

Reproduction artificielle, ensemencement et suivi de la population du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2017

Mai 2021

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS



Photographies de la page couverture :

(Larves de chevaliers cuivrés) : Nathalie Vachon, MFFP

La version intégrale de ce document est accessible sur le site Internet suivant :
mffp.gouv.qc.ca.

Comment citer :

VACHON, N. (2021). Reproduction artificielle, ensemencements et suivi de la population du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2017, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, Secteur des opérations régionales, Rapport technique 16-56, ix + 44 p.

© Gouvernement du Québec

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2021

ISBN (PDF) : 978-2-550-89200-7

Équipe de réalisation

Plusieurs personnes ont été impliquées dans les diverses étapes de la réalisation de ces activités de rétablissement et de recherche sur le chevalier cuivré :

Chargée de projet, coordination, analyse et rédaction : Nathalie Vachon¹

Capture des géniteurs dans le B-17 et préparation du site

Sylvain Desloges¹
Mélissa Lamoureux¹
Ève Surprenant-Desjardins¹
Sandra Velásquez³

Capture des géniteurs de chevalier cuivré en aval du barrage de Saint-Ours

Sylvain Desloges¹
Mélissa Lamoureux¹
Ève Surprenant-Desjardins¹
Sarah Aubé²
Marc-Antoine Couillard²

Opération de la cage de la passe migratoire

Mélissa Lamoureux¹
Ève Surprenant-Desjardins¹
Sandra Velásquez³

Fabrication des dilueurs pour la laitance

Nathalie Vachon¹
Sandra Velásquez³

Manipulation des géniteurs

Nathalie Vachon¹
Sandra Velásquez³
Mélissa Lamoureux¹

Désinfection des œufs

Ève Surprenant-Desjardins¹

Transport des œufs

Émilie Lapalme³

Élevage et transport des larves et des fretins

Personnel de la station Piscicole de Baldwin-Coaticook

Ensemencements (larves et juvéniles)

Nathalie Vachon¹
Mélissa Lamoureux¹
Ève Surprenant-Desjardins¹

Analyses génétiques

Lucie Veilleux¹
Nathalie Tessier¹

Entretien de la collection de laitance

Mélissa Lamoureux¹
Ève Surprenant-Desjardins¹
Sandra Velásquez³

Cryopréservation de la laitance et fécondation au moyen de laitance cryopréservée

Nathalie Vachon¹
Sandra Velásquez³

Examen des échantillons cryopréservés

Sandra Velásquez³

Suivi du recrutement

Mélissa Lamoureux¹
Ève Surprenant-Desjardins¹
Sarah Aubé²
Nathalie Vachon¹

Recherche de subadultes

Mélissa Lamoureux¹
Ève Surprenant-Desjardins¹
Nathalie Vachon¹

Travail de laboratoire, saisie et validation de données

Mélissa Lamoureux¹
Ève Surprenant-Desjardins¹
Nathalie Vachon¹

Échantillonnage et identification des mulettes

Mélissa Lamoureux¹
Ève Surprenant-Desjardins¹
Sarah Aubé²
Marie-Hélène Fraser¹

Personnel ayant apporté un soutien ponctuel à la reproduction artificielle

Florent Archambault¹
Huguette Massé¹
Gabrielle Tétrault¹
Nathalie Tessier¹
Marie-Hélène Fraser¹

Personnel ayant apporté un soutien ponctuel à la recherche de subadultes sur le terrain

Annick Drouin²

Sarah Aubé²

Guillaume Plouffe¹

Isabelle Dumais⁴

Jean-François Burton⁴

Soutien ponctuel au laboratoire

Johannie Jacques, stagiaire d'un jour

Révision du document

Catherine Van Doorn²

Mise en page

Marie-Claude Fafard

¹ MFFP, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval.

² MFFP, Direction de l'expertise sur la faune aquatique.

³ COVABAR : Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu.

⁴ Bénévole.

Avant-propos

Ce rapport constitue le livrable final produit dans le cadre du financement obtenu de Pêches et Océans Canada (MPO) par l'entremise du Programme Espèces en péril 2017-2018 pour l'activité 4.10 « Reproduction artificielle, ensemencement, suivi du recrutement et caractérisation génétique des captures de chevalier cuivré en 2017 ». Ce document présente également les résultats de travaux de recherche de subadultes réalisés dans la rivière Richelieu en 2017 par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Il fait également office de livrable dans le cadre du permis de recherche et collecte de l'agence Parcs Canada N° CSO-2007-1114. Les travaux de reproduction artificielle et de cryopréservation de la laitance du chevalier cuivré ont obtenu un certificat de bons soins aux animaux (CPA-FAUNE 17-15) ainsi qu'une autorisation de distribution de médicament d'urgence de Santé Canada (2017-28452).

Résumé

La population de chevaliers cuivrés (*Moxostoma hubbsi*) est soutenue par un programme de reproduction artificielle depuis 2004. Parallèlement, un suivi du recrutement des chevaliers est effectué dans la rivière Richelieu depuis 1997. Cet échantillonnage est retenu comme un indice de performance des mesures de conservation et de soutien de la population. Des travaux sur la recherche de subadultes ont aussi été réalisés en 2017. Les travaux sur le terrain pour la reproduction artificielle se sont déroulés du 7 au 27 juin 2017 au lieu historique national du Canal-de-Saint-Ours. Les débits printaniers de la rivière Richelieu en 2017 se situaient autour de la médiane historique. Cependant, au printemps 2017, des conditions de crues exceptionnelles ont prévalu dans le fleuve Saint-Laurent. Tant les débits que les niveaux du fleuve Saint-Laurent en juin se situaient autour des maxima historiques. Le développement des techniques de cryopréservation de la laitance s'est poursuivi cette année. Au total, neuf chevaliers cuivrés (5 femelles, 2 mâles et 2 immatures) ont été manipulés en 2017, mais seulement six sont des géniteurs confirmés, car une femelle est morte lors de sa capture au bief aval du barrage de Saint-Ours. L'un des mâles était très jeune (LT = 510 mm) et a été utilisé avec succès. Les deux subadultes (LT < 500 mm et de sexe indéterminé) ont été remis à l'eau. Les deux mâles étaient de nouveaux individus, alors que deux femelles étaient connues (taux de recapture de 22 %). Au total, 32 familles ont été produites parmi lesquelles 24 sont issues de croisements réalisés avec de la laitance cryopréservée. Les œufs ont été transportés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook (SPBC) pour l'incubation et l'élevage. Le 13 juillet, quelque 36 000 larves surnuméraires ont étéensemencées dans la rivière Richelieu, alors que les autres ont été conservés pour l'élevage à la SPBC. L'étang n° 4 a été réservé pour l'élevage des individus produits avec de la laitance cryopréservée. Quelque 16 300 fretins (dont environ 1 600 issus de la fécondation avec de la laitance cryopréservée) ont été remis à l'eau dans la rivière Richelieu le 12 septembre. Leur taille (LT) variait de 20,3 à 41,3 mm. Le suivi du recrutement a été réalisé dans le secteur de Saint-Ours du 18 au 20 septembre (24 stations) et le 21 et du 24 au 28 septembre dans le secteur de Saint-Marc (40 stations). En tout, 78 jeunes chevaliers cuivrés de l'année, dont la taille variait de 41,6 à 59,5 mm, ont été capturés, ce qui représente 22,3 % de l'effectif par rapport à ses congénères du même groupe d'âge. Les travaux de recherche de subadultes n'ont pas permis de capturer des chevaliers cuivrés en 2017, mais ont permis d'expérimenter de nouvelles techniques. Tous ces travaux contribuent à détecter la présence et à suivre l'abondance de plusieurs autres espèces en situation précaire. Cette année, le nombre de captures de bars rayés (*Morone saxatilis*) en juin était manifestement en hausse par rapport aux années précédentes où sa présence était anecdotique. Les effets de l'augmentation de la population du bar rayé et ses interactions avec la population de chevalier cuivré devraient être examinés de plus près. Ces travaux permettent également d'assurer une veille et de documenter la progression et l'abondance de certaines espèces exotiques et envahissantes. En 2017, le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) a été recensé jusqu'au pied du barrage de Saint-Ours, mais n'a pas été détecté dans le secteur de Saint-Marc. La portée de ces suivis et de ces travaux dépasse largement celle du chevalier cuivré et montre, année après année, l'importance de la rivière Richelieu pour plusieurs étapes du cycle vital du chevalier cuivré, mais aussi pour la diversité de la faune aquatique du Québec.

Table des matières

Équipe de réalisation.....	i
Avant-propos.....	iv
Résumé.....	v
Table des matières.....	vi
Liste des figures.....	viii
Liste des tableaux.....	viii
Liste des annexes.....	ix
1. Introduction et mise en contexte.....	1
2. Méthodes.....	2
2.1 Captures des géniteurs.....	2
2.2 Reproduction artificielle.....	2
2.3 Fabrication des dilueurs et cryopréservation de la laitance.....	3
2.4 Transport des œufs et élevage à la station piscicole de Baldwin-Coaticook...	4
2.5 Ensemencements.....	4
2.6 Suivi du recrutement.....	4
2.6.1 Effort, site de pêche et traitement des poissons sur le terrain.....	4
2.6.2 Caractérisation de l'habitat.....	5
2.7 Recherche de subadultes.....	5
2.7.1 Engins, efforts et sites de pêche.....	5
2.7.2 Caractéristiques de la seine pour subadultes.....	5
2.7.3 Techniques de la pêche à la seine pour subadultes.....	6
2.8 Caractérisation de l'habitat.....	7
2.9 Travaux sur les mulettes.....	7
2.10 Travaux de laboratoire.....	8
2.11 Analyses génétiques.....	8
3. Résultats.....	8
3.1 Reproduction artificielle.....	8
3.1.1 Efforts de pêche.....	8
3.1.2 Conditions hydrologiques et thermiques de la rivière Richelieu durant les travaux.....	9
3.1.3 Séquence temporelle et caractéristiques des captures.....	10
3.1.4 Manipulation des géniteurs et fécondations en 2017.....	11
3.1.5 Cryopréservation de la laitance et tests de fécondation.....	12
3.1.6 Autres espèces capturées en juin.....	13
3.1.7 Reproduction et élevage.....	15
3.2 Ensemencements.....	17

3.3 Suivi du recrutement	19
3.3.1 Chevaliers	19
3.3.2 Autres espèces de poissons.....	23
3.3.3 Mulettes et autres invertébrés	23
3.4 Recherche de subadultes	25
3.4.1 Efforts et techniques de pêche	25
3.4.2 Captures	26
3.5 Analyses génétiques	29
4. Discussion.....	29
5. Conclusion	35
Autres collaborations.....	36
Remerciements	37
Partenaires.....	37
Annexes	41

Liste des figures

Figure 1 : Séquence temporelle des captures de chevaliers cuivrés au cours des travaux de reproduction artificielle en juin 2017. 10

Liste des tableaux

Tableau 1 : Effort (heures) de pêche et répartition dans le temps des engins utilisés pour la capture et bilan des captures de chevaliers cuivrés par engin en juin 2017. 9

Tableau 2 : Banque de laitance de chevalier cuivré cryopréservée et disponible pour les prochaines années au terme de la saison 2017. 13

Tableau 3 : Diversité des espèces capturées dans la cage et le filet installé dans le bassin d'entrée de la passe migratoire (B-17) ainsi que dans les filets maillants installés au bief aval du barrage de Saint-Ours au cours des travaux de reproduction artificielle du chevalier cuivré en juin 2017. 14

Tableau 4 : Nombre d'œufs, de larves et de fretins viables produits en 2017 selon la technique de fécondation d'après les données mesurées à la station piscicole de Baldwin-Coaticook. 16

Tableau 5 : Croissance en taille (longueur totale), en poids et taux de survie larves-fretins d'après les données mesurées en septembre 2017 dans les étangs et les bassins à la station piscicole de Baldwin-Coaticook. 17

Tableau 6 : Répartition des larves et des fretins de chevaliers cuivrés aux différents sites d'ensemencement dans la rivière Richelieu en 2017. 18

Tableau 7 : Nombre et abondance relative des jeunes chevaliers de l'année (LT < 100 mm) capturés dans la rivière Richelieu aux 40 stations du secteur de Saint-Marc et aux 24 stations du secteur de Saint-Ours en septembre 2017. 20

Tableau 8 : Capture moyenne par unité d'effort (nombre/coup de seine) de jeunes chevaliers de l'année (LT < 100 mm) dans la rivière Richelieu en septembre 2017. 20

Tableau 9 : Capture moyenne par unité d'effort (nombre/coup de seine) de jeunes chevaliers de l'année selon les rives dans les secteurs de la rivière Richelieu échantillonnés en septembre 2017. 20

Tableau 10 : Croissance en taille (longueur totale) des jeunes chevaliers de l'année capturés dans la rivière Richelieu en septembre 2017. 21

Tableau 11 : Abondance et répartition des différentes espèces de chevaliers âgés d'un an et plus (LT ≥ 100 mm), par classe de taille (longueur totale), capturés dans la rivière Richelieu en septembre 2017. 22

Tableau 12 : Liste des espèces de poissons capturés à la seine de rivage dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours en septembre 2017.24

Tableau 13 : Liste des espèces de mulettes, statuts et liste des autres invertébrés trouvés dans la rivière Richelieu au cours du suivi du recrutement en septembre 2017.25

Tableau 14 : Répartition de l'effort de pêche quotidien au cours de la recherche de chevaliers cuivrés subadultes dans la rivière Richelieu en 2017.26

Tableau 15 : Liste des espèces de poissons capturés au moyen des différentes techniques utilisées au cours des travaux de recherche de chevaliers cuivrés subadultes réalisés en 2017 dans la rivière Richelieu entre Chambly et Sorel.28

Tableau 16 : Liste des espèces de mulettes et leurs statuts trouvées au cours des travaux de recherche de chevaliers cuivrés subadultes réalisés dans la rivière Richelieu entre Chambly et Sorel en 2017.29

Liste des annexes

Annexe 1: Caractéristiques des engins de pêche utilisés en 2017.41

Annexe 2: Profils préliminaires des données (juin 2017 à février 2018) du niveau d'eau (m) et du débit (m^3/s) de la rivière Richelieu aux stations des rapides de Fryers et à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu (trait rouge = valeur de 2017, trait vert = valeur médiane historique, trait gris = valeur maximale historique).42

Annexe 3: Profils préliminaires des données (juin 2017 à février 2018) du niveau d'eau (m) et du débit (m^3/s) du fleuve Saint-Laurent aux stations du lac Saint-Louis (Pointe-Claire) et à Lanoraie de juin à février (trait rouge = valeur de 2017, trait vert = valeur médiane historique, trait gris = valeur maximale historique).43

Annexe 4: Température moyenne ($^{\circ}C$) de l'eau de la rivière Richelieu mesurée au cours des différents travaux sur le terrain du 11 juin au 5 octobre 2017.44

1. Introduction et mise en contexte

Il y a 30 ans, le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC, aujourd'hui le COSEPAC) désignait le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) comme une espèce menacée au Canada (Mongeau et coll., 1988). L'espèce s'est vu attribuer le statut le plus précaire avant la disparition (espèce menacée) en 1999 en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* du Québec (LEMV) (Comité d'intervention, 1995; La Haye et Huot, 1995). En 2004, un statut plus précaire (en voie de disparition) a été attribué au chevalier cuivré par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC, 2004) et l'espèce est légalement désignée comme telle, depuis 2007, en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* du Canada (LEP). Tel que cela est prévu dans le processus de désignation des espèces en situation précaire au Canada, qui recommande une révision de son statut tous les 10 ans, celui-ci a été réévalué en 2014 par le COSEPAC et est maintenu « en voie de disparition » (COSEPAC, 2014).

En raison de l'extrême rareté et précarité de l'espèce, la population est soutenue par un programme de reproduction artificielle et des ensemencements depuis 2004 par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). La reproduction artificielle vise à reconstituer le stock reproducteur de la seule population mondiale de chevalier cuivré. L'objectif est de produire annuellement 500 000 larves et 15 000 fretins appartenant à 100 familles¹ dans le but de reconstituer une population de 4 000 individus matures en 20 ans. Cette action est réalisée en vertu d'un plan de reproduction qui repose sur la génétique de la population (Bernatchez, 2004; Lippé et coll., 2006).

Parallèlement, un suivi du recrutement des jeunes chevaliers de l'année est effectué dans la rivière Richelieu depuis 1999. Cet échantillonnage est aujourd'hui retenu comme indice de performance des mesures de conservation et de soutien de la population de chevalier cuivré, dont un suivi de l'efficacité des ensemencements. Ce suivi de la population tout comme les activités de reproduction artificielle sont des actions jugées hautement prioritaires dans le quatrième plan de rétablissement du chevalier cuivré provincial 2012-2017 (Équipe de rétablissement du chevalier cuivré, 2012) ainsi que dans le premier programme de rétablissement en vertu de la LEP (MPO, 2012).

Des actions reliées à l'acquisition de connaissances sur les juvéniles plus âgés (subadultes) ont aussi été clairement désignées comme prioritaires dans ces documents, puisqu'il s'agit de données importantes pour assurer le succès du plan de reproduction artificielle et le rétablissement de l'espèce. Le développement de méthodes plus adaptées à la recherche de chevaliers cuivrés subadultes ($100 \text{ mm} \leq \text{LT} \leq 500 \text{ mm}$) dans les habitats plus profonds est une préoccupation importante. La seine montréalaise, utilisée depuis plusieurs années, permet la capture de chevaliers subadultes, mais est peu adaptée à l'exploration des habitats en zone plus profonde en raison de sa hauteur limitée (4 m). L'utilisation de cet engin donne lieu à la capture de nombreux individus non recherchés, car ses mailles sont de petites dimensions (2,5 mm) et sa capacité est aussi limitée par sa longueur (12 m).

Plusieurs essais visant la recherche de chevaliers cuivrés subadultes ont été réalisés dans les années antérieures, notamment avec une seine coulissante (Vachon, 2018a, b; Vachon, 2020). La manipulation de cette dernière étant laborieuse, l'équipe a mis au point un nouvel engin : la « seine pour subadultes » conçue pour la recherche de

¹ L'ensemble des rejetons issus du croisement d'un mâle et d'une femelle est une famille.

chevaliers de plus grande taille dans les habitats plus profonds. Les travaux de recherche de subadultes en 2017 visaient également à expérimenter différentes techniques de manipulation de ce nouvel engin de pêche.

Ces travaux concernent trois des cinq objectifs inscrits dans le programme de rétablissement du chevalier cuivré en vertu de la LEP (MPO, 2012) ainsi que dans le quatrième plan de rétablissement du chevalier cuivré provincial 2012-2017 (Équipe de rétablissement du chevalier cuivré du Québec, 2012).

OBJECTIF 2 : Soutenir la population de chevalier cuivré, grâce à l'ensemencement dans la rivière Richelieu, jusqu'à ce que la reproduction naturelle permette le maintien de la population à long terme.

OBJECTIF 3 : Encourager les efforts de recherche sur la composante subadulte (100-500 mm) de la population afin de combler le manque de connaissances de cette étape du cycle de vie du chevalier cuivré.

OBJECTIF 5 : Réaliser un suivi régulier de l'état de la population.

2. Méthodes

2.1 Captures des géniteurs

Les pêches, ciblées pour la capture de géniteurs de chevaliers cuivrés à l'aide d'un filet maillant (mailles de 5 po) placé dans le bassin d'entrée (B-17) ainsi que par la manipulation de la cage de la passe migratoire Vianney-Legendre, ont débuté le 7 juin 2017 et se sont poursuivies jusqu'au 27 juin sans interruption. Sauf une ou deux exceptions, la cage a été levée deux fois par jour au début des travaux, puis en matinée seulement en combinaison avec une vérification sommaire en fin d'après-midi plus la saison avançait.

Des efforts de pêche supplémentaires, par le personnel du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, ont été déployés sur les sites de fraye au moyen de filets maillants (mailles de 5 po) installés au bief aval du barrage de Saint-Ours à partir du 11 juin, et ce, sans interruption jusqu'au 27 juin (sauf le 18 juin). Les caractéristiques des engins de pêche sont présentées en détail à l'Annexe 1.

2.2 Reproduction artificielle

Les activités ont été réalisées suivant les méthodes habituelles décrites dans Vachon (2010) qui comprennent, entre autres, la garde en captivité des géniteurs, le traitement hormonal ainsi que la désinfection des œufs aux iodophores par trempage durant le durcissement (prévention de la septicémie hémorragique virale [SHV]).

Comme dans les années antérieures, le suivi de la température de l'eau durant les travaux a été assuré par un thermographe installé dans un des bassins de rétention des géniteurs. Les données étaient enregistrées sans interruption toutes les heures.

Tel que l'exige Santé Canada depuis 2015, une demande d'autorisation de distribution de médicament d'urgence (DMU²) a été soumise à ce ministère et acceptée pour l'usage d'Ovaprim^{MD}, médicament (hormone) non encore homologué pour usage chez le poisson au Canada³, qui est employé pour stimuler la maturation finale des gonades chez les géniteurs.

À chacune des frayes des femelles, lorsque le volume d'ovocytes libérés était suffisant, une partie de ceux-ci ont été fécondés par de la laitance congelée (préservée dans l'azote liquide de 2012 à 2014) pour maximiser le nombre de croisements. Dans tous les cas, les œufs produits au moyen de laitance cryopréservée ont été conservés séparément, comme dans les années antérieures, pour être envoyés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook où ils sont incubés à part des autres selon les mêmes méthodes.

2.3 Fabrication des dilueurs et cryopréservation de la laitance

Trois des quatre dilueurs prévus pour cette saison ont pu être fabriqués. Seuls le RATH et le HBSS (avec des variantes pour chacun) ont été préparés et utilisés pour préserver la laitance à court terme (réfrigérateur) ainsi que pour la congélation. Cette saison, les efforts ont surtout porté sur la vérification des effets de deux différents tampons (Bicine et Hepes), alors que, dans tous les cas, une osmolalité d'environ 325 mosmols/kg et un pH autour de 8, mesuré à la température de la pièce, étaient recherchés lors de la fabrication des dilueurs.

Les travaux de recherche et de développement portant sur la cryopréservation de la laitance du chevalier cuivré se sont poursuivis en 2017 dans le but de raffiner nos connaissances à la lumière d'essais réalisés au cours des années antérieures (Vachon et coll., 2013, 2019; Vachon et Sirois, 2019). Ainsi, deux solutions de RATH (avec Bicine et Hepes) ont été préparées à une osmolalité de 240 mosmols/kg à partir des solutions mères. Une attention particulière a également été portée à la mesure des courbes de congélation dans les contenants de conservation à sec au LN₂⁴ pour améliorer nos connaissances générales et connaître le comportement du nouvel équipement acquis par le Ministère en 2015.

Enfin, des travaux ont aussi été faits pour améliorer et raffiner les techniques et les manipulations au cours de fécondations avec de la laitance cryopréservée. En 2017, les efforts de l'équipe ont surtout porté sur le développement d'un protocole de fécondation avec de la laitance cryopréservée qui est le plus facilement applicable sur le terrain, et ce, dans un délai raisonnable.

² En vertu des articles C.08.010 et C.08.011 du *Règlement sur les aliments et drogues* de Santé Canada.

³ L'efficacité, l'innocuité et la qualité de ce médicaments n'ont pas été évaluées par la Direction des médicaments vétérinaires.

⁴ *Dry-shipper*.

2.4 Transport des œufs et élevage à la station piscicole de Baldwin-Coaticook

Contrairement aux années antérieures, les œufs ont été transportés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook (SPBC) par du personnel du Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu (COVABAR) qui était sur appel. Un protocole a été spécialement rédigé afin d'encadrer adéquatement et sécuritairement cette étape.

Les œufs ont été incubés dans les bouteilles de Midland, et ceux, produits au moyen de fécondations avec de la laitance cryopréservée ont été maintenus séparément de ceux produits au moyen de la laitance préservée dans les dilueurs, et ce, comme dans les années antérieures. Les neuf étangs d'élevage extérieurs de la station piscicole ont été mis en charge en juillet et les larves issues de fécondations au moyen de la laitance cryopréservée ont été regroupées dans l'étang n° 4.

2.5 Ensemencements

Les ensemencements de larves (13 juillet) et de fretins (12 septembre) dans la rivière Richelieu ont eu lieu en embarcation dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours. Comme cela se fait depuis 2012, toutes les larves ont été regroupées dans un grand bac pour être transportées et mises à l'eau. Cette méthode permet de distribuer les différentes familles sur l'ensemble du territoire.

2.6 Suivi du recrutement

2.6.1 Effort, site de pêche et traitement des poissons sur le terrain

Le suivi du recrutement des chevaliers, par la capture de jeunes de l'année au moyen d'une seine de rivage de type montréalaise (Annexe 1), a eu lieu du 18 au 20 septembre dans le secteur de Saint-Ours (24 stations). Le secteur de Saint-Marc a été couvert le 21 septembre et du 25 au 28 septembre (40 stations), selon les méthodes décrites (Vachon, 2010). Tous les poissons de grande taille ainsi que ceux d'intérêt sportif ont été remis à l'eau après avoir été mesurés. Les chevaliers ont été mesurés, pesés et ont subi un examen DELT (Déformation, Érosion, Lésion et Tumeur) avant d'être remis à l'eau. Au besoin, un échantillon de tissu de 1 cm² a été prélevé sur la nageoire pectorale droite et préservé dans l'éthanol 95 %. Un tri préalable des jeunes chevaliers de l'année a été réalisé sur le terrain avant d'être préservés dans l'éthanol 95 %, séparément des autres poissons de petite taille, et ce, pour assurer une meilleure qualité des tissus. Les autres ont également été préservés dans l'éthanol 95 %. Tous les individus des autres espèces en situation précaire ont été mesurés sur le terrain et un échantillon de tissu (nageoire pectorale) a été prélevé avant leur remise à l'eau. En 2017, tous les gobies à tache noire (*Neogobius melanostomus*) et toutes les tanches (*Tinca tinca*) ont été préservés afin d'examiner leur contenu stomacal et de prendre des données biologiques sur ces spécimens dans le but d'acquérir de nouvelles connaissances sur les espèces exotiques et envahissantes.

2.6.2 Caractérisation de l'habitat

Outre les données de base, chaque site de pêche a été caractérisé au centre de la station selon les techniques identiques à celles employées en 2016 (Vachon, 2020), à l'exception de la vitesse du courant et du pH qui n'ont pas été mesurés, car les équipements n'étaient pas disponibles.

2.7 Recherche de subadultes

2.7.1 Engins, efforts et sites de pêche

Des travaux de recherche de chevaliers cuivrés subadultes (LT < 500 mm) dans la rivière Richelieu ont été ajoutés au programme. Ceux-ci ont été réalisés à des sites historiques de captures de subadultes non couverts par les plus récents travaux ou qui s'étaient avérés productifs au cours des travaux de 2016 (Vachon, 2020) qui visaient le même objectif.

Des pêches ont eu lieu, dans la rivière Richelieu, à la fin du mois de septembre et au début du mois d'octobre au moyen de cinq filets maillants (tous de mailles de 4 pouces étirées, sauf un qui avait des mailles de 3 pouces (Annexe 1) et d'une nouvelle seine rectangulaire conçue selon des spécifications proposées par notre équipe afin de permettre l'échantillonnage de subadultes dans les milieux plus profonds. Les profondeurs recherchées par ces pêches étaient de 3 à 5 m. La durée de pêche visée aux filets maillants était limitée. Les travaux avec la seine pour subadultes en 2017 avaient pour objectif d'expérimenter différentes techniques de pêche et de comparer sa manipulation et son efficacité avec la seine coulissante qui a été utilisée dans les années antérieures. Tous les poissons ont été remis à l'eau après avoir été soumis à des manipulations analogues à celles réalisées au cours du suivi du recrutement.

2.7.2 Caractéristiques de la seine pour subadultes

Les principes à la base de la conception de ce nouvel engin étaient de :

- faciliter la manipulation comparativement à la seine coulissante, en réduisant la taille et le poids de l'engin, et obtenir un gain d'espace dans le bateau et augmenter la vitesse de manipulation;
- réduire le nombre de captures non désirées comme les jeunes chevaliers de l'année et les autres espèces de petite taille.

La seine pour subadultes est un engin de pêche rectangulaire long de 125 pieds. (38,1 m) et haut de 20 pieds. (6,1 m). La taille des mailles étirées est de 1¼ pouce (31,75 mm, PTRN) sans les nœuds et le filet est noir. Une corde de $\frac{5}{16}$ pouces de diamètre (PTRB) relie le haut de la seine à des flotteurs en mousse orangée (2,75 pouces × 2,75 pouces) disposés à tous les 18 pouces sur les ailes et à tous les 12 po au centre. Le bas de la seine est fait d'une double ralingue plombée de type n° 33. Deux fourches d'une longueur totale de 52 pieds (16 m) repliées en deux ont été ajoutées aux extrémités de l'engin⁵. À chacune de ces fourches, deux points d'attache pour des baculs ont été installés près de la seine. Des cordes de 20 pieds ont été attachées aux fourches pour déployer et manipuler l'engin à distance. Sans toutefois

⁵ La distance entre la seine et le point d'attache de la fourche est donc de 26 pieds (8 m).

toujours être déployée en entier, la corde de queue de la seine mesurait 40 pieds afin de faciliter, au besoin, la manipulation de l'embarcation.

2.7.3 Techniques de la pêche à la seine pour subadultes

En tout, deux techniques de pêche ont été expérimentées en 2017. Des variantes et des adaptations mineures ont également été testées en cours d'utilisation dans le but d'améliorer la capacité de capture et de faciliter sa manipulation. Afin de permettre d'évaluer plus facilement la portion de la seine mise à l'eau au cours des manœuvres de déploiement, et ce, peu importe la technique (large ou rive), certains flotteurs ont été marqués pour indiquer le tiers, la moitié et les deux tiers de l'engin.

Déploiement au large

La seine a été déployée dans le sens de l'écoulement de la rivière et elle a été refermée en remontant le courant. Une ancre de forte capacité (4 dents) était attachée au bout d'une corde de 20 pieds reliée à la fourche de tête. Cette dernière était marquée d'une bouée. La fourche de queue était reliée par une corde fixée au taquet du bateau. À la fin du déploiement, la queue de l'engin était remorquée vers l'amont et refermée en cercle le plus rapidement possible. Le bateau était ensuite stabilisé avec une seconde ancre lui donnant ainsi deux points d'ancrage en amont. Les fourches étant accessibles, deux personnes remontaient simultanément les ralingues plombées en les maintenant tendues pendant la manœuvre. Les ralingues étaient remontées plus rapidement que les cordes flottantes afin de refermer le bas de la seine et créer une poche. Les ralingues flottantes étaient remontées et déposées aux extrémités de l'embarcation plus lentement que les ralingues plombées par deux autres personnes qui s'assuraient d'ajuster leur vitesse à celle des autres manipulateurs. Ainsi, à mesure que la seine était hissée dans le bateau, les poissons étaient repoussés vers une poche provisoire formée au centre, puis déversés dans une cuve après la fermeture complète.

Trois techniques ont été expérimentées pour remonter les ralingues plombées. Dans un premier temps, une seule personne ramenait les brins plombés à bord. La deuxième impliquait deux manipulateurs aux ralingues plombées : une première personne rapprochait les deux cordes tandis que l'autre les tirait pour les éloigner dans le bateau. Cette variante a été testée dans le but de rapprocher davantage les ralingues plombées pour obtenir une meilleure fermeture et réduire les risques d'échappement. Finalement, un essai de fermeture des ralingues plombées en les croisant a été expérimenté pour améliorer leur fermeture. La gestion du matériel de la seine dans le bateau dans ce dernier cas est plus compliquée.

Afin d'accroître la vitesse de pêche, des coups de seine ont été donnés sans ancrer l'embarcation en amont. Une fois la fourche de tête récupérée, l'embarcation dérivait à mesure que la seine était remontée à bord. L'ancre de tête était remontée en agrippant la bouée pour d'abord tirer sur la corde pour atteindre la fourche et accéder à la corde de l'ancre de tête pour la remonter. Une fois la seine désancrée, la corde pouvait être remontée dans le bateau pour de nouveau atteindre la fourche et procéder aux manœuvres suivantes. Comme la fourche de tête était toujours remontée avec un certain retard, car l'ancre de la seine devait être remontée dans le bateau avant de commencer les manœuvres de fermeture, la vitesse d'exécution s'en trouvait réduite. Pour en améliorer la vitesse, la bouée installée sur la fourche de tête a été attachée directement sur l'ancre de tête.

Déploiement à partir de la rive

Le déploiement de la seine s'est effectué de façon analogue à la technique utilisée pour la seine montréalaise, soit dans le sens de l'écoulement de la rivière. Le bateau s'éloignait perpendiculairement à la rive après y avoir déposé une personne de façon à déployer entièrement la corde de 20 pieds. Cette corde pouvait être raccourcie ou allongée au besoin, soit pour éviter un fort talus ou pour cibler un plateau. Le premier tiers de la seine était mis à l'eau perpendiculairement à la rive. L'embarcation se déplacerait par la suite vers l'aval, parallèlement à la rive pour déployer le second tiers de l'engin. Le reste de la seine était déployé en se rapprochant de la rive par devant. Une deuxième personne était déposée sur la rive avec une corde de 40 pieds (une plus grande longueur facilite les manipulations avec l'embarcation).

Les deux cordes étaient tirées, dans un premier temps, puis les fourches étaient remontées au même rythme afin de former un « U » avec l'engin. Une fois les deux extrémités de la seine ramenées, les cordes plombées étaient rapprochées et hissées sur la rive. Les deux cordes flottantes étaient ramenées et maintenues tendues loin des cordes plombées par les deux autres personnes de façon à former un mur entre le plan d'eau et les poissons capturés. Pour faciliter la remontée des cordes plombées, une seconde personne pouvait se joindre à l'autre pour manipuler les ralingues plombées ou se placer derrière elle afin de gérer l'amas de filet. À mesure que la seine était hissée, les poissons étaient repoussés vers le centre, dans une poche provisoire, puis déversés dans une cuve lorsque la seine était complètement fermée.

2.8 Caractérisation de l'habitat

La caractérisation de l'habitat a été réalisée selon les mêmes méthodes que celles décrites au point 2.6.2 auxquelles la mesure de la vitesse du courant (m/s), prise à un mètre sous la surface avec un courantomètre Hach modèle FH95, ainsi que de celle du pH ont été ajoutées, et ce, à chacun des coups de seine et au moment de l'installation de tous les filets. Les heures d'installation ainsi que du retrait des filets maillants ont également été notées afin de permettre l'évaluation de l'effort.

2.9 Travaux sur les mulettes

Un échantillonnage systématique selon un protocole établi par Marie-Hélène Fraser (biologiste au MFFP) a été intégré aux travaux de suivi du recrutement. Ces travaux impliquaient la recherche active de moules vivantes ou de coquilles de moules mortes récemment sur une surface de 10 ou 20 m² à chacune des stations. Les mulettes vivantes les plus communes étaient identifiées et dénombrées sur place, puis remises à l'eau, alors que les autres étaient rapportées au laboratoire aux fins d'identification et de prélèvement de tissus pour d'éventuelles analyses génétiques. Les mulettes mortes étaient également identifiées, dénombrées et les coquilles étaient rapportées au laboratoire, au besoin. Dans tous les cas, des photos de la station ainsi que des mulettes trouvées (mortes et vivantes) ont été prises. Enfin, lorsque le temps le permettait et que les coquilles de mulettes étaient abondantes sur la rive, des observations sommaires étaient notées et les coquilles les moins communes,

rapportées. Des mulettes ont été échantillonnées de façon opportuniste durant les travaux de recherche de subadultes.

2.10 Travaux de laboratoire

Tous les jeunes chevaliers de l'année sont identifiés à l'espèce en fonction de critères morphologiques et méristiques et sont pesés et mesurés individuellement. L'appareil pharyngien est examiné ou retiré, au besoin. Un échantillon de tissu est prélevé chez tous les jeunes chevaliers cuivrés de l'année pour réaliser les analyses d'assignation parentale ainsi que chez d'autres individus qui sont plus atypiques en vue de détecter d'éventuels cas d'hybridation ou pour en confirmer l'identification lorsque le spécimen est de mauvaise qualité. Si la longueur totale ne pouvait être mesurée, la longueur standard était mesurée et transformée en longueur totale grâce aux équations présentées dans Vachon (1999). À l'exception des espèces plus rares, tous les autres poissons ont été identifiés à l'espèce (sauf exception), dénombrés, puis pesés par espèce (en groupe).

2.11 Analyses génétiques

En 2017, les travaux se résument au classement et à la préparation des échantillons, à l'extraction de l'ADN, à l'amplification des 10 microsatellites, à la vérification sur gel d'agarose et à la préparation des amplifications pour le séquenceur automatique. Des reprises ont été effectuées au besoin. Une description plus détaillée des méthodes sera éventuellement présentée dans un autre rapport. Les échantillons analysés incluent tous les individus capturés au cours des activités de reproduction artificielle, du suivi du recrutement, de la recherche de subadultes ainsi que des huit individus trouvés dans le fleuve Saint-Laurent en 2017 au cours des travaux sur la recherche de carpes de roseau (*Ctenopharyngodon idella*) dans le cadre du Programme québécois de lutte contre les carpes asiatiques (Annick Drouin, biologiste MFFP, communication personnelle).

3. Résultats

3.1 Reproduction artificielle

3.1.1 Efforts de pêche

Les efforts de capture ont été déployés du 7 au 27 juin sans interruption au moyen de trois méthodes. Les pêches ne pouvaient être amorcées plus tôt, puisque la passe migratoire n'était pas en fonction, car l'entretien régulier saisonnier n'avait pas encore été fait pour opérer la cage et permettre l'installation du filet dans le bassin d'entrée de la passe (B-17) sans y rencontrer de gros débris accumulés à la suite de la crue printanière.

Au total, neuf chevaliers cuivrés ont été capturés du 9 au 27 juin. Le Tableau 1 présente la répartition de l'effort de pêche déployé au cours des travaux de 2017. Les pêches au bief aval de Saint-Ours couvraient les sites les plus propices pour la capture de chevaliers cuivrés en fonction des conditions hydrologiques qui prévalaient au bief aval.

Quatre à six filets ont été installés simultanément tous les jours et étaient visités en continu. Les chevaliers cuivrés ont été capturés autant dans le filet installé dans le bassin d'entrée de la passe migratoire (B-17) que dans ceux déployés au bief aval du barrage de Saint-Ours. Un seul individu a été capturé dans la cage située à la sortie de la passe migratoire. Celle-ci a été levée à 28 reprises durant les 21 jours où l'équipe était présente.

Tableau 1 : Effort (heures) de pêche et répartition dans le temps des engins utilisés pour la capture et bilan des captures de chevaliers cuivrés par engin en juin 2017.

Engin	Période	Effort (heures)	Nombre de chevaliers cuivrés capturés ²
Filet maillant dans le B-17	7 au 27 juin	168,4	4 (2F + 2I)
Cage de la passe migratoire¹	7 au 27 juin	484,8	1 (1F)
Filets installés au bief aval de Saint-Ours (en embarcation)	11 au 27 juin (sauf le 18)	375,6	4 (2F + 2M)

¹ L'effort, exprimé en heures, représente le nombre d'heures total durant lesquelles la cage était immergée.

² La répartition des captures selon le sexe est inscrite entre parenthèses (F : Femelle, M : Mâle et I : Immature ou subadulte).

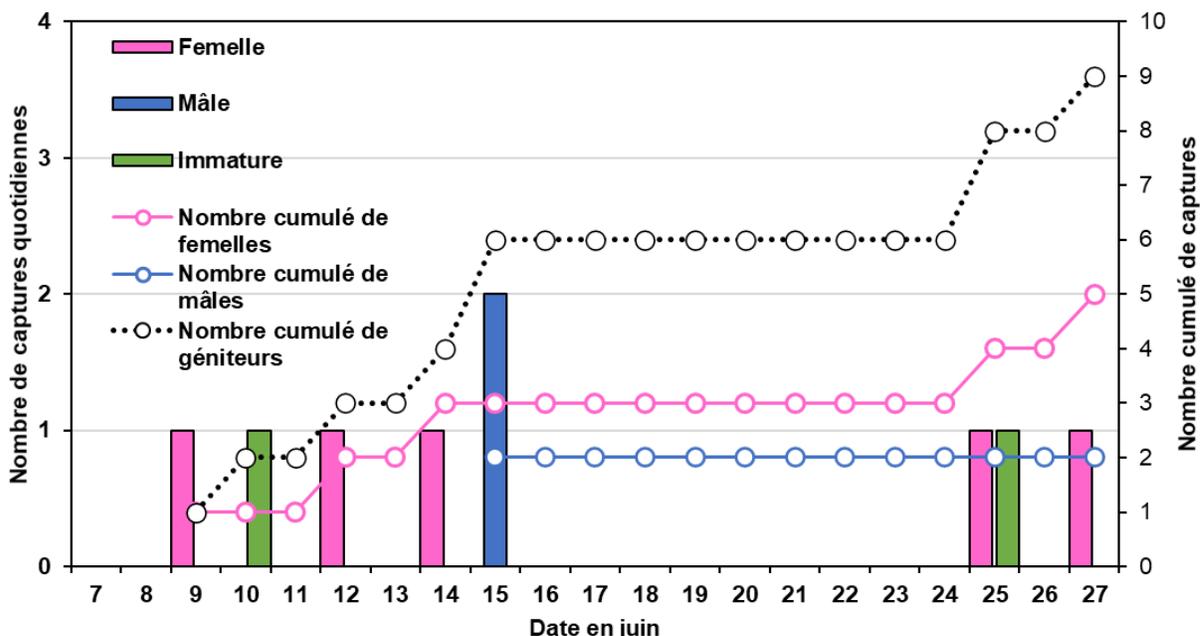
3.1.2 Conditions hydrologiques et thermiques de la rivière Richelieu durant les travaux

Les débits printaniers de la rivière Richelieu en 2017 se situaient autour de la médiane historique. En effet, les débits mensuels moyens, calculés à partir des données enregistrées aux rapides de Fryers, ont été de $808,0 \pm 139,1 \text{ m}^3/\text{s}$ en avril, de $759,5 \pm 74,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en mai et de $557,4 \pm 46,9 \text{ m}^3/\text{s}$ en juin. Les niveaux mensuels moyens, calculés à partir des valeurs mesurées à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu ont été de $1,409 \pm 0,220 \text{ m}$ en avril, de $1,351 \pm 0,114 \text{ m}$ en mai et de $1,025 \pm 0,074 \text{ m}$ en juin, valeurs également près de la médiane historique (Annexe 2). Il est important toutefois de garder en tête que ces mesures sont prises dans un secteur en amont du barrage de Chambly et que les niveaux d'eau qui prévalent au pied du barrage de Saint-Ours (site de capture des géniteurs) sont influencés par ceux du fleuve. Or, au printemps 2017, des conditions de crues exceptionnelles ont prévalu dans le fleuve Saint-Laurent. Tant les débits que les niveaux du fleuve Saint-Laurent en juin se situaient autour des maxima historiques (Annexe 3). Ces conditions hydrologiques du fleuve Saint-Laurent influencent celles de la partie aval de la rivière Richelieu. Le niveau printanier plus élevé de l'eau au pied du barrage de Saint-Ours modifie les conditions de capture dans la passe migratoire, car la vanne d'entrée de cette dernière ne peut être ajustée pour maintenir un dénivelé de 15 cm dans l'entrée de la passe. La température moyenne quotidienne de l'eau de la rivière Richelieu, calculée à partir des données mesurées toutes les heures par le thermographe n° 30 installé dans un bassin de rétention des géniteurs, a varié de $19,1 \text{ }^\circ\text{C}$ à $21,4 \text{ }^\circ\text{C}$ (Annexe 4).

3.1.3 Séquence temporelle et caractéristiques des captures

Cinq femelles, deux mâles et deux chevaliers cuivrés subadultes (sexe indéterminé) ont été trouvés. Ces derniers ont été capturés dans le filet installé dans le B-17 le 10 juin (LT = 478 mm) et le 25 juin (LT = 487 mm) et ont été remis à l'eau le jour même après avoir subi les manipulations de base, un prélèvement de tissu et avoir été munis d'une micropuce. Les trois premières femelles ont été capturées du 9 au 14 juin et les deux autres, à la fin des travaux (25 et 27 juin). Les deux seuls mâles capturés en 2017 ont été trouvés dans le même filet le 15 juin en fin d'après-midi. Ces derniers étaient nouveaux, matures (stade 5) et ont été intégrés aux activités de reproduction artificielle avec succès en dépit du fait que l'un d'eux était de très petite taille (LT = 510 mm), alors que l'autre mesurait 604 mm. La longueur totale des femelles capturées en 2017 variait de 626 à 653 mm. La séquence des captures durant la saison est présentée dans la Figure 1.

Figure 1 : Séquence temporelle des captures de chevaliers cuivrés au cours des travaux de reproduction artificielle en juin 2017.



Deux des neuf chevaliers cuivrés étaient des recaptures (22 %). Il s'agit de la femelle 4221 trouvée dans la cage le 12 juin et qui avait aussi été capturée dans la cage le 13 juin 2014 et intégrée avec succès à la reproduction artificielle en 2014. Cette femelle avait produit une famille avec de laitance réfrigérée et 11 familles avec de la laitance cryopréservée en 2014. La deuxième femelle connue (052A) a été prise dans un filet au bief aval du barrage de Saint-Ours le 27 juin. Celle-ci est malheureusement morte lors de la capture. Un concours de circonstances explique cet événement : l'équipe est allée se mettre à l'abri en raison d'un orage, le délai a été plus long avant la prochaine visite, et un esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*) s'est enroulé complètement dans le filet durant cette période, ce qui a entraîné la femelle qui a été asphyxiée. Celle-ci avait été capturée le 24 juin 2005 et avait été remise à l'eau sans

avoir participé à la reproduction artificielle. L'examen *post mortem* de cette femelle montrait que le pore uro-génital ainsi que les ovaires étaient très développés, signifiant que celle-ci était en pleine activité de fraye et aurait probablement libéré ses ovocytes dans les 24 heures. Le poids frais total des ovaires (900 g) a permis d'évaluer le rapport gonadosomatique (RGS) qui était de 19,3 % chez cette femelle qui mesurait 653 mm (LT) et pesait 4,67 kg⁶. Un échantillon d'ovocytes a été pesé frais, puis fixé dans une solution de formol 10 % afin de procéder à un dénombrement en laboratoire. Au total, 3 458 ovocytes ont été dénombrés dans l'échantillon de 30,13 g, ce qui a permis d'estimer que cette femelle avait quelque 103 000 ovocytes.

3.1.4 Manipulation des géniteurs et fécondations en 2017

Les trois premières femelles ont été interceptées les 9, 12 et 14 juin. En l'absence de mâles, elles ont reçu le premier traitement hormonal 48 heures après la capture. Ce délai est jugé maximal pour éviter un arrêt du processus de maturation des gonades. Cette procédure n'est toutefois pas sans effet et altère le plus souvent légèrement la qualité des gamètes, car la maturation n'est pas tout à fait typique dans ces cas (Vachon, 2010). Il s'agit aussi d'une nécessité, puisque, même si de la laitance cryopréservée est disponible, les quantités sont limitées et la fécondation d'ovocytes uniquement avec de la laitance cryopréservée est réservée aux cas *in extremis*. Ces trois femelles ont été croisées avec les deux mâles capturés et une fraction de leurs ovocytes a été fécondée avec 7 à 9 mâles supplémentaires dont la laitance avait été congelée de 2012 à 2014 (production de 24 familles au moyen de cette technique).

Les œufs produits au moyen de laitance cryopréservée sont conservés séparément des autres pour être envoyés à la station piscicole où ils sont également gardés isolés dans les bouteilles d'incubation. Ces trois femelles ont été remises à l'eau, vigoureuses, le jour même de leur fraye complète. La quatrième femelle, capturée le 25 juin, n'a pas été traitée aux hormones, puisqu'elle laissait déjà échapper des ovocytes lors de sa capture (stade 5). Celle-ci a été manipulée pour en extraire les ovocytes après l'avoir laissé récupérer pendant une heure et demie, le temps que l'équipe se prépare pour les manipulations. Elle a libéré 140 ml d'ovocytes qui ont été fécondés avec de la laitance conservée au réfrigérateur seulement (deux familles). Cette femelle n'a vraisemblablement pas libéré tous ses ovocytes, toutefois, étant donné que la saison était très avancée et que l'induction aurait peut-être été plus risquée après avoir déjà été manipulée pour la fraye, celle-ci a été remise à l'eau en amont de la passe migratoire, après l'avoir laissée récupérer en observation pendant deux heures, en espérant qu'elle poursuive ses activités de reproduction en milieu naturel. Durant la saison 2017, les frayes artificielles ont eu lieu le dimanche 18 juin (2 femelles), mardi et mercredi les 20 et 21 juin pour la troisième femelle (fraye en deux étapes) ainsi que le dimanche 25 juin pour la dernière qui avait aussi été capturée le jour même.

La chaleur accablante (40 °C) survenue le 18 juin a compliqué les manipulations des œufs, car la température de l'eau dans les cruches isothermes (utilisées pour la désinfection et le transport) a grimpé à 26 °C et ainsi mis les œufs en situation critique. Des mesures exceptionnelles et nouvelles (entreposage dans la section climatisée, enrobage des cruches par de la glace) ont été appliquées en urgence pour corriger la situation et assurer une meilleure stabilité de la température de l'eau durant le

⁶ Lors de sa capture initiale en 2005, cette femelle mesurait 533 mm (LT) et pesait 1,18 kg.

durcissement des œufs et leur transport étant donné que les changements d'eau plus fréquents ne permettaient pas d'abaisser la température.

Comme depuis 2012, lorsqu'un mâle est coulant (stade 5) à la capture, une faible quantité de laitance a été prélevée, avant le premier traitement hormonal, afin de procéder à une première évaluation des paramètres de base de la qualité de la laitance (le taux et la durée de motilité) et d'obtenir un échantillon (1 µl) pour évaluer la concentration et la morphologie à l'état naturel. Les deux mâles ont été gardés en captivité du 15 au 27 juin et les deux étaient très vigoureux lors de la remise à l'eau. Dès leur arrivée, la qualité de leur laitance était déjà excellente (taux de motilité de 95 %, durée de 15 secondes). L'évaluation de ces paramètres à chaque prélèvement a de nouveau montré les effets positifs de l'induction hormonale par une amélioration de la qualité de la laitance, notamment par une augmentation de la durée de la motilité (motilité de 100 %, durées variant de 18 à 25 secondes). Durant cette période, cinq prélèvements de laitance ont été effectués chez le mâle 9578 (LT = 604 mm) et quatre chez le mâle 4558 (LT = 510 mm). Dans les deux cas, la qualité de la laitance s'est améliorée et s'est maintenue durant toute la saison. Le volume des prélèvements a varié de 10 à 27 ml chez le mâle 9578 et de 12 à 25 ml chez le mâle 4558. Enfin, les dilueurs⁷ fabriqués en 2017 ont permis de conserver au réfrigérateur la laitance des chevaliers cuivrés pendant plusieurs jours et ont été utilisés avec succès pour la cryopréservation.

3.1.5 Cryopréservation de la laitance et tests de fécondation

Quatre séances de cryopréservation de la laitance des deux nouveaux mâles capturés en 2017 ont pu être réalisées les 16, 19, 22 et 25 juin. Dix traitements ont été utilisés en 2017, dont quatre nouveaux qui visaient à tester plus particulièrement l'effet de l'osmolalité du dilueur. Les autres traitements utilisés en 2017 ont été choisis en fonction des résultats obtenus au cours des années précédentes. Depuis 2012, 31 traitements de cryopréservation différents ont été testés chez le chevalier cuivré. Un sous-échantillon de paillettes a été décongelé dans tous ces traitements afin de permettre d'évaluer leur efficacité, et ce, y compris en 2017. De prime abord, les résultats des congélations effectuées en 2017 sont aussi satisfaisants. Tous les résultats relatifs à la laitance ne sont pas présentés dans ce rapport, puisque de nouvelles comparaisons interannuelles sont requises. Actuellement, la laitance de 24 mâles est disponible pour les prochaines années, et ce, dans différents types de paillettes et de traitements (Tableau 2). Grâce à cette banque, il est possible de féconder environ 5,2 L d'ovocytes de chevalier cuivré.

⁷ Voir Vachon et coll., (2019) pour obtenir une définition des termes associés à la conservation à court terme et à la cryopréservation de la laitance.

Tableau 2 : Banque de laitance de chevalier cuivré cryopréservée et disponible pour les prochaines années au terme de la saison 2017.

Type de paillette	Nombre disponible
Paillette 0,5 ml	925
Paillette 1,2 ml	255
Macrotube 2,5 ml	104

L'évaluation plus fréquente des courbes de congélation dans les différents équipements en 2017 a permis de mettre en lumière des différences quant aux comportements des équipements, et ce, même s'ils sont similaires. Aux termes des travaux de 2017, il est suggéré de remplir les deux contenants de conservation à sec LN₂ (MVE SC 4/2 et le IC-4VS) d'azote liquide une semaine avant le début des travaux sur le terrain et de les remplir de nouveau la veille de leur première utilisation. Cette pratique permet de contrer l'évaporation rapide qui se produit lors d'un premier remplissage à la suite de leur entreposage d'une année et assure des conditions optimales de congélation dans les vapeurs d'azote liquide. L'achat d'un nouveau Dewar de 47 L est à prévoir pour la prochaine saison, puisque les équipements actuels sont à leur capacité maximale et ils ne peuvent entièrement être réorganisés après des décongélations.

Quelques tests de fécondation ont été réalisés sur le terrain avec un sous-échantillon d'ovocytes (évaluation des taux de fécondation et d'embryons normaux) afin de valider rapidement les modifications apportées pour améliorer les techniques de fécondation, notamment l'utilisation de différentes solutions d'activation ainsi que l'osmolalité et le tampon du dilueur. Contrairement aux années antérieures, en 2017, les évaluations des taux de fécondation et d'embryons normaux ont été réalisées par le personnel de la SPBC pour tous les œufs produits en raison d'une réorganisation des tâches avec le changement partiel de membres de l'équipe. Des commentaires ont été portés à notre attention par rapport à la difficulté qu'éprouvait le personnel de la station piscicole pour procéder à ces évaluations. Une estimation faite sur le terrain à partir d'un sous-échantillon d'œufs aussi envoyé à la station piscicole a également fait ressortir des écarts entre les évaluations faites par les deux équipes. Une mise à niveau et des suivis plus fréquents entre l'équipe sur le terrain et celle de la SPBC sont souhaitables.

3.1.6 Autres espèces capturées en juin

En tout, 33 espèces (16 familles) ont été trouvées dans les engins de pêche en juin 2017 (Tableau 3). Toutes les espèces ciblées par la passe migratoire Vianney-Legendre sauf l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) ont été capturées, soit les chevaliers cuivrés et de rivière (*Moxostoma carinatum*), l'alose savoureuse (*Alosa sapidissima*) et l'esturgeon jaune. Trois aloses savoureuses ont été capturées en 2017, dont deux dans les filets maillants au bief aval du barrage et une dans le filet d'entrée de la passe migratoire (B-17). L'esturgeon jaune, qui est très abondant, a été capturé dans tous les engins et représente près de 46 % des captures

Tableau 3 : Diversité des espèces capturées dans la cage et le filet installé dans le bassin d'entrée de la passe migratoire (B-17) ainsi que dans les filets maillants installés au bief aval du barrage de Saint-Ours au cours des travaux de reproduction artificielle du chevalier cuivré en juin 2017.

Famille	Espèces	Engin			Mort
		Cage	B-17	Filet	
Acipenséridés	Esturgeon jaune	X	X	X	
Clupéidés	Alose à gésier	X			
	Alose savoureuse		X	X	1
Amiidés	Poisson-castor	X			
Ictaluridés	Barbotte brune	X			
	Barbue de rivière	X	X	X	
Scianidés	Malachigan	X		X	
Osméridés	Éperlan arc-en-ciel	X			
Esocidés	Grand brochet	X		X	
Hiodontidés	Laquaiche argentée	X			
Athérinidés	Crayon d'argent	X			
Centrarchidés	Crapet-soleil	X			
	Crapet de roche	X			
	Achigan à petite bouche	X	X	X	
Lépisostéidés	Lépisosté osseux	X			
Moronidés	Bar rayé	X	X		1
Pétromyzontidés	Lamproie argentée	X	X	X	
Catostomidés	Meunier noir	X			
	Couette	X		X	
	Chevalier blanc			X	
	Chevalier de rivière	X	X	X	
	Chevalier cuivré	X	X	X	1
	Chevalier rouge	X			
	Chevalier jaune	X			
	Chevalier sp.	X			1
Cyprinidés	Carpe commune	X		X	
	Méné bleu	X			
	Méné émeraude	X			
	Méné jaune	X			
	Tête rose	X			
	Méné paille ou pâle	X			
	Tanche	X	X	X	
Percidés	Fouille-roche zébré	X			
	Doré jaune	X	X		
Nombre d'espèces		31	10	13	
TOTAL			33		

La deuxième espèce en importance est la barbu de rivière (*Ictalurus punctatus*) qui représente 11 % des captures et la troisième, le méné émeraude (*Notropis atherinoïdes*), qui compte pour 6,3 % des captures.

L'abondance relative de toutes les autres espèces est, dans tous les cas, inférieure à 5 %. Sept bars rayés (*Morone saxatilis*) ont été capturés dans la passe migratoire en 2017. Il s'agit du nombre le plus élevé jamais recensé par l'équipe. Quatre ont été trouvés dans la cage et trois, dans le filet du B-17. Parmi les bars rayés recensés en 2017, la capture, dans la cage, de trois spécimens dont la taille variait de 270 à 290 mm (vraisemblablement d'âge 2+) est une première. Un seul adulte est mort des suites de la capture. Deux des bars rayés capturés étaient des mâles coulants (stade 5) et deux évaluations de la qualité de leur laitance ont pu être réalisées sur le terrain et en laboratoire. La concentration de la laitance, évaluée chez un bar rayé capturé le 25 juin (LT = 577 mm), était de $3,30 \times 10^{10}$ spermatozoïdes/ml, alors qu'elle a été évaluée à $3,85 \times 10^{10}$ spermatozoïdes/ml chez celui capturé le 26 juin (LT = 540 mm). Chez ce dernier spécimen, 90 % des spermatozoïdes étaient motiles pendant 25 secondes. Sa laitance était très visqueuse et les spermatozoïdes prenaient trois secondes avant de s'activer.

Quelques carpes communes (*Cyprinus carpio*), dont quelques mâles de stade 5, ont été capturées durant cette période. Des tanches (*Tinca tinca*) (n = 6 au total) ont été trouvées dans tous les engins de pêche et ont pu être observées facilement par la fenêtre d'observation de la passe migratoire. Aucune carpe de roseau ou autres espèces de carpes asiatiques n'a été capturée ou observée dans les engins ou par la fenêtre d'observation de la passe migratoire durant toute la période des travaux.

3.1.7 Reproduction et élevage

Au total, 32 familles ont été produites en 2017 et sont confirmées (sous réserve que des rejets de tous les croisements effectués aient survécu, ce qui ne peut jamais être confirmé) étant donné que des individus viables ont été produits à partir de toutes les séances de fécondation, y compris celles avec de la laitance cryopréservée. Quelque 211 400 œufs ont été produits en 2017 et envoyés à la station piscicole, dont environ 41 400 (≈ 20 %) produits avec de la laitance cryopréservée. Comme dans les années précédentes, un étang (n° 4) a été réservé pour ces individus et mis en charge avec quelque 2 800 larves en juillet. Les huit autres étangs ont reçu de 4 500 à 4 700 larves. Cette année, environ 5 000 larves ont été élevées dans deux réservoirs à l'intérieur afin de mener des essais de traitements antiparasitaires.

De ce nombre, près de 79 000 larves ont émergé (taux de survie œufs-larves global de ≈ 37 %). Il importe toutefois de se rappeler que les taux de fécondation et d'embryons normaux, tout comme le taux de survie œufs-larves, sont toujours plus faibles lorsque les fécondations se font avec de la laitance cryopréservée. Par exemple, d'après les données obtenues de la station piscicole en 2017, le taux de survie œufs-larves est estimé à près de 45 % pour les fécondations effectuées avec de la laitance en dilueurs (réfrigérée) et à près de 7 % pour celles faites avec de la laitance cryopréservée (Tableau 4) (Marc-Olivier Roberge, technicien de la faune, SPBC, communication personnelle).

Tableau 4 : Nombre d'œufs, de larves et de fretins viables produits en 2017 selon la technique de fécondation d'après les données mesurées à la station piscicole de Baldwin-Coaticook.

Technique	Œufs	Larves viables	Taux de survie œufs-larves	Larves ensemencées en juillet	Larves mises en étang ou en bassin intérieur à la SPBC	Fretins ensemencés	Taux de survie larves-fretins
Laitance cryopréservée	41 393	2 816	6,8%	0	2 816	1 626	57,7%
Laitance réfrigérée	170 043	76 062	44,7%	31 806	44 253	14 693	33,2%
GLOBAL	211 436	78 878	37,3%		47 069	16 319	34,7%

Cependant, une fois cette étape critique passée, les larves issues de cette dernière technique de fécondation ont affiché un taux de survie larves-fretins comparable sinon supérieur (58 %) à celui estimé pour les croisements réalisés avec de la laitance préservée dans les dilueurs (33 %). En effet, à partir du stade larvaire, le taux de survie des fretins issus de laitance cryopréservée (étang n° 4) a été de 58 % et se classe au deuxième rang parmi les taux de survie mesurés dans les neuf étangs en 2017, qui a varié de 13 % à 80 %. Les taux de survie larves-fretins enregistrés dans les deux bassins intérieurs (bassins C9-2 et C9-3) ont été respectivement de 20 % et de 38 %. Globalement, sans égard à la technique de fécondation ou au mode d'élevage, le taux de survie larves-fretins estimé en 2017 est près de 35 % (Tableaux 4 et 5).

La taille moyenne des fretins ensemencés⁸ en septembre 2017 variait de 20,3 mm à 41,3 mm. La croissance des jeunes chevaliers cuivrés a été supérieure dans les étangs extérieurs (30,3 mm ≤ LT moyenne ≤ 41,3 mm) par rapport à ceux élevés à l'intérieur et qui étaient soumis au traitement antiparasitaire (20,3 mm ≤ LT moyenne ≤ 21,2 mm). L'écart de croissance pondérale est nettement plus marqué. Le poids moyen de fretins élevés dans les étangs extérieurs variait de 0,34 à 0,82 g, alors que celui des fretins élevés à l'intérieur était de 0,11 g (Tableau 5).

⁸ Longueur totale mesurée à la SPBC lors de la vidange des étangs.

Tableau 5 : Croissance en taille (longueur totale), en poids et taux de survie larves-fretins d'après les données mesurées en septembre 2017 dans les étangs et les bassins à la station piscicole de Baldwin-Coaticook.

Localisation		LT moyenne (mm) ²	Poids moyen (g) ²	Taux de survie larves-fretins
Intérieur ¹	Bassin C9-2	21,2	0,11	38,3%
	Bassin C9-3	20,3	0,11	20,1%
	Étang 1	32,4	0,51	12,9%
	Étang 2	36,7	0,60	37,4%
	Étang 3	30,3	0,34	37,5%
	Étang 4 (Cryo)	39,2	0,66	57,7%
Extérieur	Étang 5	32,8	0,47	18,1%
	Étang 6	35,9	0,63	48,7%
	Étang 7	34,4	0,45	80,1%
	Étang 8	35,0	0,54	32,1%
	Étang 9	41,3	0,82	23,6%

¹ Individus exposés à un traitement antiparasitaire à titre expérimental.

² Sous-échantillon de 25 individus.

3.2 Ensemencements

En 2017, le nombre de larves produites surpassait la capacité de mise en charge des étangs à la SPBC. Ainsi, près 36 000 larves surnuméraires ont étéensemencées dans la rivière Richelieu le 13 juillet à neuf sites alors que la température de l'eau de la rivière a varié de 21,2 °C à 21,8 °C (moyenne : 21,4 °C). Il est important de noter que ces larves étaient toutes issues des croisements réalisés avec de la laitance préservée dans les dilueurs et issus des trois premières femelles à frayer (4221, 8852 et 8754) donc appartenant à six familles. Les autres larves ont été élevées à la SPBC et les fretins survivants, qui représentaient en théorie toutes les familles produites en 2017 (environ 16 300 appartenant à 32 familles), ont été remis à l'eau le 12 septembre (rivière Richelieu).

Au moment des ensemencements le 12 septembre, la température de l'eau de la rivière a varié de 17,8 °C à 18,8 °C (moyenne : 18,1 °C) aux 12 sites d'introduction (Tableau 6). Contrairement aux années antérieures, aucun spécimen n'a été remis à l'eau en amont du barrage de Chambly en 2017 (site 1). La plus grande proportion de larves a étéensemencée en amont du barrage de Saint-Ours (92 %) dans le tronçon de la rivière compris entre Belœil et Saint-Charles-sur-Richelieu.

En septembre, les quelque 16 300 jeunes de l'année (fretins) ont étéensemencés dans des proportions équivalentes entre les secteurs amont et aval du barrage de Saint-Ours (Tableau 6). Au moment de récolter les jeunes à la station piscicole en septembre, la température de l'eau dans les étangs était d'environ 15 °C, alors que la température du milieu récepteur (rivière Richelieu) était autour de 18 °C. En 2017, le personnel de la station piscicole a amorcé l'acclimatation thermique dès le chargement des fretins dans le réservoir du camion, ce qui a permis de raccourcir cette période sur le terrain et de faciliter le travail.

Tableau 6 : Répartition des larves et des fretins de chevaliers cuivrés aux différents sites d'ensemencement dans la rivière Richelieu en 2017.

Site	Description	Municipalité	Larves 13 juillet		Fretins 12 septembre	
			N ^{bre}	%	N ^{bre}	%
1	Pont de l'autoroute 10 (sous le pont en rive droite)	Saint-Jean		92%		49%
2	Descente publique et en aval en rive droite	Saint-Mathias			750	
3	Rampe de mise à l'eau municipale en rive gauche et vers l'aval	Saint-Basile			750	
4	Descente publique	McMasterville				
5A	En aval du pont du CN à Belœil en rive gauche	Beloeil				
5B	Pont de l'autoroute 20 (en aval en rive gauche)	Beloeil	5 000		1 100	
6A	Saint-Marc en rive gauche en amont du secteur du suivi du recrutement	Saint-Marc			900	
6B1	Saint-Marc en rive gauche, secteur des stations 20,5G à 4G	Saint-Marc	5 000		900	
6B2	Aval de la station 4G (rive gauche)	Saint-Marc				
6C1	Saint-Marc en rive gauche secteur des stations 8G à 23G	Saint-Marc	6 000		1 100	
6C2	Station 6G (rive gauche)	Saint-Marc				
7A	Île aux Cerfs (côté rive gauche)	Saint-Charles	8 000		1 100	
7B	Île de Jeannotte (côté rive gauche)	Saint-Charles	9 000	1 500		
8A	Aval du barrage Saint-Ours (rive droite) secteur des stations 81D et 82D	Saint-Ours	737	8%	955	51%
8B	Aval du barrage Saint-Ours (rive droite) secteur des stations 87D et 88D	Saint-Ours	737		2 150	
9A	Aval du barrage Saint-Ours (rive gauche) secteur des stations 82G et 83G	Saint-Roch	737		2 150	
9B	Aval du barrage Saint-Ours (rive gauche) secteur des stations 91G et 91G	Saint-Roch	737		3 250	
TOTAL			35 948		16 605	

3.3 Suivi du recrutement

3.3.1 Chevaliers

Le suivi du recrutement a été réalisé dans le secteur de Saint-Ours du 18 au 20 septembre (24 stations) et, dans le secteur de Saint-Marc, les travaux ont eu lieu le 21 et du 24 au 28 septembre (40 stations). En 2017, l'automne a été chaud et la température de l'eau de la rivière Richelieu était exceptionnellement élevée pour cette période de l'année et en augmentation durant les travaux de suivi du recrutement. En effet, celle-ci a varié de 19,9 °C à 22,1 °C (moyenne : 20,9 °C) durant les pêches à Saint-Ours et de 21,1 °C à 24,5 °C (moyenne : 22,7 °C) à Saint-Marc. Le profil plus détaillé de la variation de la température de l'eau de la rivière Richelieu mesuré durant les travaux sur le terrain est présenté à l'Annexe 4.

En tout, 350 jeunes chevaliers de l'année ont été capturés en 2017. Toutes les espèces sont représentées. Le chevalier rouge (*Moxostoma macrolepidotum*) domine avec près de 53 % des captures dans l'ensemble des stations. Les jeunes chevaliers cuivrés de l'année occupent le deuxième rang en abondance dans les deux secteurs avec une abondance relative de 25 % à Saint-Marc et de 18 % à Saint-Ours. Le chevalier de rivière est l'espèce la moins abondante et ne représente globalement que 1,4 % des jeunes de l'année. Enfin, presque tous les jeunes chevaliers jaunes (*Moxostoma valenciennesi*) ont été trouvés dans le secteur de Saint-Marc (Tableau 7). Les captures moyennes par unité d'effort (CPUE) de jeunes chevaliers de l'année, toutes espèces confondues, sont faibles en 2017 et semblables dans les deux secteurs, soit de 5,1 ±9,6/coup de seine à Saint-Marc et de 6,1 ±5,9/coup de seine à Saint-Ours (Tableau 8).

Dans le secteur de Saint-Marc, les CPUE moyennes de jeunes chevaliers de l'année aux stations localisées aux îles de Jeannotte et aux Cerfs sont plus élevées (13,0 ±17,9/coup de seine) qu'aux stations situées en rive gauche (5,1 ±6,0) et en rive droite (1,1 ±2,0). Dans le secteur de Saint-Ours, les jeunes chevaliers de l'année étaient deux fois plus abondants en rive droite (8,2 ±6,4) par rapport à la rive gauche (4,1 ±4,8) (Tableau 9).

La taille (longueur totale) des jeunes chevaliers de l'année capturés dans la rivière Richelieu en 2017 variait de 27,5 à 80,5 mm. Seuls les chevaliers rouge et blanc (*Moxostoma anisurum*) affichent une taille moyenne supérieure à 60 mm, soit respectivement de 61,1 mm et de 62,6 mm. La taille moyenne mesurée chez les chevaliers de rivière était de 51,3 mm, de 44,7 mm chez les chevaliers jaunes et de 44 mm (27,5 ≤ LT ≤ 59,5 mm) chez les chevaliers cuivrés (Tableau 10).

Tableau 7 : Nombre et abondance relative des jeunes chevaliers de l'année (LT < 100 mm) capturés dans la rivière Richelieu aux 40 stations du secteur de Saint-Marc et aux 24 stations du secteur de Saint-Ours en septembre 2017.

Secteur	Saint-Marc		Saint-Ours		TOTAL	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Chevalier blanc	12	5,9%	22	14,7%	33	9,4%
Chevalier de rivière	1	0,5%	4	2,7%	5	1,4%
Chevalier cuivré	51	25,1%	27	18,0%	78	22,3%
Chevalier rouge	91	44,8%	95	63,3%	184	52,6%
Chevalier jaune	48	23,6%	2	1,3%	50	14,3%
	203	100,0%	150	100,0%	350	100,0%

Tableau 8 : Capture moyenne par unité d'effort (nombre/coup de seine) de jeunes chevaliers de l'année (LT < 100 mm) dans la rivière Richelieu en septembre 2017.

Secteur	Saint-Marc		Saint-Ours	
	40		24	
Nombre de stations	Moyenne	σ	Moyenne	σ
Espèce				
Chevalier blanc	0,3	0,9	0,9	1,3
Chevalier de rivière	0,0	0,2	0,2	0,5
Chevalier cuivré	1,3	3,7	1,1	2,4
Chevalier rouge	2,3	4,6	3,9	4,6
Chevalier jaune	1,2	2,2	0,1	0,4
TOTAL	5,1	9,6	6,1	5,9

Tableau 9 : Capture moyenne par unité d'effort (nombre/coup de seine) de jeunes chevaliers de l'année selon les rives dans les secteurs de la rivière Richelieu échantillonnés en septembre 2017.

Secteur	Saint-Marc						Saint-Ours			
	Rive Droite		Rive Gauche		Île		Rive Droite		Rive Gauche	
	16		16		8		12		12	
Nombre de stations	Moyenne	σ	Moyenne	σ	Moyenne	σ	Moyenne	σ	Moyenne	σ
Espèce										
Chevalier blanc	0,1	0,3	0,3	0,4	0,9	1,8	1,4	1,6	0,3	0,7
Chevalier de rivière	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,2	0,6	0,2	0,4
Chevalier cuivré	0,1	0,3	0,9	1,4	4,5	7,6	1,3	3,1	0,9	1,4
Chevalier rouge	0,3	1,0	2,1	2,9	6,5	8,3	5,1	4,7	2,7	4,3
Chevalier jaune	0,7	1,5	1,8	2,9	1,0	1,6	0,2	0,6	0,0	0,0
TOTAL	1,1	2,0	5,1	6,0	13,0	17,9	8,2	6,4	4,1	4,8

Tableau 10 : Croissance en taille (longueur totale) des jeunes chevaliers de l'année capturés dans la rivière Richelieu en septembre 2017.

Secteur	Espèce	Nombre ¹	Longueur totale (mm)			
			Moyenne	Minimum	Maximum	σ
Saint-Marc	Chevalier blanc	12	63,2	56,0	68,5	3,8
	Chevalier de rivière	1	48,5	48,5	48,5	
	Chevalier cuivré	51	45,2	27,5	59,5	7,7
	Chevalier rouge	91	63,3	46,0	80,5	8,1
	Chevalier jaune	48	44,8	36,5	55,5	4,6
Saint-Ours	Chevalier blanc	22	62,2	55,0	72,0	5,0
	Chevalier de rivière	4	52,0	48,5	56,5	3,3
	Chevalier cuivré	27	41,6	30,0	52,5	5,1
	Chevalier rouge	95	58,9	45,5	80,0	6,2
	Chevalier jaune	2	44,5	41,5	47,5	4,2
Global	Chevalier blanc	34	62,6	55,0	72,0	4,6
	Chevalier de rivière	5	51,3	48,5	56,5	3,3
	Chevalier cuivré	78	44,0	27,5	59,5	7,1
	Chevalier rouge	186	61,1	45,5	80,5	7,5
	Chevalier jaune	50	44,7	36,5	55,5	4,6

¹ Deux chevaliers rouges et un chevalier blanc de l'année, trouvés dans un coup de seine non valide dans le secteur Saint-Ours, sont intégrés dans cette analyse.

Des chevaliers âgés d'un an et plus de toutes les espèces (sauf le chevalier cuivré) ont été capturés dans la rivière Richelieu en 2017. Les CPUE de l'ensemble de ces spécimens sont près de deux fois plus élevées dans le secteur de Saint-Marc ($2,0 \pm 2,4$) par rapport au secteur de Saint-Ours ($1,1 \pm 1,1$). Seuls les chevaliers rouge, blanc et jaune de la classe de taille 100-199 mm (qui correspond aux âges 1+ ou 2+ selon l'espèce) sont représentés dans les captures (Tableau 11).

Tableau 11 : Abondance et répartition des différentes espèces de chevaliers âgés d'un an et plus (LT ≥ 100 mm), par classe de taille (longueur totale), capturés dans la rivière Richelieu en septembre 2017.

Classe LT (mm)	Espèce	Secteur		TOTAL
		Saint-Marc	Saint-Ours	
100-199	Chevalier blanc	10	4	14
	Chevalier rouge	4	7	11
	Chevalier jaune	1		1
200-299	Chevalier blanc	2	4	6
	Chevalier rouge		1	1
	Chevalier jaune	4		4
300-399	Chevalier blanc	5		5
	Chevalier rouge	9		9
	Chevalier jaune	4		4
400-499	Chevalier blanc	35	5	40
500-599	Chevalier blanc		3	3
	Chevalier de rivière		1	1
	Chevalier jaune	4		4
Indéterminée ¹	Chevalier blanc		1	1
TOTAL		78	26	104
CPUE moy ±σ		2,0 ±2,4	1,1 ±1,2	1,6 ±2,0
Nombre de stations		40	24	64

¹ Poisson échappé.

3.3.2 Autres espèces de poissons

En tout, 46 espèces (18 familles) ont été trouvées dans la seine de rivage en septembre 2017, dont 37 dans le secteur de Saint-Ours et 43 à Saint-Marc (Tableau 12). En vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec*, deux des espèces trouvées sont désignées menacées : le chevalier cuivré et le dard de sable (*Ammocrypta pellucida*), deux sont vulnérables : le chevalier de rivière et le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) et trois sont inscrites sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées comme telles, soit l'anguille d'Amérique, l'esturgeon jaune et le tête rose (*Notropis rubellus*). Toutes ces espèces ont été capturées dans les deux secteurs en septembre à l'exception de l'anguille d'Amérique et de l'esturgeon jaune qui ont été trouvés uniquement dans le secteur de Saint-Marc.

La présence de l'anguille d'Amérique et de l'esturgeon jaune est toutefois très bien documentée dans le secteur aval du barrage de Saint-Ours. La capture d'un esturgeon jaune à la seine de rivière au cours du suivi du recrutement dans la rivière Richelieu constitue d'ailleurs une première. Cet esturgeon jaune mesurait 700 mm (LT).

La tanche et le gobie à taches noires, espèces exotiques et envahissantes, ont été de nouveau détectés. La fréquence d'occurrence du gobie à taches noires est de plus en plus élevée (79 % des stations) dans le secteur de Saint-Ours. Le gobie à taches noires est maintenant très bien répandu depuis le pied du barrage de Saint-Ours jusqu'à l'embouchure au fleuve. L'espèce n'a pas été détectée dans le secteur de Saint-Marc qui est situé en amont du barrage de Saint-Ours. La tanche est bien présente dans les deux secteurs, l'espèce a été détectée à 6 stations sur 24 (25,0 %) dans le secteur de Saint-Ours et à 15 sur 40 stations (37,5 %) dans le secteur de Saint-Marc.

3.3.3 Mulettes et autres invertébrés

Quatorze espèces de mulettes ont été identifiées au cours des travaux de suivi du recrutement dans la rivière Richelieu en 2017, et ce, que ce soit directement sur le terrain ou au laboratoire. Toutes les mulettes vivantes remises à l'eau ont été photographiées et identifiées à la station afin d'en confirmer l'espèce. Contrairement aux années antérieures, où les recherches consistaient à récolter des coquilles sur la rive de façon opportuniste, les travaux de 2017 visaient la recherche active et systématique de mulettes sur une surface donnée en milieu aquatique dans un secteur adjacent à la station de pêche. Au besoin, l'aquascope a été utilisé. Un plus grand nombre d'espèces de mulettes a été répertorié dans le secteur de Saint-Marc (13 espèces) comparativement au secteur de Saint-Ours (10 espèces). Toutes les espèces ont été trouvées dans les deux secteurs sauf l'anodonte du gaspareau (*Utterbackiana implicata*, anciennement *Anodonta implicata*) qui a été récoltée uniquement en aval du barrage de Saint-Ours. La lampsile rayée (*Lampsilis radiata radiata*), l'elliptio de l'Est (*Elliptio complanata*) et la lampsile cordiforme (*Lampsilis cardium*) sont les trois espèces les plus abondantes. Cinq espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables ont été observées (l'anodonte du gaspareau, la leptodée fragile, l'elliptio pointu, l'obovarie olivâtre et le potamile ailé). Deux espèces d'écrevisses ont été répertoriées, soit l'écrevisse à rostre caréné (*Orconectes propinquus*) dans les deux secteurs et l'écrevisse à épines (*Orconectes limosus*) dans le secteur de Saint-Marc seulement. La moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) a été trouvée tant en amont qu'en aval du barrage de Saint-Ours (Tableau 13). Des résultats plus détaillés sur les mulettes de la rivière Richelieu seront présentés dans un rapport portant uniquement sur le sujet.

Tableau 12 : Liste des espèces de poissons capturés à la seine de rivage dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours en septembre 2017.

Famille	Espèce	Saint-Marc	Saint-Ours
Acipenseridés	Esturgeon jaune	X	
Anguillidés	Anguille d'Amérique	X	
Atherinopsidés	Crayon d'argent	X	X
Catostomidés	Meunier noir	X	X
	Chevalier blanc	X	X
	Chevalier de rivière	X	X
	Chevalier cuivré	X	X
	Chevalier rouge	X	X
Centrarchidés	Crapet de roche	X	X
	Crapet-soleil	X	X
	Crapet arlequin	X	
	Achigan à petite bouche	X	X
	Marigane noire	X	X
Clupeidés	Gaspereau	X	X
Cyprinidés	Carpe commune	X	X
	Méné bleu	X	X
	Cyprin sp. ^{1, 2}	X	
	Méné d'argent	X	X
	Méné à nageoires rouges	X	
	Méné émeraude	X	X
	Méné jaune	X	X
	Queue à tache noire	X	X
	Tête rose	X	X
	Méné pâle ou paille ³	X	X
	Ventre-pourri	X	X
Mulet à cornes	X		
Tanche	X	X	
Esocidés	Grand brochet	X	X
Fondulidés	Fondule barré	X	X
Gasterosteidés	Épinoche à cinq épines	X	
Gobiidés	Gobie à taches noires		X
Hiodontidés	Laquaiche argentée		X
Ictaluridés	Barbotte brune	X	X
	Barbue de rivière		X
Lepisosteidés	Lépisosté osseux	X	
Moronidés	Baret	X	
Percidés	Dard de sable	X	X
	Raseux-de-terre noir	X	X
	Raseaux-de-terre noir ou gris ²	X	X
	Raseux-de-terre gris	X	X
	Fouille-roche zébré	X	X
	Fouille-roche gris	X	X
	Perchaude	X	X
	Doré jaune	X	X
Doré noir	X	X	
Percopsidés	Omisco ou perche-truite	X	X
Petromyzontidés	Lamproie argentée	X	
Nombre d'espèces		43	37
TOTAL		46	

¹ Non identifiés à l'espèce en raison du mauvais état des spécimens.

² Non intégrés dans le dénombrement des espèces.

³ Considérés comme une seule espèce dans le dénombrement des espèces.

Tableau 13 : Liste des espèces de mulettes, statuts⁹ et liste des autres invertébrés trouvés dans la rivière Richelieu au cours du suivi du recrutement en septembre 2017.

Groupe	Espèce	Nom scientifique	Saint-Marc	Saint-Ours
Amphibien	Necture tacheté	<i>Necturus maculosus</i>	X	
Écrevisse	Écrevisse sp.	<i>Écrevisse sp.</i>	X	
	Écrevisse à épines	<i>Orconectes limosus</i>	X	
	Écrevisse à rostre caréné	<i>Orconectes propinquus</i>	X	X
Moule exotique	Moule zébrée	<i>Dreissena polymorpha</i>	X	X
	Anodonte de l'Est	<i>Pyganodon cataracta</i>	X	
	Anodonte du gaspareau ¹	<i>Utterbackiana implicata</i> , anciennement <i>Anodonta implicata</i>		X
	Grande Anodonte	<i>Pyganodon grandis</i>	X	
	Anodonte sp.	<i>Pyganodon sp.</i>	X	
	Elliptio à dents fortes	<i>Elliptio crassidens</i>	X	
	Elliptio de l'Est	<i>Elliptio complanata</i>	X	X
Mulette	Elliptio pointu ²	<i>Eurynia dilatata</i> ancien <i>Elliptio dilatata</i>	X	X
	Lampsile cordiforme	<i>Lampsilis cardium</i>	X	X
	Lampsile rayée	<i>Lampsilis radiata radiata</i>	X	X
	Lampsile siliquoïde	<i>Lampsilis siliquoidea</i>	X	X
	Lampsile siliquoïde ou rayée	<i>Lampsilis siliquoidea</i> ou <i>radiata radiata</i>	X	X
	Lasmigone cannelée	<i>Lasmigona costata</i>	X	
	Leptodée fragile ³	<i>Leptodea fragilis</i>	X	X
	Ligumie noire	<i>Ligumia recta</i>	X	
	Obovarie olivâtre ^{3,4}	<i>Obovaria olivaria</i>	X	X
	Potamile ailé ¹	<i>Potamilus alatus</i>	X	X
Nombre d'espèces de mulettes			13	10

¹ Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable en vertu de la LEMV, rang de précarité au Québec S1 (sévèrement en péril).

² Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable en vertu de la LEMV, rang de précarité au Québec S2S3 (en péril/vulnérable).

³ Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable en vertu de la LEMV, rang de précarité au Québec S2 (en péril).

⁴ Désignée en voie de disparition en vertu de la LEP.

3.4 Recherche de subadultes

3.4.1 Efforts et techniques de pêche

Les travaux se sont déroulés le 29 septembre et du 2 au 5 octobre 2017. Une plus grande partie de la rivière Richelieu a été couverte, soit les secteurs de Saint-Ours (29 septembre et 2 octobre), de Saint-Marc (3 octobre), de Saint-Antoine (4 octobre) et le tronçon Chambly-Belœil (5 octobre).

Trois à cinq filets maillants ont été installés au début de la journée (la plupart du temps à 45° par rapport à la rive, et ce, de l'amont vers l'aval comme cela a été fait en 2016). Ces derniers étaient relevés après avoir effectué des pêches avec la seine pour subadultes selon deux techniques, soit en la déployant et en la refermant au large ou en l'utilisant comme une seine de rivage.

⁹ Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2019). Banque de données, Gouvernement du Québec. Mis à jour le 20 février 2020. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

En tout, 15 coups de seine pour subadultes ont été donnés et l'effort total déployé aux filets maillants s'élève à 87,4 heures-filet. Le Tableau 14 présente la répartition de l'effort de pêche quotidien durant ces travaux en 2017¹⁰. La température de l'eau de la rivière Richelieu durant ces travaux était en décroissance et a varié de 21,3 °C à 17,0 °C (moyenne : 18,3 °C) (Annexe 4).

Les filets maillants ont été installés à des profondeurs moyennes variant de 1,9 à 5,6 m (moyenne de 3,7 ±1,0 m). La durée des pêches a varié de 3,4 à 4,6 heures (moyenne de 4,0 ±0,4 heures). La profondeur moyenne des habitats échantillonnés au moyen de la seine pour subadultes a varié de 1,1 m à 3,8 m (moyenne de 2,2 ±1,0 m).

Tableau 14 : Répartition de l'effort de pêche quotidien au cours de la recherche de chevaliers cuivrés subadultes dans la rivière Richelieu en 2017.

Date	Engin Effort	Filet maillant Heures-filet					Seine subadulte ¹ Technique		
		Nombre	Total	Moyen	Minimum	Maximum	σ	au large	en rive
29 septembre		3	11,4	3,8	3,7	3,9	0,1	3	3
2 octobre		5	18,4	3,7	3,6	3,8	0,1		4
3 octobre		5	22,0	4,4	4,2	4,6	0,2		2
4 octobre		5	18,1	3,6	3,4	3,8	0,1		1
5 octobre		4	17,5	4,4	4,3	4,4	0,1		2
TOTAL		22	87,4	4,0	3,4	4,6	0,4	3	12

¹ Effort exprimé en nombre de coups donnés.

3.4.2 Captures

Aucun chevalier cuivré n'a été trouvé durant ces travaux. Un spécimen subadulte de 314 mm (LT) et pesant 380 g a été capturé à la seine pour subadultes (technique en rive) le 5 octobre dans le tronçon Chambly-Belœil. Sur le terrain, bien qu'il ait été identifié comme étant un chevalier cuivré (lèvre inférieure plutôt mince, *cleithrum* relativement large par rapport à la taille du poisson), il subsistait une certaine incertitude, notamment en raison de son patron de coloration ainsi que de la forme de sa tête, laquelle paraissait un peu plus allongée, ce qui est plus typique du chevalier jaune. Pour ces raisons, toutes les manipulations de base ont été faites sur ce poisson, y compris l'insertion d'une micropuce. Son identification a été confirmée génétiquement à l'aide de la séquence de la région 16s de l'ADN mitochondrial, ce qui a permis de déterminer qu'il s'agissait d'un chevalier jaune (Nathalie Tessier, MFFP, communication personnelle).

Ce poisson présentait un enroulement d'écaille et avait un parasite à l'opercule gauche. Ce chevalier jaune a été trouvé dans un secteur de la rivière formant un plateau où le couvert végétal était encore dense (100 %), dominé par l'algue filamenteuse et la vallisnérie d'Amérique (sous-dominante) et où le substrat dominant était le limon avec

¹⁰ Sont exclus de cette compilation un coup de seine pour subadultes donné en rive le 29 septembre, considéré comme non valide en raison d'un accrochage ainsi qu'un effort au filet déployé le 5 octobre, car ce dernier n'a jamais été retrouvé (possiblement volé).

une fraction d'argile en sous-dominance. La profondeur échantillonnée durant cette pêche variait de 0 à 6,2 m et la température de l'eau était de 17,6 °C. Les autres paramètres physicochimiques mesurés au site de capture étaient les suivants : pH, 8,9; conductivité, 173 µS/cm; saturation en oxygène, 102 %; transparence au disque de Secchi, 0,6 m.

Les pêches réalisées au large avec la seine pour subadultes n'ont pas été fructueuses. À maintes reprises, des poissons s'échappant de l'engin ont été observés en le refermant et ce, même si les manipulations étaient réalisées aussi rapidement que possible. Ce résultat indique que le lestage de la seine n'est pas suffisant pour la maintenir près du fond au moment de la fermeture. De plus, durant ces essais au large, des laquaiches argentées (*Hiodon tergisus*) ont été observées s'échappant par les espaces entre le matériau de la seine du côté de la ralingue flottante et aux abords des flotteurs. Des attaches ont été installées en cours et à la fin de projet dans le but de fermer ces espaces pour corriger ce problème. Les variantes techniques expérimentées liées à la façon de remonter les ralingues plombées lorsque la seine pour subadultes était déployée au large n'ont pas donné de meilleurs résultats. De même, la façon d'installer l'ancre de tête de la seine pour subadultes, lorsque celle-ci était déployée au large sans ancrer l'embarcation, n'a pas permis d'obtenir de meilleurs résultats. En raison de son manque d'efficacité, cette technique a rapidement été interrompue.

De meilleurs résultats ont été obtenus en déployant et en refermant la seine pour subadultes comme une seine de rivage. Lorsque le degré de difficulté semblait plus élevé, la largeur du coup (distance parallèle à la rive) a été réduite afin de limiter l'accrochage de l'engin dans le talus. Une tentative de refermer la seine en la remontant directement dans l'embarcation après l'avoir déployée comme une seine de rivage a été réalisée. Cet essai n'a pas été concluant.

La plus grande proportion (90 %) des poissons et des espèces (22/24) a été capturée, au cours des travaux de recherche de subadultes, au moyen de la seine pour subadultes en l'utilisant comme une seine de rivage (Tableau 15). Seuls le doré noir (*Sander canadensis*) et l'esturgeon jaune ont été trouvés uniquement dans les filets maillants, engins qui ont permis de capturer 11 espèces. Le crapet de roche (*Ambloplites rupestris*) et la perchaude (*Perca flavescens*) ont été les deux espèces les plus abondantes dans la seine pour subadultes et, ensemble, comptent pour 53 % des spécimens capturés. La tanche a été l'espèce la plus abondante trouvée dans les filets maillants et représente 43,4 % des captures (n = 23). La proportion des chevaliers, toutes espèces confondues (genre *Moxostoma*), capturée aux filets maillants est de 34 % et de 13 % dans la seine pour subadultes. Enfin, bien que l'échantillonnage de mulettes ne fût pas intégré au protocole, cinq espèces ont été observées, dont l'elliptio de l'Est, les lamsiles cordiforme et rayée, la leptodée fragile et la grande anodonte (*Pyganodon grandis*). La moule zébrée a été observée dans tous les secteurs (Tableau 16).

Tableau 15 : Liste des espèces de poissons capturés au moyen des différentes techniques utilisées au cours des travaux de recherche de chevaliers cuivrés subadultes réalisés en 2017 dans la rivière Richelieu entre Chambly et Sorel.

Familie	Espèce	Seine pour subadultes			Total
		Filet maillant	au large	en rive	
Acipenseridés	Esturgeon jaune	X			X
Anguillidés	Anguille d'Amérique			X	X
Catostomidés	Meunier noir			X	X
	Chevalier blanc	X		X	X
	Chevalier rouge	X		X	X
	Chevalier jaune	X		X	X
Centrarchidés	Crapet de roche			X	X
	Crapet-soleil			X	X
	Achigan à petite bouche	X		X	X
	Marigane noire			X	X
Cyprinidés	Carpe commune			X	X
	Méné jaune			X	X
	Queue à tache noire			X	X
	Tanche	X		X	X
Esocidés	Grand brochet	X		X	X
Hiodontidés	Laquaiche argentée		X	X	X
Ictaluridés	Barbotte brune			X	X
	Barbue de rivière	X		X	X
Lepisosteidés	Lépisosté osseux	X		X	X
Percidés	Raseux-de-terre gris			X	X
	Perchaude			X	X
	Doré noir	X			X
	Doré jaune			X	X
Percopsidés	Omisco ou perche-truite			X	X
Nombre d'espèces		10	1	22	24

Tableau 16 : Liste des espèces de mulettes et leurs statuts¹¹ trouvées au cours des travaux de recherche de chevaliers cuivrés subadultes réalisés dans la rivière Richelieu entre Chambly et Sorel en 2017.

Groupe	Espèce	Nom scientifique	Saint-Ours		Saint-Marc	Saint-Antoine	Chambly-Belœil
			29 sept.	02 oct.	03 oct.	04 oct.	05 oct.
Moule exotique	Moule zébrée	<i>Dreissena polymorpha</i>	X	X	X	X	X
	Elliptio de l'Est	<i>Elliptio complanata</i>	X	X	X		X
Mulette	Lampsile cordiforme	<i>Lampsilis cardium</i>	X		X	X	
	Lampsile rayée	<i>Lampsilis radiata radiata</i>	X	X		X	X
	Leptodée fragile ¹	<i>Leptodea fragilis</i>	X				
	Grande Anodonte	<i>Pyganodon grandis</i>	X				
Nombre d'espèces de mulettes			5		2	3	2

¹ Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable en vertu de la LEMV, rang de précarité au Québec S2 (en péril).

3.5 Analyses génétiques

Une centaine de tissus de chevaliers, prélevés dans le cadre de plusieurs projets en 2017¹², ont été soumis à des analyses génétiques pour en déterminer le profil ou pour confirmer l'identification de certains individus. Ces échantillons comprennent ceux de huit chevaliers cuivrés qui ont été capturés au cours des travaux de recherche de la carpe de roseau réalisés de mai à septembre 2017 dans le fleuve Saint-Laurent (Annick Drouin, MFFP, communication personnelle). La plupart sont des tissus de chevaliers cuivrés, alors que certains ont été soumis aux analyses, comme chaque année, en raison du caractère atypique du spécimen et en vue de parfaire nos connaissances sur l'identification, sur le terrain notamment, pour des chevaliers rouges et de rivière subadultes.

4. Discussion

Capture et reproduction artificielle

Le nombre de chevaliers cuivrés capturés en juin 2017 (n = 9) est encore faible et de loin inférieur au nombre de captures réalisées au cours des premières années des travaux de reproduction artificielle (2004 à 2009). Sans être parfaitement similaires, les conditions hydrologiques de la rivière Richelieu qui prévalaient d'avril à juin 2017 ressemblaient beaucoup à celles observées en 2007 et en 2008 à l'exception des valeurs, tant des débits que des niveaux, qui étaient légèrement supérieures en juin 2017 comparativement à celles enregistrées en juin 2007 et 2008. Pourtant, en 2007 et en 2008, les captures de chevaliers cuivrés ont été plus abondantes avec un effort de pêche qui ne comprenait pas l'installation de filets maillants au bief aval du barrage de Saint-Ours (Vachon, en cours de préparation). En 2017, près de la moitié des captures de chevaliers cuivrés (4/9) est issue des filets maillants installés au bief aval du barrage de Saint-Ours, il est donc très important de maintenir ces efforts supplémentaires de pêche accomplis par du personnel expérimenté, et ce, même si les résultats varient

¹¹ Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (2019). Banque de données, Gouvernement du Québec. Mis à jour le 20 février 2020. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

¹² Reproduction artificielle, suivi du recrutement, recherche de chevaliers cuivrés subadultes et recherche de carpes de roseau dans le fleuve Saint-Laurent.

d'une année à l'autre, car cette technique permet d'accroître significativement le bassin de géniteurs durant certaines années.

La faible abondance de géniteurs capturés au cours des dernières années, combinée à une proportion importante de recaptures (p. ex., 40 % de recapture en 2014 et 22 % en 2017), est inquiétante et les résultats des pêches de l'année 2017, qui se sont déroulées dans des conditions hydrologiques comparables à celles des années de plus forte abondance de géniteurs (2007 et 2008), pourraient être le signe d'une réduction du bassin de géniteurs. Des échantillonnages réalisés du 30 mai au 19 juillet 2017 dans le fleuve Saint-Laurent dans le cadre du Programme québécois de lutte contre les carpes asiatiques au moyen de divers engins (verveux, filets maillants, pêche à l'électricité) ont aussi révélé un taux de recapture de chevaliers cuivrés¹³ relativement élevé (Annick Drouin, biologiste au MFFP, communication personnelle) dans des secteurs où la présence de l'espèce avait déjà été documentée antérieurement.

Un ajustement inadéquat des portes du barrage de Saint-Ours et des vannes de la passe migratoire et un manque d'entretien de cette dernière pourraient aussi expliquer, du moins en partie, ces moins bons résultats quant à la capture de chevaliers cuivrés ces dernières années pour les besoins de la reproduction artificielle. En effet, en 2014 et en 2017, l'équipe du MFFP a observé de nombreuses anomalies et divers écarts quant à la période des inspections, à la gestion et à l'entretien des ouvrages (barrage et passes migratoires) prescrits dans le manuel d'opération (Fournier et Desrochers, 2009). Ces *modus operandi* ont été définis pour maximiser l'attraction et le libre passage des poissons dans la passe migratoire sous différentes conditions hydrologiques ainsi que pour maintenir les conditions hydrologiques favorables à la reproduction et au développement embryonnaire et larvaire de plusieurs espèces de poissons dont la fraye est documentée au bief aval du barrage de Saint-Ours. D'ailleurs, en 2014 comme en 2017, beaucoup moins de poissons (toutes espèces confondues) ont été capturés dans les engins de pêche ou observés par la fenêtre de la passe migratoire comparativement aux années précédentes. L'installation de la barrière de sécurité en amont du barrage devrait se faire autant que possible en mai ou au début du mois de juin afin d'éviter le plus possible les mouvements brusques des portes du barrage, ce qui a pour effets de modifier les conditions hydrologiques durant la fraye et après le dépôt des œufs (période de développement embryonnaire ou incubation), ce qui peut contribuer à leur lessivage et compromettre le succès de la reproduction. Dans le cas des chevaliers, notamment du chevalier cuivré, les larves nouvellement écloses terminent leur développement durant 10 à 14 jours dans le substrat de fraye le temps de développer leur nageoire et de résorber leur sac vitellin. Le maintien des conditions hydrologiques optimales sans changement brusque est donc recommandé pendant 21 jours suivant le dépôt des œufs.

Les effets des conditions hydrologiques élevées et prolongées du fleuve Saint-Laurent en 2017 sur les signes de migration et de fraye chez le chevalier cuivré, sur les conditions hydrologiques de la portion aval du barrage de Saint-Ours (rivière Richelieu) et sur l'efficacité de la passe migratoire sont moins connus et documentés et constituent un facteur abiotique supplémentaire qui peut avoir nui à la capture de géniteurs en 2017. Depuis les dernières années, il appert également que de plus en plus d'événements climatiques et hydrologiques inhabituels et inattendus se produisent. La chaleur accablante et soudaine survenue en juin et qui a mis en péril la survie des œufs durant la fraye du 18 juin en réchauffant soudainement l'eau au début de l'incubation en est un

¹³ Deux chevaliers cuivrés, dont la taille était supérieure à 650 mm (LT), parmi les huit chevaliers cuivrés capturés étaient déjà munis d'une micropuce.

autre exemple. Il est donc important que l'équipe demeure aussi vigilante que possible et travaille proactivement afin de proposer des solutions alternatives pour remédier à ces situations rapidement lorsque cela est possible.

La mort d'une femelle au moment de la capture en 2017 est extrêmement déplorable et constitue une perte majeure, puisque celle-ci aurait pu augmenter de 30 % le nombre d'œufs produits et minimalement ajouter deux nouvelles familles. Cet incident demeure indépendant de notre volonté et rappelle que l'équipe n'est pas à l'abri de tels événements malgré toutes les précautions qui sont prises. Les données *post-mortem* recueillies confirment la très grande fertilité de cette femelle. Le RGS calculé en 2017 (19,3 %) est nettement supérieur aux valeurs calculées par Mongeau et coll. (1986, 1992) chez les cinq espèces de chevaliers capturés au bassin de Chambly au printemps 1984. Ces derniers mentionnaient d'ailleurs que les chevaliers cuivrés n'avaient vraisemblablement pas encore amorcé leur fraye au moment de terminer l'étude le 20 juin. Le RGS moyen maximal évalué chez six chevaliers cuivrés femelles capturées du 18 au 20 juin 1984 était de 11,7 %. Le calcul du nombre d'ovocytes de cette femelle en utilisant l'équation présentée dans Mongeau et coll. (1992) permet d'estimer le nombre d'ovocytes à quelque 91 650, ce qui est près de l'estimation par comptage réalisée en 2017 qui était de l'ordre de 103 000 (écart de 9 % entre les deux). Rappelons que la méthode de comptage utilisée en 2017 (poids humide) diffère de celle utilisée (poids sec) par Mongeau et coll. (1986, 1992), car les auteurs jugeaient que la marge d'erreur était inférieure avec la méthode des poids secs par rapport aux autres méthodes habituellement utilisées (méthodes volumétriques et des poids humides).

La capture de deux chevaliers cuivrés subadultes en juin 2017 à Saint-Ours, l'intégration avec succès au protocole de reproduction artificielle du plus jeune mâle (LT = 510 mm) et la capture de deux autres chevaliers cuivrés subadultes (LT = 462 mm et 476 mm) dans le fleuve Saint-Laurent au cours des travaux de recherche de carpes de roseau constituent, d'autre part, des observations très intéressantes. Les analyses génétiques et, plus particulièrement les statistiques d'assignation parentale, permettront de déterminer si ces individus sont sauvages ou s'ils ont été produits au cours des premières années de la reproduction artificielle.

La présence d'une équipe sur le terrain plus tôt en juin 2017 a permis, de nouveau, la capture de chevaliers cuivrés rapidement après le début des efforts de pêche et deux vagues de capture de femelles ont été observées en juin, comme cela a été le cas par exemple en 2012 et en 2013 (Vachon, 2018c, 2019). Les analyses détaillées des données de recaptures depuis les dernières années auxquelles s'ajoutent les observations de 2017 permettent également de consolider notre connaissance sur la biologie de l'espèce qui tend à démontrer non seulement la fidélité aux sites de fraye, mais aussi, chez certains individus, la reproduction de schémas de migration relativement similaires en juin dans le cadre de recaptures subséquentes.

Les captures plus récentes de chevaliers cuivrés subadultes (LT \leq 500 mm) depuis deux ans (Vachon, 2020) et l'arrivée d'un très jeune mâle en 2017 constituent des observations très encourageantes pour les prochaines années, car il semble y avoir une certaine relève. Des individus de cette gamme de tailles (subadulte) ont été longtemps absents de tous les inventaires réalisés par le MFFP dans l'aire de répartition de l'espèce. Jusqu'à présent, les indications sont nombreuses (p. ex., recaptures de géniteurs, déplacements de ces derniers vers la rivière Richelieu pour la fraye) selon lesquelles le comportement de retour à la frayère natale (*homing*) des chevaliers cuivrés durant la période de reproduction est très inné. Il est tout à fait plausible de penser que ce comportement serait reproduit par plusieurs individus ensemencés. Une étude

téléométrique a démontré que plusieurs individus de *Moxostoma robustum*¹⁴, adultes et subadultes, qui ont été produits artificiellement et ensemencés dans deux rivières (populations refuges), puis transférés dans la rivière Ocmulgee s'étaient intégrés à la population résidente et se présentaient aux mêmes sites de fraye (Grabowski et Jennings, 2009). Les résultats des analyses d'assignation parentale des tissus des subadultes permettront d'obtenir des indications sur le sujet ainsi que sur le comportement de la population de chevalier cuivré actuellement en reconstruction.

Élevage et ensemencements

La capture d'individus plus tôt en juin et l'observation de vagues de migration certaines années impliquent des réflexions par rapport à l'élevage et aux façons d'ensemencer les larves surnuméraires en juillet dans la mesure où les individus, issus de frayes plus étalées dans le temps, présentent un écart important sur le plan du développement au moment de la mise en charge des étangs à la SPBC et au moment de l'ensemencement en juillet. À cet effet, les ensemencements de larves surnuméraires devraient être planifiés en fonction de leur développement et être réalisés uniquement lorsque celles-ci ont complètement résorbé le contenu de leur sac vitellin et ont développé des capacités natatoires suffisantes pour se maintenir dans la colonne d'eau. L'étalement des ensemencements de larves sur deux jours à environ une semaine d'intervalle au besoin, et ce, tel que cela a été réalisé en 2009, constitue une solution et permettrait également de réduire le temps de séjour dans le coffre du camion et de déplacement en embarcation, ce qui optimiserait leur survie, car les larves sont plus fragiles et les risques sont plus élevés en raison de la température estivale.

D'autres éléments mériteraient une attention particulière comme le développement de techniques d'élevage et de mise en charge des étangs de façon à optimiser le taux de survie en étang de larves issues de frayes étalées, lesquelles se produisent souvent en deux groupes. La recherche de solutions alternatives pour maximiser l'alimentation et la survie des larves et des juvéniles dans les étangs pour contrer les conditions météorologiques qui sont parfois adverses serait également à envisager. L'élevage des individus produits avec de la laitance cryopréservée dans un étang distinct est à maintenir, car cela permet d'obtenir de précieux renseignements sur le développement et le taux de survie de ces derniers. Le transport des larves sous forme de boudins¹⁵, comme cela a été effectué durant les premières années, en les faisant flotter dans le réservoir d'eau (pour maintenir une température plus stable) et en ouvrant les sacs dans le bac pour assurer le mélange des différentes familles avant l'ensemencement devrait être exploré pour réduire le taux de mortalité des larves durant le transport par collement aux parois du coffre. En ce qui concerne l'ensemencement des fretins à l'automne, l'acclimatation partielle et préalable des spécimens par rapport à la température, tel que cela a été réalisé pour la première fois en 2017 à la SPBC, devrait être maintenue, car elle permet de gagner du temps lors de l'ensemencement. Cependant, les ensemencements de fretins d'automne devraient également être répartis sur deux jours (délai non requis entre les deux dans ce cas), comme réalisé certaines années, afin d'assurer une meilleure dispersion des juvéniles en septembre alors que les journées sont plus courtes.

¹⁴ Une espèce de la même famille que le chevalier cuivré et qui présente des caractéristiques biologiques similaires.

¹⁵ Sacs de plastique oxygénés dans lesquels les individus sont transportés.

Suivi du recrutement

Bien que le nombre de jeunes chevaliers de l'année capturés en 2017 (toutes espèces confondues) soit plus élevé qu'en 2016, le recrutement des chevaliers (toutes espèces confondues) dans la rivière Richelieu pourrait être qualifié de plutôt faible comparativement aux valeurs moyennes (CPUE) mesurées depuis de nombreuses années (Vachon et coll., 2014). À l'instar de 2016 (Vachon, 2020), les CPUE moyennes de jeunes chevaliers de l'année ont été comparables entre les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours en 2017, bien qu'elles soient trois fois supérieures cette année à 2016. Les différences entre les secteurs sont généralement plus marquées et les CPUE sont plus fréquemment supérieures dans le secteur de Saint-Marc que dans celui de Saint-Ours (Vachon et coll., 2014).

Considérant l'important recul des données disponibles sur le recrutement des chevaliers (toutes espèces) dans la rivière Richelieu (Vachon et coll., 2014), il est évident que l'abondance des jeunes chevaliers cuivrés de l'année capturés en 2017 ne peut s'expliquer autrement que par la grande contribution des individus ensemencés. Les analyses génétiques permettront de le confirmer et de déterminer l'origine de ces derniers afin de comparer la contribution des individus ensemencés à celle des individus issus de la reproduction naturelle en 2017.

En l'absence de capture de jeunes chevaliers cuivrés de l'année en 2016 (Vachon, 2020) et en l'absence de capture d'individus d'âge 1+ en 2017, il n'est toujours pas possible de confirmer hors de tout doute si le chevalier cuivré a pu se reproduire naturellement en 2016, année où la reproduction artificielle n'a pu avoir lieu. Il est possible que des activités de fraye se soient produites, mais le succès de reproduction naturelle est apparemment très faible sinon nul.

Sur le plan de la croissance, sans faire de comparaisons statistiques avec les données des années antérieures, la croissance des jeunes chevaliers dans la rivière Richelieu en 2017 pourrait être qualifiée de moyenne chez les chevaliers jaune et de rivière et de plutôt faible chez les chevaliers rouge et blanc, lesquelles sont les deux premières espèces à frayer. Malgré les températures très élevées de l'eau de la rivière Richelieu enregistrées au cours des travaux de suivi du recrutement à l'automne, un examen plus détaillé du régime thermique de la rivière durant la saison estivale 2017 est requis pour améliorer nos connaissances sur le sujet. D'autre part, les températures automnales très élevées de la rivière Richelieu ont assurément allongé la saison de croissance des jeunes en 2017.

Des analyses plus approfondies, réalisées à partir de la série temporelle complète des données de ce suivi, visant plus précisément à explorer comment les conditions hydrologiques et thermiques du fleuve Saint-Laurent et de la rivière Richelieu durant les périodes de migration des chevaliers, de fraye et de dévalaison des larves peuvent influencer le succès du recrutement et la croissance des jeunes chevaliers dans la rivière Richelieu, sont en cours.

Recherche de subadultes

Bien qu'infructueux en ce qui concerne la capture de chevaliers cuivrés subadultes, les travaux de 2017 ont été une excellente occasion d'expérimenter un nouvel engin. La seine pour subadultes couvre une plus grande surface et atteint certainement une plus grande profondeur que la seine montréalaise lorsque ces engins sont utilisés selon la

même méthode. Cependant, son déploiement et sa fermeture au large dans des zones de plus grandes profondeurs n'ont pas donné les résultats escomptés. Cet engin de pêche demeure très intéressant, mais son utilisation pour l'exploration de secteurs plus profonds nécessitera des modifications dans les prochaines années. En effet, nous avons observé que la flottabilité du filet était grande. L'ajout de cordes plombées dans son tiers inférieur pourrait aider à corriger cette situation. La ralingue plombée pourrait également être alourdie en entier ou uniquement dans le tiers central. D'autres améliorations comme la fixation des baculs avec des œillets libres sur toute la hauteur de l'aile ou la variation de la taille des cordes, des fourches ou de certains autres matériaux pourraient être expérimentées tout en prenant en considération de ne pas alourdir inutilement l'engin de pêche afin de maintenir une certaine facilité de manipulation.

À ce jour, le filet maillant demeure l'engin le plus efficace pour les pêches dans les secteurs hors de la portée de la seine montréalaise (distance de la rive et profondeur). Toutefois, son utilisation dans tous les secteurs fréquentés par le chevalier cuivré, et ce, plus particulièrement dans la rivière Richelieu, se doit d'être limité à une pêche d'au plus deux heures afin d'éviter sinon limiter la mort de chevalier cuivré. La très grande vigilance de l'équipe tout comme la limitation du nombre d'engins déployés au même moment dans la rivière Richelieu est de mise, notamment lorsque les filets sont déployés sur de grandes distances.

Autres espèces

Le nombre d'esturgeons jaunes capturés en juin au cours des travaux sur le chevalier cuivré est en forte croissance et l'utilisation du bief aval du barrage de Saint-Ours comme frayère a d'ailleurs été confirmée par les travaux de Thiem et coll. (2013). La capture d'une alose savoureuse dans le filet maillant installé dans le bassin d'entrée de la passe migratoire mérite aussi d'être soulignée, car il s'agit que de la seconde mention, la première étant survenue en 2013 (Vachon, 2019). En 2017, le nombre de captures de bars rayés a été en hausse, manifestement, par rapport aux années précédentes où sa présence était anecdotique. La capture de deux bars rayés mâles spermiantes (stade 5) constitue une indication préliminaire que le bief aval du barrage de Saint-Ours pourrait aussi être utilisé pour la reproduction par le bar rayé. La présence de ces deux espèces en situation précaire (esturgeon jaune et bar rayé) est nouvelle et inattendue, surtout dans le cas du bar rayé, et doit être prise en considération par les équipes de capture. Les effets de l'augmentation de la population du bar rayé et ses interactions avec la population de chevalier cuivré, et ce plus particulièrement dans la rivière Richelieu, devraient être examinés de plus près. En effet, bien que les conditions d'habitat et que les communautés soient différentes dans le bassin de la rivière Colorado, la prédation de poissons indigènes, dont certains en situation précaire, par des espèces introduites parmi lesquelles figure le bar rayé est bien documentée et cette prédation a été désignée, depuis le début des années 1990, comme étant un élément majeur expliquant le faible taux de survie des *razorback sucker* (*Xyrauchen texanus*)¹⁶ensemencés dans le lac Mohave (Minckley et coll., 1991). La prédation a été désignée comme étant le principal facteur en cause pour expliquer le taux de mortalité très élevé (16/19, 84 %) et rapide (étude de 6 mois) des *Xyrauchen texanus* marqués (dont la taille

¹⁶ Le *razorback sucker* (*Xyrauchen texanus*) fait partie de la même famille que le chevalier cuivré (Catostomidés).

moyenne était de 381 mm, étendue : 355 à 455 mm) dans le cadre d'un suivi télémétrique réalisé en 2006 pour évaluer la dispersion et le taux de mortalité de spécimens ensemencés. La pêche sportive est très populaire au lac Mohave, y compris celle ciblant des espèces exotiques, et des bars rayés de taille supérieure à 800 mm y sont capturés. D'après ces chercheurs, le bar rayé est le seul piscivore vivant dans le lac Mohave ayant la capacité d'ingérer des proies d'aussi grande taille (Karam et coll., 2008). Enfin, au cours d'une autre étude télémétrique menée dans le même secteur en 2008, grâce à la participation de pêcheurs sportifs qui avaient été sollicités pour documenter le contenu stomacal de leurs prises, il a été possible de confirmer l'ingestion de *Xyrauchen texanus* par le bar rayé. En effet, un émetteur, qui avait été implanté chez un *Xyrauchen texanus* mâle adulte de 500 mm (LT) et remis en liberté six jours auparavant, a été trouvé dans un estomac de bar rayé (Karam et Marsh, 2010).

Les travaux effectués sur le chevalier cuivré, que ce soit sur la reproduction artificielle ou les autres types de suivis de la population, permettent de documenter la présence et l'abondance de plusieurs autres espèces en situation précaire, y compris des invertébrés. La détection de l'anodonte du gaspareau dans la rivière Richelieu en 2017 en est un exemple. Cette dernière a été trouvée à Saint-Roch-de-Richelieu et serait une nouvelle espèce recensée dans la rivière Richelieu, comparativement aux données du rapport de situation de l'espèce au Québec (Paquet et coll., 2018). Ces travaux assurent également un suivi et le développement d'une expertise de pointe sur les chevaliers, dont le chevalier de rivière, une espèce désignée vulnérable depuis 2009 en vertu de la LEMV, désignée comme une espèce préoccupante depuis 1983 par le COSEPAC (COSEPAC, 2006) et légalement désignée comme telle et inscrite à l'Annexe 1 de la LEP depuis 2007. Par exemple, comme les techniques de cryopréservation de la laitance ont été d'abord expérimentées chez le chevalier de rivière, l'expertise concernant la reproduction artificielle et la cryopréservation de la laitance a été développée chez cette espèce et est disponible si de telles mesures étaient requises pour rétablir les populations.

La détection et le suivi de la progression et de l'abondance de certaines espèces exotiques et envahissantes bénéficient également de ces travaux. L'exemple du gobie à taches noires en est un. Cette espèce a été détectée pour la première fois dans la rivière Richelieu en 2011, à 1 km de l'embouchure (Vachon, 2018b). Il lui aura fallu six ans pour coloniser toute la section aval de la rivière jusqu'au barrage de Saint-Ours. Ces travaux constituent également une veille par rapport aux carpes asiatiques, notamment pour la carpe de roseau dans la rivière Richelieu. La portée de ces suivis et de ces travaux dépasse largement celle du chevalier cuivré.

5. Conclusion

Les travaux de 2017 se sont bien déroulés malgré le renouvellement de la moitié des membres de l'équipe. Ce défi de taille a été relevé avec brio après deux années d'interruption des activités. Plusieurs observations témoignent de la situation extrêmement critique de la population de chevalier cuivré adulte comme le faible nombre de captures de géniteurs et le taux encore élevé de recaptures en juin qui persiste depuis quelques années, et ce, malgré le déploiement d'efforts supplémentaires au bief aval du barrage de Saint-Ours. Ces observations incitent à la prudence par rapport aux efforts de pêche déployés et aux types d'engins utilisés dans l'ensemble de l'aire de

répartition du chevalier cuivré pour limiter les répercussions sur la population, notamment dans certains secteurs du fleuve au printemps étant donné que la capture de chevaliers cuivrés y est connue et récurrente à cette période. Le nombre encore très faible de captures de jeunes chevaliers cuivrés de l'année durant le suivi du recrutement au cours des années où il n'y a pas eu de reproduction artificielle est une autre observation qui suggère l'application du principe de précaution. Même si les résultats des analyses génétiques et d'assignation parentale des tissus des chevaliers, prélevés de 2010 à 2017 ne sont pas encore disponibles, il apparaît évident, à la lumière des résultats de ce suivi, que la contribution des individus ensemencés est encore majeure.

D'autre part, le nombre élevé de recaptures de géniteurs permet de conforter l'équipe par rapport aux manipulations et les techniques de cryopréservation de la laitance du chevalier cuivré, amorcées en 2012, commencent à faire leurs preuves. Le MFFP dispose d'une banque de laitance qui peut permettre de frayer un certain nombre de femelles en l'absence de mâles et d'augmenter considérablement la diversité génétique des jeunes produits artificiellement. Grâce à cette technique, quatre fois plus de croisements (familles) ont été réalisés en 2017 et des jeunes produits au moyen de cette technique ont été élevés avec succès à la SPBC et ensemencés dans la rivière Richelieu dès 2013.

Ces travaux, réalisés depuis plusieurs années, montrent une fois de plus l'importance de la rivière Richelieu pour la diversité de la faune aquatique du Québec et, plus particulièrement, pour plusieurs étapes du cycle vital du chevalier cuivré. Ils tendent aussi à démontrer, depuis les dernières années, l'importance de s'assurer d'une saine gestion des vannes du barrage de Saint-Ours et de la passe migratoire Vianney-Legendre, tout comme de son entretien pour maintenir la libre circulation des poissons migrateurs dans la rivière Richelieu.

Autres collaborations

Le suivi du recrutement des chevaliers ainsi que les travaux de recherche de subadultes dans la rivière Richelieu contribuent à l'acquisition de connaissances sur de nombreux enjeux et plusieurs espèces dans la rivière Richelieu. Outre les travaux sur les mulettes, l'équipe collabore, depuis 2016, au projet de M^{me} Sunci Aviljas, doctorante à l'Université McGill sous la direction d'Anthony Ricciardi en codirection avec Nicholas Mandrak. Son projet de recherche porte sur certains aspects de la biologie de la tanche. Les données recueillies ainsi que les contenus stomacaux prélevés dans le cadre de ces travaux ont été fournis aux fins de cette étude. Des données ont été prises et des prélèvements supplémentaires (prélèvement d'otolithes, examen DELT, détermination du sexe et de l'état de la maturité et du poids des gonades) ont été faits depuis 2016 sur les tanches capturées au cours de toutes ces activités pour une étude entreprise en collaboration avec des collègues de la DEFA¹⁷ et du MPO, sur différents autres volets de la biologie de la tanche plus de 25 ans après son introduction.

¹⁷ Direction de l'expertise sur la faune aquatique.

Remerciements

Je remercie spécialement toute l'équipe de réalisation pour leur travail soutenu et leur grande implication à toutes les étapes du projet ainsi que Hugues Bouchard, de Pêches et Océans Canada pour son soutien et son appui au projet qui permet son financement. Je témoigne ma gratitude également à M. Jean-Claude Petit et à sa famille, du camping Bellevue à Saint-Charles-sur-Richelieu, qui contribuent à certains volets de ce projet depuis 20 ans en nous permettant de nous mettre à l'eau à partir de sa propriété durant les travaux automnaux sur le terrain. Je suis également reconnaissante envers Marc-Antoine Couillard, biologiste de la Direction de l'expertise sur la faune aquatique et coordonnateur de l'Équipe de rétablissement du chevalier cuivré, pour son soutien dans la recherche d'une solution alternative pour le transport des œufs à la station piscicole, étape qui a été assurée par le COVABAR. Je tiens enfin aussi à souligner la contribution très importante de mes collègues Nathalie Tessier et Lucie Veilleux qui réalisent les analyses génétiques de tous les tissus de chevalier cuivré. Je remercie également le personnel de Parcs Canada du lieu historique national du Canal-de-Saint-Ours qui nous réserve un endroit sur le site pour y réaliser les activités de reproduction artificielle ainsi qu'au personnel de la station piscicole de Baldwin-Coaticook pour leur dévouement consacré à l'élevage des jeunes durant la saison estivale. Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement le Dr Stéphane Lair, médecin vétérinaire, pour son soutien au projet en 2017. Mes remerciements s'adressent également à Yves Paradis pour son soutien dans l'édition finale du document.

Partenaires

Ces travaux ont été rendus possibles grâce à la participation financière du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs¹⁸, de l'Équipe de rétablissement du chevalier cuivré, de Pêche et Océans Canada, par l'entremise du programme sur les espèces en péril, ainsi que par la contribution en nature de Parcs Canada.

¹⁸ Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, de la Direction de l'expertise sur la faune aquatique et de la station piscicole de Baldwin-Coaticook.

Références

- BERNATCHEZ, L (2004).** Considérations génétiques et protocole de reproduction relatifs au plan de rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), document présenté à la Société de la faune et des parcs du Québec et à Pêches et Océans Canada, 43 p.
- CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC (2019).** Banque de données, Gouvernement du Québec. Mis à jour le 20 février 2020. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.
- COMITÉ D'INTERVENTION (1995).** Plan d'intervention pour la survie du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*), Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 40 p.
- COSEPAC (2004).** Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Canada — Mise à jour, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, vii+ 43 p. [www.registrelep.gc.ca/Status/Status_f.cfm].
- COSEPAC (2006).** Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Chevalier de rivière. (*Moxostoma carinatum*) au Canada — Mise à jour, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, vii + 36 p. [www.registrelep.gc.ca/Status/Status_f.cfm].
- COSEPAC (2014).** Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Canada. — Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xiii + 81 p. [www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default_f.cfm].
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CHEVALIER CUIVRÉ DU QUÉBEC (2012).** Plan de rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Québec — 2012-2017. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec. 55 p.
- FOURNIER, A. ET D. DESROCHERS (2009).** Manuel d'opération et d'entretien des passes à poissons au lieu historique national du Canal-de-Saint-Ours, rapport final préparé pour Parcs Canada par Milieu inc., 116 p.
- GRABOWSKI, T.B. ET C. A. JENNINGS (2009).** Post-release movements and habitat use of robust redhorse transplanted to the Ocmulgee River, Georgia. Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 19: 170–177.
- KARAM, A.P ET P.C. MARSH (2010).** Predation of adult razorback sucker and bonytail by striped bass in lake Mohave, Arizona-Nevada. Western North American Naturalist 70(1). 117-120.
- KARAM, A.P., B.R. KESNER ET P.C. MARSH (2008).** Acoustic telemetry to assess post-stocking dispersal and mortality of razorback sucker *Xyrauchen texanus*. Journal of Fish Biology 73 : 719-727.
- LA HAYE, M., ET M. HUOT (1995).** Situation du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Québec : espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable, Québec, Le groupe de recherche SÉEEQ Ltée pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 50 p.

- LIPPÉ, C., P. DUMONT, ET L. BERNATCHEZ (2006).** High genetic diversity and no inbreeding in the endangered Copper Redhorse, *Moxostoma hubbsi* (Catostomidae, Pisces): the positive sides of a long generation time. *Molecular Ecology* 15:1769–1780.
- MINCKLEY, W. L., P.C. MARSH, J.E. BROOKS, J.E. JOHNSON, J.E. JENSEN (1991).** Management toward recovery of the razorback sucker. dans *Battle against extinction: Native Fish Management in the American West* (Minckley, W. L. & Deacon, J. E., eds), pp 303-357. Tucson, AZ : the University of Arizona Press.
- MONGEAU, J.-R., P. DUMONT ET L. CLOUTIER (1986).** La biologie du suceur cuivré, *Moxostoma hubbsi*, une espèce rare et endémique à la région de Montréal, Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Direction régionale de Montréal, rapport technique no 06-39, 137 p.
- MONGEAU, J.-R., P. DUMONT, L. CLOUTIER ET A.-M. CLÉMENT (1988).** Le statut du suceur cuivré, *Moxostoma hubbsi*, au Canada, *Can. Field. Nat.* 102 : 132 - 139.
- MONGEAU, J.-R., P. DUMONT ET L. CLOUTIER (1992).** La biologie du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*) comparée à celle de quatre autres espèces de *Moxostoma* (*M. anisurum*, *M. carinatum*, *M. macrolepidotum*, *M. valenciennesi*), *Rev. can. zoo.* 70:1354-1363.
- MPO (2012).** Programme de rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Canada., Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*, Pêches et Océans Canada, Ottawa, xi + 64 p.
[\[http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/document/default_f.cfm?documentID=1565\]](http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/document/default_f.cfm?documentID=1565).
- PAQUET, A., N. DESROSIERS ET A. L. MARTEL (2018).** Rapport sur la situation de l'anodonte du gaspareau (*Anodonta implicata*) au Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 54 p.
- THIEM, J.D., D. HATIN, P. DUMONT, G. VAN DER KRAAK, ET S.J. COOKE (2013).** Biology of lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) spawning below a dam on the Richelieu River, Quebec: behaviour, egg deposition, and endocrinology. *Can. J. Zool.* 91: 175–186.
- 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, Rapport technique 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, Rapport technique 16-44, vii + 28 p. + 5 annexes.

- VACHON, N. (2018a).** Reproduction artificielle, suivi du recrutement et recherche de subadultes de chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2010, Rapport technique 16-50, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 42 p.
- VACHON, N. (2018b).** Reproduction artificielle, suivi du recrutement et recherche de subadultes de chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2011, Rapport technique 16-51, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 32 p.
- VACHON, N. (2018c).** Reproduction artificielle, suivi du recrutement et premiers essais de cryopréservation de la laitance du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2012, Rapport technique 16-52, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 33 p.
- VACHON, N (2019).** Reproduction artificielle, ensemencements et suivi de la population du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2013, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, Rapport technique 16-46, 24 p.
- VACHON, N. ET C. SIROIS (2019).** Reproduction artificielle, ensemencements et suivi de la population du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2014, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, Rapport technique 16-54, 18 p.
- VACHON, N., S. VELÁSQUEZ, P. GRONDIN ET H. MASSÉ. (2013).** Premiers essais de cryopréservation de la laitance du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*). Conférence présentée à l'Atelier sur la faune aquatique, Québec, 19-21 février 2013.
- VACHON, N. C. SIROIS ET S. VELÁSQUEZ-MEDINA (2014).** Annual Young-of-the-Year Redhorse Survey in the Richelieu River: Main Approach to Measure the Achievement of the Objectives of Protection and Recovery of the Copper Redhorse (*Moxostoma hubbsi*). Larval Fish Conference. American Fisheries Society, 144th Annual Meeting, Québec, Québec, August 17–21, 2014.
- VACHON, N., S. VELÁSQUEZ-MEDINA ET P. GRONDIN (2019).** Motilité des spermatozoïdes du chevalier cuivré dans les différents traitements de cryopréservation en 2013, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de de Laval, Secteur de la faune, Rapport technique 16-47, 24 p.
- VACHON, N. (2020).** Recherche de subadultes du chevalier cuivré et suivi du recrutement en 2016, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, rapport technique 16-55, 31 p.
- VACHON, N. en cours de préparation.** Le rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) par le soutien à la population par la reproduction artificielle de 2004 à 2019 : méthodes, suivis, bilan et perspectives, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval.

Annexes

Annexe 1: Caractéristiques des engins de pêche utilisés en 2017.

Filets maillants utilisés au bief aval du barrage de Saint-Ours et dans le bassin d'entrée (B-17) de la passe migratoire Vianney-Legendre en juin

Identification	Site d'utilisation	Maille (mm)	Longueur (m)	Hauteur au centre (m)	Hauteur sur le côté (m)
B-17 actuel	B-17	127	8,5	2,5	2
Mohu-2	Bief aval	127	30	2	1,7
Mohu-3	Bief aval	127	30	2	1,7
Mohu-4	Bief aval	127	45	2	1,7
Mohu-5	Bief aval	127	30	2	1,7
Mohu-6	Bief aval	127	21	2	1,7
ALSA-715	Bief aval	135	27,4	4	3

Seine suivi du recrutement (seine montréalaise)

Hauteur : 4,0 m

Longueur : 12,5 m

Grandeur de maille : 3,0 mm, lestée avec poche (n° 2)

Corde de tête : 12,5 m

Poche centrale : 1,22 m diamètre × 1,52 m longueur

Ralingue supérieure en polypropylène munie de flotteurs de surface

Ralingue inférieure montée d'une tresse lestée double (n° 2).

Filets maillants utilisés pour les travaux de recherche de subadultes à l'automne

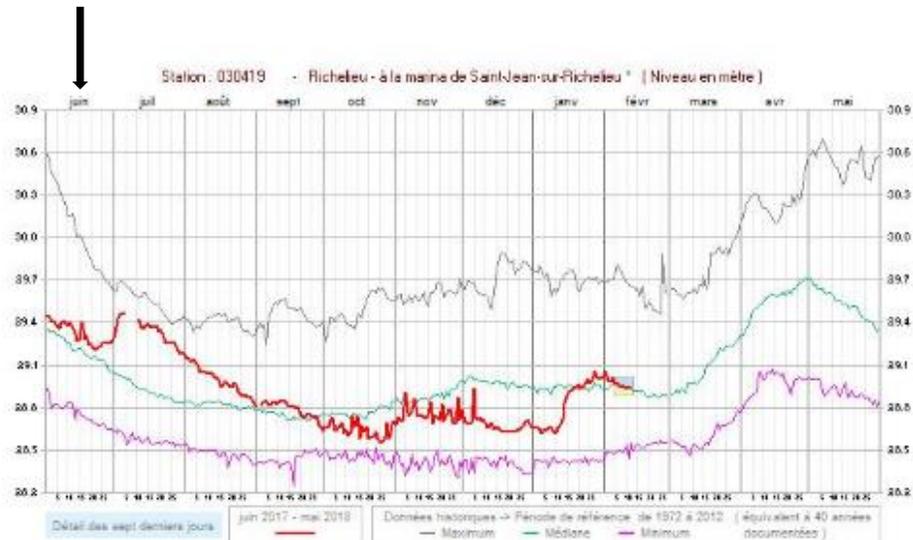
Identification	Maille (mm)	Longueur (m)	Hauteur (m)
À anneaux	102	28	2
577	76	30	1,8
576	102	30	1,8
575	102	30	1,8
FA-072	102	30	1,8

Annexe 2: Profils préliminaires des données (juin 2017 à février 2018) du niveau d'eau (m) et du débit (m³/s) de la rivière Richelieu aux stations des rapides de Fryers et à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu (trait rouge = valeur de 2017, trait vert = valeur médiane historique, trait gris = valeur maximale historique).

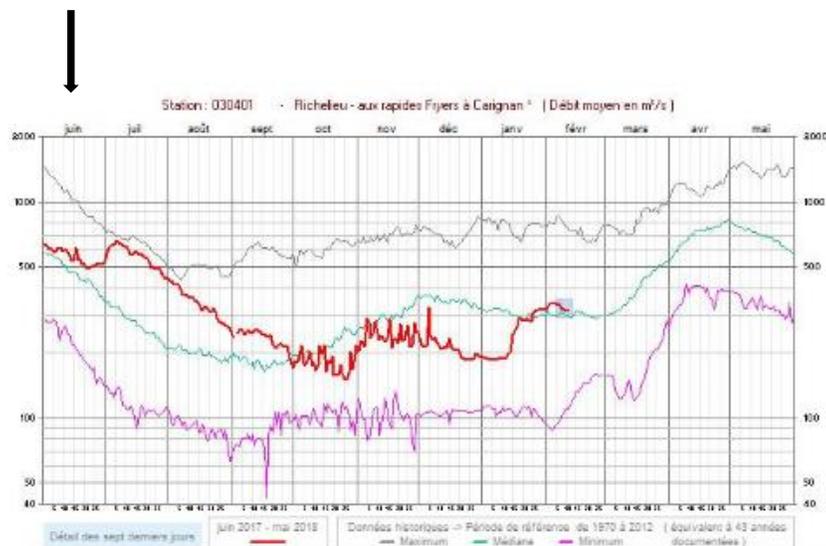
Source CEHQ : <https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/index.htm>

La flèche indique le mois de juin.

A) Niveau d'eau (m) à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu



B) Débit (m³/s) aux rapides de Fryers



Annexe 3: Profils préliminaires des données (juin 2017 à février 2018) du niveau d'eau (m) et du débit (m³/s) du fleuve Saint-Laurent aux stations du lac Saint-Louis (Pointe-Claire) et à Lanoraie de juin à février (trait rouge = valeur de 2017, trait vert = valeur médiane historique, trait gris = valeur maximale historique).

Source CEHQ : <https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/index.htm>.

La flèche indique le mois de juin.

A) Niveau d'eau (m) au lac Saint-Louis (Pointe-Claire)



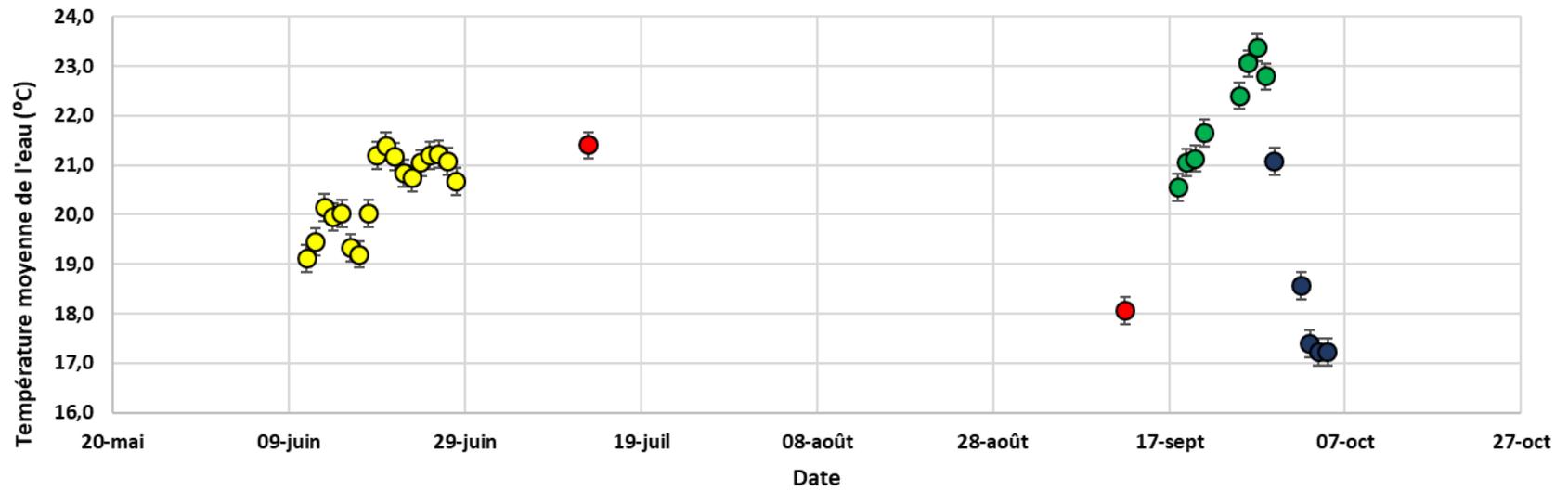
B) Niveau d'eau (m) à Lanoraie



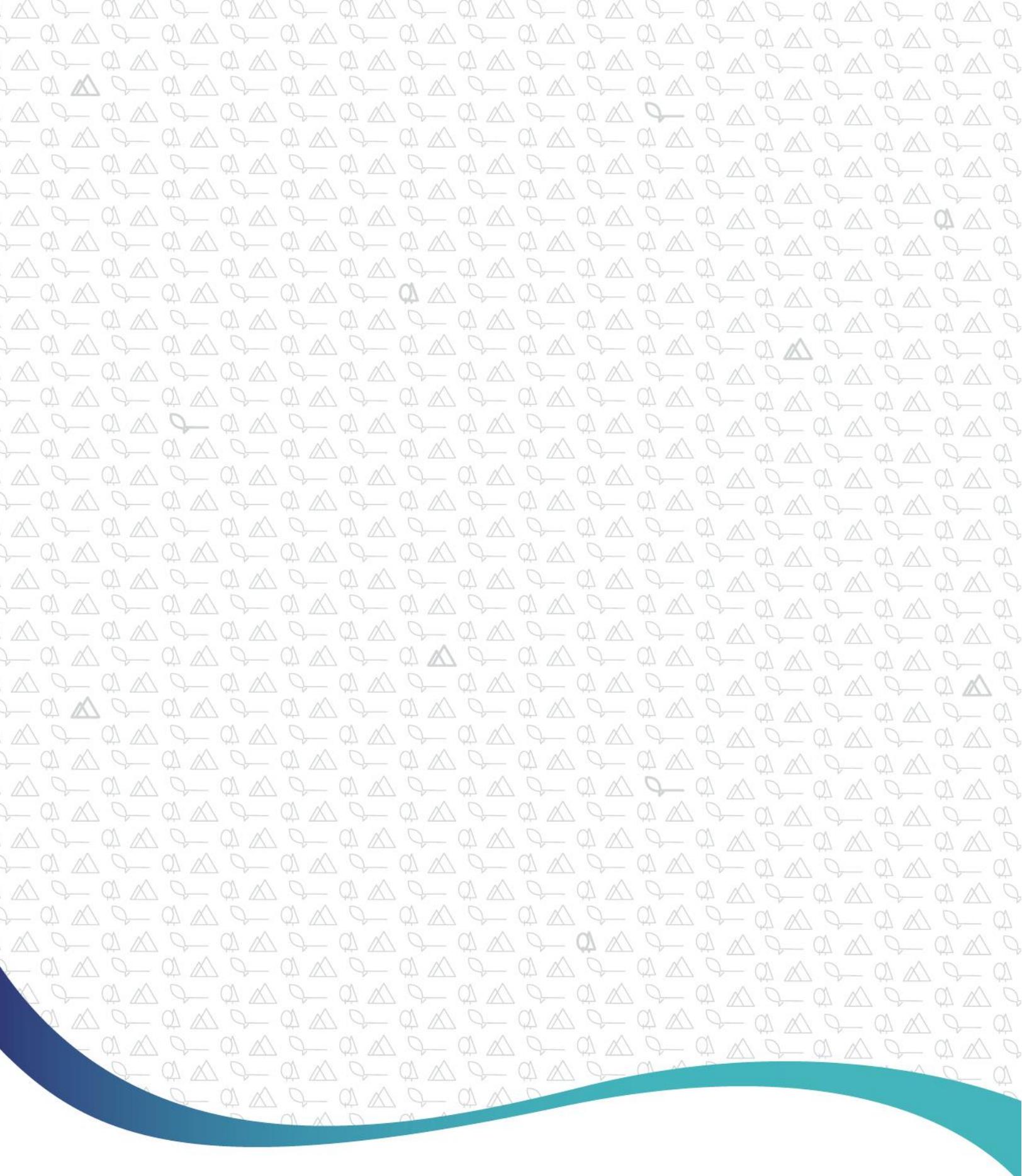
C) Débit (m³/s) à Lasalle



Annexe 4: Température moyenne (°C) de l'eau de la rivière Richelieu mesurée au cours des différents travaux sur le terrain du 11 juin au 5 octobre 2017.



- Reproduction artificielle
- Ensemencements
- Suivi du recrutement
- Recherche de subadultes



**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec 