. SIROIS (2016). "Fully equipped to succeed: migratory contingents seen as an intrinsic potential for striped bass to exploit a heterogeneous environment early in life", *Estuaries and Coasts*, 39: 571-582
- MPO (2013). *Mise à jour de 2012 sur l'abondance des reproducteurs et les caractéristiques biologiques du bar rayé (Morone saxatilis) du sud du golfe du Saint-Laurent*, Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2013/010.
- MPO (2014). *Prises de la pêche récréative, abondance de reproducteurs et caractéristiques biologiques du bar rayé (Morone saxatilis) du sud du golfe du Saint-Laurent en 2013*, Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2014/015.
- MPO (2015). *Prises de la pêche récréative, abondance de reproducteurs et caractéristiques biologiques du bar rayé (Morone saxatilis) du sud du golfe du Saint-Laurent en 2014*, Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2015/011.
- MPO (2016). *Abondance de reproducteurs et caractéristiques biologiques du bar rayé (Morone saxatilis) du sud du golfe du Saint-Laurent en 2015*, Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2016/017.
- MPO (2017). *Abondance de reproducteurs et caractéristiques biologiques du bar rayé (Morone saxatilis) du sud du golfe du Saint-Laurent en 2016*, Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2017/012.
- NORTH, E. W. et E. D. HOUDE (2001). "Retention of white perch and striped bass larvae: biological-physical interactions in Chesapeake Bay Estuarine Turbidity Maximum", *Estuaries*, 24: 756-769.
- NORTH, E. W. et E. D. HOUDE (2003). "Linking ETM physics, zooplankton prey, and fish early-life histories to white perch (*Morone americana*) and striped bass (*M. saxatilis*) recruitment success", *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 260: 219-236.
- NORTH, E. W. et E. D. HOUDE (2006). "Retention mechanisms of white perch *Morone americana* and striped bass *Morone saxatilis* early-life stages in an estuarine turbidity maximum: an integrative fixed-location and mapping approach", *Fish Oceanogr.*, 15: 429-450.
- PAQUET, M. (1993). *Transport du calcium et du magnésium dans le système lac Ontario / fleuve Saint-Laurent* [Thèse (M.Sc)]. Québec: Université Laval. 105 p.
- PAQUET-WALSH, A., A. BERTOLO, C. LANDRY, L. DESCHAMPS et M. BOILY (2019). "Interactive effects of neonicotinoids and natural ultraviolet radiation on yellow perch (*Perca flavescens*) larvae", *Sci. Total Environ.*, 2019, 685: 690-701.
- PEARSON, J. C. (1938). "The life history of the striped bass, or rockfish, *Roccus saxatilis* (Walbaum)", U.S. Fish Wildl. Serv., *Fish Bull.*, 49: 825-860.
- PELLETIER, A.-M. (2009). *Premier portrait biologique de la nouvelle population de bars rayés (Morone saxatilis) du fleuve Saint-Laurent résultant desensemencements effectués entre 2002 et 2008*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire du Bas-Saint-Laurent et Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, 55 p.

- PELLETIER, A.-M. (2013). *Caractérisation des habitats d'été utilisés par les bars rayés juvéniles de l'année dans l'estuaire du Saint-Laurent. Rapport technique et scientifique dans le cadre du plan de rétablissement du bar rayé de l'estuaire du Saint-Laurent*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction générale du Bas-Saint-Laurent, 44 p.
- PELLETIER, A.-M., G. BOURGET, M. LEGAULT et G. VERREAULT (2011). « Réintroduction du bar rayé (*Morone saxatilis*) dans le fleuve Saint-Laurent : bilan du rétablissement de l'espèce », *Nat. Can.*, 135 : 79-85.
- PETERSON, R. H., D. J. MARTIN-ROBICHAUD et O. BERGE (1996). "Influence of temperature and salinity on length and yolk utilization of striped bass larvae", *Aquac. Int.*, 4: 89-103.
- PRCHALOVÁ, M., T. MRKVIČKA, J. PETERKA, M. ČECH, L. BEREČ et J. KUBEČKA (2011). "A model of gillnet catch in relation to the catchable biomass, saturation and soak time", *Fish. Res.*, 107: 201-209.
- R CORE TEAM (2019). *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria [<https://www.R-project.org/>].
- RANEY, E. C. (1952). The life history of the striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum). Bull. Bingham Oceanogr. Coll. 14: 5-97.
- RANEY, E. C., W. S. WOOLCOTT et A. G. MEHRING (1954). "Migratory pattern and racial structure of Atlantic coast striped bass", *Transactions of the North American Wildlife Conference*, 19: 376-396.
- REES, R.A et HARREL, R.M. (1990). Artificial spawning and fry production of striped bass and hybrids. In *Culture and Propagation of Striped Bass*. pp. 43-72. Edited by R.M. Harrell, J.H. Kerby and R.V. Minton. American Fisheries Society, Bethesda
- REESOR, C. (2012). *Temporal distribution of Morone saxatilis eggs and larvae and Neomysis americana in the Shubenacadie estuary*, Master's thesis, Dalhousie University, Truro, Nova Scotia, 165 p.
- ROBICHAUD-LEBLANC, K. A., S. C. COURTENAY et A. LOCKE (1996). "Spawning and early life history of a northern population of striped bass (*Morone saxatilis*) in the Miramichi River estuary, Gulf of St. Lawrence", *Can. J. Zool.*, 74: 1645-1655.
- ROBICHAUD-LEBLANC, K. A., S. C. COURTENAY et J.M. HANSON. (1997). Ontogenetic diet shifts in age-0 striped bass, *Morone saxatilis*, from the Miramichi River estuary, Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Zoology* 75(8):1300-1309.
- ROBICHAUD-LEBLANC, K. A., S. C. COURTENAY et T. J. BENFEY (1998). "Distribution and growth of young-of-the-year striped bass in the Miramichi River estuary, Gulf of St. Lawrence", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 127: 56-69.
- ROBITAILLE, J. A., Y. VIGNEAULT, G. SHOONER, C. POMERLEAU et Y. MAILHOT (1988). *Modifications physiques de l'habitat du poisson dans le Saint-Laurent de 1945 à 1984 et effets sur les pêches commerciales*, Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 1608, 45 p.
- ROBITAILLE, J. A. (2004). *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le bar rayé (Morone saxatilis) au Canada*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, 48 p.
- ROBITAILLE, J., M. BÉRUBÉ, A. GOSSELIN, M. BARIL, J. BEAUCHAMP, J. BOUCHER, S. DIONNE, M. LEGAULT, Y. MAILHOT, B. OUELLET, P. SIROIS, S. TREMBLAY, G. TRENCIA, G. VERREAULT et D. VILLENEUVE (2011). *Programme de rétablissement du bar rayé (Morone saxatilis), population de l'estuaire du Saint-Laurent, Canada*, Série des programmes de rétablissement publiés en vertu de la Loi sur les espèces en péril, Ottawa, Pêches et Océans Canada, xi + 52 p.

- RULIFSON, R. A., C. S. MANOOCH et J. J. ISELY (1993). *Striped bass egg abundance and viability in the Roanoke River, North Carolina, and young-of-the-year survivorship, for 1992*, Completion Report to the North Carolina Division of Marine Fisheries, ICMR-93-02, Morehead City.
- RULIFSON, R. A. et M. J. DADSWELL (1995). "Life history and population characteristics of striped bass in Atlantic Canada", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 124: 477-507.
- RULIFSON, R. A. et K. A. TULL (1999). "Striped bass spawning in a tidal bore river: the Shubenacadie estuary, Atlantic Canada", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 128: 613-624.
- SCHERRER, B. (1984). *Biostatistique*. Gaëtan Morin Éditeur, Boucherville, Québec, Canada. 850 p.
- SCOTT, W. B. et E. J. CROSSMAN (1974). *Poissons d'eau douce au Canada*, Bulletin 184, ministère de l'Environnement, Service des pêches et des sciences de la mer, Ottawa, 1026 p.
- SEAMAN, D. E., J. J. MILLSPAUGH, B. J. KERNOHAN, G. C. BRUNDIGE, K. J. RAEDEKE et R. A. GITZEN (1999). Effects of sample size on kernel home range estimates. *Journal of Wildlife Management* 63(2): 739-747.
- SECOR, D. H. et E. D. HOUDE (1995). "Temperature effects on the timing of striped bass egg production, larval viability, and recruitment potential in the Patuxent River (Chesapeake Bay)", *Estuaries*, 18: 527-544.
- SECOR, D. H. (2000). "Spawning in the nick of time? Effect of adult demographics on spawning behaviour and recruitment in Chesapeake Bay striped bass", *ICES Journal of Marine Science*, 57: 403-411.
- SECOR, D. H. (2015). *Migration Ecology of Marine Fishes*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2015, 304 p., ISBN: 9781421416120.
- SETZLER, E. M., W. R. BOYNTON, K. V. WOOD, H. H. ZION, L. LUBBERS, N. K. MOUNTFORD, P. FRERE, L. TUCKER et J. A. MIHURSKY (1980). *Synopsis of biological data on striped bass, Morone saxatilis (Walbaum)*, National and Atmospheric Administration Technical Report, Book 433, U.S. National Marine Fisheries Service.
- SIMONEAU, M. (2017). *Qualité de l'eau des tributaires du lac Saint-Pierre : évolution temporelle 1979-2014 et portrait récent 2012-2014*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-76229-4 (PDF), 54 p. + 13 ann. [En ligne] [<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/lac-st-pierre/qualite-eau-tributaires.pdf>].
- SIMONS, R. D., S. G. MONISMITH, F. J. SAUCIER, L. E. JOHNSON et G. WINKLER. 2010. Modelling stratification and baroclinic Flow in the estuarine transition zone of the St. Lawrence Estuary. *Atmosphere-ocean*, vol. 48 (2) : 132-146.
- SIROIS, P. et J. J. DODSON (2000). "Influence of turbidity, food density and parasites on the ingestion and growth of larval rainbow smelt *Osmerus mordax* in an estuarine turbidity maximum", *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 193: 167-179.
- VACHON, N. (1999). *Écologie des juvéniles 0+ et 1+ de chevalier cuivré (Moxostoma hubbsi), une espèce menacée, comparée à celle des quatre autres espèces de Moxostoma (M. anisurum, M. carinatum, M. macrolepidotum, M. valenciennesi) dans le système de la rivière Richelieu*, mémoire présenté à l'Université du Québec à Montréal comme exigence partielle de la maîtrise en biologie, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Montérégie, Longueuil, Rapp. tech. 16-06, xvi + 175 p.

- VACHON, N. (2010). *Reproduction artificielle, ensemencements et suivi du recrutement du chevalier cuivré en 2009*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Unité de gestion des ressources naturelles et de la faune de Montréal-Montérégie, Longueuil, Rapp. tech. 16-44, vii + 28 p. + 5 annexes.
- VALIQUETTE, E., M. LEGAULT et V. HARVEY (2016). *État référence de la faune aquatique et de ses habitats dans le secteur du pont de l'Île d'Orléans : rapport final. Première partie — Description physique et inventaires biologiques*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, Québec, xxviii + 199 p.
- VALIQUETTE, E., V. HARVEY, et A.-M. PELLETIER (2017). Mise à jour des connaissances sur l'identification, la description et l'utilisation spatio-temporelle des habitats du bar rayé (*Morone saxatilis*) de la population du fleuve Saint-Laurent, Québec. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2017/005. ix + 55 p.
- VANALDERWEIRELDT, L. (2019). *Le retour du bar rayé dans l'estuaire du Saint-Laurent : écologie des jeunes stades de vie et caractérisation des habitats essentiels*, thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi, 169 p.
- VANDER WAL, E. et A. RODGERS (2012). "An individual-based quantitative approach for delineating core areas of animal space use", *Ecol. Model.*, 224: 48-53.
- VINAGRE, C., T. FERREIRA, L. MATOS, M. J. COSTA et H. N. CABRAL (2009). "Latitudinal gradients in growth and spawning of sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.) and their relationship with temperature and photoperiod", *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 81: 375-380.
- VAN DEN AVYLE, M. J. et M. A. MAYNARD (1994). "Effects of saltwater intrusion and flow diversion on reproductive success of striped bass in the Savannah River estuary", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 123: 886-903.
- VLADYKOV, V. D. et J. BROUSSEAU (1957). *Croissance du bar d'Amérique, Roccus saxatilis, dans le Québec*, Département des pêcheries, Québec, travail dactylographié, 8 p.
- VLADYKOV, V. D. et D. E. McALLISTER (1961). "Preliminary list of marine fishes of Quebec", *Nat. Can.*, 88: 53-78.
- WALDMAN, J. R., YOUNG, J. R., LINDSAY, B. P., SCHMIDT, R. E. et ANDREYKO, H. (1999). A comparison of alternative approaches to discriminate larvae of striped bass and white perch. *North American Journal of Fisheries Management* **19** : 470–481.
- WAND, W. (2015). KernSmooth: Functions for Kernel Smoothing Supporting Wand & Jones (1995). R package version 2.23-15. <https://CRAN.R-project.org/package=KernSmooth>
- WANG, J. C. S. ET R. J. KERNEHAN (1979). *Fishes of the Delaware estuaries. A guide to early life history stages*. EA Communications, Maryland, xxxi+410 p. WILLIAMS, R. R. G., G. R. DABORN et B. JESSOP (1984). "Spawning of the striped bass (*Morone saxatilis*) in the Annapolis River, Nova Scotia", *Proc. N.S. Inst. Sci.*, 34: 15-23.
- WORTON, B. J. (1989). "Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies", *Ecology*, 70: 164-168.
- YOUNG, S. P. et J. J. ISELY (2002). "Striped bass annual site fidelity and habitat utilization in J. Strom Thurmond Reservoir, South Carolina, Georgia", *Trans. Am. Fish. Soc.*, 131: 828-837.



**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec 