

# Reproduction artificielle, ensemencements et suivi de la population du chevalier cuirré (*Moxostoma hubbsi*) en 2018

Juin 2021

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS



**Photographie de la page couverture :**

Appareil pharyngien et meule d'un chevalier cuivré, © Alain Beaudoin, reproduction autorisée

La version intégrale de ce document est accessible sur le site Internet suivant :

[mffp.gouv.qc.ca](http://mffp.gouv.qc.ca).

**Pour citer ce document :**

VACHON, N. 2021. Reproduction artificielle, ensemencements et suivi de la population du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2018. Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, Secteur des opérations régionales, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Rapport technique 16-57, viii + 43 p.

© Gouvernement du Québec

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2021

ISBN (PDF) : 978-2-550-89695-1

# Équipe de réalisation 2018

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

**Chargée de projet, coordination, analyse et rédaction :** Nathalie Vachon<sup>1</sup>

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

Sylvain Desloges<sup>1</sup>

Mélissa Lamoureux<sup>1</sup>

Ève Surprenant-Desjardins<sup>1</sup>

Benjamin Barst<sup>2</sup>

Hugo Marchand<sup>2</sup>

Émily Boulanger<sup>2</sup>

## **Capture des géniteurs de chevalier cuirvé en aval du barrage de Saint-Ours**

Sylvain Desloges<sup>1</sup>

Sarah Aubé<sup>3</sup>

Marc-Antoine Couillard<sup>3</sup>

Benjamin Barst<sup>2</sup>

## **Opération de la cage de la passe migratoire**

Mélissa Lamoureux<sup>1</sup>

Ève Surprenant-Desjardins<sup>1</sup>

Sarah Aubé<sup>3</sup>

Marc-Antoine Couillard<sup>3</sup>

Benjamin Barst<sup>2</sup>

Hugo Marchand<sup>2</sup>

Émily Boulanger<sup>2</sup>

## **Fabrication des dilueurs**

Nathalie Vachon<sup>1</sup>

Mélissa Lamoureux<sup>1</sup>

Ève Surprenant-Desjardins<sup>1</sup>

## **Conservation de la laitance sur le terrain**

Nathalie Vachon<sup>1</sup>

## **Conseillère spéciale pour la conservation de la laitance et la cryopréservation**

Sandra Velásquez<sup>4</sup>

## **Désinfection des œufs**

Ève Surprenant-Desjardins<sup>1</sup>

## **Transport des œufs**

Émilie Lapalme<sup>5</sup>

René Houle<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> MFFP, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval

<sup>2</sup> Université McGill

<sup>3</sup> MFFP, Direction de l'expertise sur la faune aquatique

<sup>4</sup> Pêches et Océans Canada

<sup>5</sup> COVABAR, Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu

**Élevage, transport des larves et des juvéniles**  
Personnel de la station piscicole de Baldwin-Coaticook

**Ensemencements**

Mélissa Lamoureux<sup>1</sup>  
Ève Surprenant-Desjardins<sup>1</sup>  
Nathalie Vachon<sup>1</sup>  
Steve Garceau<sup>1</sup>

**Entretien de la collection de laitance**

Mélissa Lamoureux<sup>1</sup>  
Ève Surprenant-Desjardins<sup>1</sup>  
Sandie Janelle<sup>1</sup>

**Cryopréservation de la laitance et fécondation au moyen de laitance cryopréservée**

Nathalie Vachon<sup>1</sup>  
Mélissa Lamoureux<sup>1</sup>  
Ève Surprenant-Desjardins<sup>1</sup>  
Sarah Aubé<sup>3</sup>

**Évaluation postcongélation**

Nathalie Vachon<sup>1</sup>

**Vétérinaire**

D<sup>r</sup> Stéphane Lair<sup>6</sup>

**Suivi du recrutement**

Mélissa Lamoureux<sup>1</sup>  
Sandie Janelle<sup>1</sup>  
Guillaume Canac-Marquis<sup>2</sup>  
Marc-Antoine Couillard<sup>2</sup>  
Nathalie Vachon<sup>1</sup>

**Travail de laboratoire, saisie et validation de données**

Sandie Janelle<sup>1</sup>  
Sylvie Normand<sup>1</sup>  
Mélissa Lamoureux<sup>1</sup>  
Nathalie Vachon<sup>1</sup>  
Guillaume Canac-Marquis<sup>2</sup>

**Montage des écailles et estimation de l'âge**

Sylvie Normand<sup>1</sup>  
Florent Archambault<sup>1</sup>

**Analyses génétiques**

Nathalie Tessier<sup>1</sup>  
Lucie Veilleux<sup>1</sup>

---

<sup>6</sup> Université de Montréal

### **Échantillonnage et identification des mulettes**

Marie-Hélène Fraser<sup>1</sup>  
Mélissa Lamoureux<sup>1</sup>  
Sandie Janelle<sup>1</sup>

### **Personnel ayant apporté un soutien ponctuel dans divers volets des travaux de terrain en juin ou pour l'identification des mulettes**

Huguette Massé<sup>1</sup>  
Gabrielle Tétrault<sup>1</sup>  
Lucie Veilleux<sup>1</sup>  
Chantal Côté<sup>7</sup>  
Florence Douville<sup>1</sup>  
Marie-France Julien<sup>1</sup>  
Florent Archambault<sup>1</sup>  
Carl Patenaude-Levasseur<sup>1</sup>  
Jessica Head<sup>2</sup>  
Vincent Coutu<sup>5</sup>

### **Révision du document**

Marc-Antoine Couillard<sup>3</sup>

### **Mise en page :**

Marie-Claude Fafard<sup>1</sup>

---

<sup>7</sup> Direction de la gestion de la faune de Lanaudière et des Laurentides

# 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 2018-2019 pour l'activité 4.10 : « Reproduction artificielle, ensemencement, suivi du recrutement et caractérisation génétique des captures de chevalier cuivré ».

Ce document fait également office de livrable dans le cadre du permis de recherche et de collecte de l'Agence Parcs Canada n° CSO-2018-28364. 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 18-11) ainsi qu'une autorisation de distribution de médicament d'urgence (DMU) (2018-29167) de Santé Canada. Les travaux couvrant le volet sur les jeunes stades menés par l'Université McGill ont obtenu un certificat de bons soins aux animaux auprès de l'institution et ont été approuvés par l'équipe de rétablissement du chevalier cuivré.

# Résumé

La population de chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), une espèce menacée présente uniquement au Québec, est soutenue par la reproduction artificielle depuis 2004 dans le but de reconstituer le stock reproducteur. Les travaux de reproduction artificielle se sont déroulés entre le 4 et le 27 juin 2018 au lieu historique national du Canal-de-Saint-Ours (passe migratoire Vianney-Legendre). Au total, 23 chevaliers cuivrés (5 femelles, 11 mâles et 7 de sexe indéterminé ou immatures) ont été manipulés en juin 2018. La capture de ces jeunes individus en plus grand nombre en juin témoigne vraisemblablement de la contribution significative des spécimens produits par le programme de reproduction artificielle depuis 2004 puisque de telles observations n'ont jamais eu lieu avant. Ces chevaliers cuivrés de plus petite taille seraient âgés de 4 à 8 ans et pourraient sans doute être issus, du moins en partie, des travaux de reproduction artificielle réalisés entre 2012 et 2014 et potentiellement avant. Ces observations de chevaliers cuivrés subadultes en juin confirmeraient aussi la capacité des individusensemencés à retourner vers les sites de reproduction d'origine (*homing*). L'intégration avec succès de deux très jeunes géniteurs mâles qui ne mesuraient que 505 mm en 2018 est aussi d'un très grand intérêt. Le taux de recapture des géniteurs de chevaliers cuivrés demeure toutefois élevé. En effet, parmi les 15 géniteurs confirmés (5 ♀ et 10 ♂), quatre (27 %) étaient des recaptures (1 ♀ et 3 ♂). Les travaux de recherche et de développement en lien avec la laitance (diluants et cryopréservation) ont été réalisés en continuité avec ceux entrepris depuis 2012 et ont été orientés plus précisément vers l'évaluation des effets des tampons dans la conservation à court et à long terme. La laitance des 10 mâles a pu être congelée dans six traitements qui avaient tous déjà été utilisés antérieurement. En 2018, 41 familles ont été produites auxquelles s'ajoutent 20 familles potentielles produites au moyen de laitance cryopréservée entre 2012 et 2017. Près de 315 000 œufs ont été dénombrés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook. Quelque 117 800 larves ont étéensemencées dans la rivière Richelieu les 10 et 17 juillet 2018 alors que les autres ont été mises dans les neuf étangs de croissance extérieurs (~44 670) et dans trois bassins intérieurs (~8 000) à la station piscicole de Baldwin-Coaticook. Quelque 10 000 fretins ont été relâchés dans la rivière Richelieu le 20 septembre. Contrairement aux années précédentes, les larves produites au moyen de laitance cryopréservée ont été réparties dans tous les étangs puisque leur nombre était moins élevé (~1 500). Le suivi du recrutement a été réalisé uniquement dans le secteur de Saint-Marc (40 stations) entre le 24 et le 28 septembre. Aucun jeune chevalier cuivré de l'année n'a été capturé. Les captures moyennes par unité d'effort de jeunes chevaliers de l'année (toutes espèces confondues) dans le secteur de Saint-Marc ( $1,8 \pm 2,3$  / coup de seine) ont été les plus faibles jamais enregistrées depuis 20 ans. À ces activités s'ajoutait, en 2018, une première année de collaboration avec l'Université McGill dans le cadre d'une étude visant à identifier les contaminants prioritaires et leurs effets potentiels sur les jeunes stades des chevaliers cuivrés et de rivière. Des œufs de ces deux espèces ont pu être produits avec succès pour les besoins de cette étude.

# Table des matières

Équipe de réalisation 2018.....	i
Avant-propos .....	iv
Résumé .....	v
Table des matières .....	vi
Liste des figures.....	vii
Liste des tableaux.....	vii
Liste des annexes.....	viii
1. Introduction et mise en contexte.....	1
2. Méthode.....	3
2.1 Capture des géniteurs.....	3
2.2 Reproduction artificielle.....	3
2.3 Élevage à la station piscicole de Baldwin-Coaticook.....	3
2.4 Fabrication des dilueurs, suivi de la qualité et cryopréservation de la laitance .....	4
2.5 Effets des contaminants sur les jeunes stades .....	4
2.6 Ensemencements .....	5
2.7 Suivi du recrutement.....	5
2.8 Travaux sur les mulettes.....	6
2.9 Travaux de laboratoire .....	6
2.10 Analyses génétiques.....	6
3. Résultats.....	7
3.1 Reproduction artificielle.....	7
3.1.1 Efforts de pêche.....	7
3.1.2 Conditions hydrologiques et thermiques de la rivière Richelieu durant les travaux.....	7
3.1.3 Séquence temporelle et caractéristiques des captures .....	8
3.1.4 Manipulation des géniteurs .....	12
3.1.5 Conservation de la laitance en dilueurs et cryopréservation.....	13
3.1.6 Fécondation, transport, incubation et élevage .....	14
3.1.7 Travaux d'exposition des jeunes stades.....	17
3.1.8 Autres espèces capturées en juin et observations diverses .....	17
3.2 Ensemencements .....	19
3.3 Suivi du recrutement.....	22
3.3.1 Chevaliers.....	22
3.3.2 Autres espèces de poissons .....	24
3.3.3 Mulettes et autres invertébrés .....	24
3.4 Analyses génétiques.....	26
4. Discussion .....	27

4.1 Reproduction artificielle.....	27
4.2 Taux de fécondation et taux de survie œufs-larves.....	28
4.3 Élevage en extensif et en intensif à la station piscicole.....	29
4.4 Ensemencements.....	29
4.5 Captures en juin.....	30
4.6 Diversité : dualité espèces en situation précaire et espèces exotiques et envahissantes.....	30
4.7 Suivi du recrutement.....	31
5. Conclusion.....	32
Recommandations.....	33
Autres travaux en collaboration.....	34
Remerciements.....	34
Partenaires.....	35
Annexes.....	36
Références.....	40

## Liste des figures

Figure 1 : Séquence temporelle et progression des captures (selon le sexe) des 23 chevaliers cuivrés dans la rivière Richelieu en mai et en juin 2018.....	9
Figure 2 : Répartition des chevaliers cuivrés (n = 21) capturés par l'équipe affectée à la reproduction artificielle en 2018 dans les différents engins de pêche et selon le sexe.....	9
Figure 3 : Séquence temporelle des captures de chevaliers cuivrés (n = 23) en mai et en juin 2018 dans les différents engins de pêche et projets.....	10
Figure 4 : Distribution de fréquence de la taille des 23 chevaliers cuivrés capturés en mai et en juin 2018.....	11

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Effort de pêche (heures) et répartition dans le temps des engins utilisés pour la capture de géniteurs et bilan des captures de chevaliers cuivrés par engin en juin 2018.....	7
Tableau 2 : Estimation de l'âge (à partir des écailles) de cinq chevaliers cuivrés capturés en 2018.....	11
Tableau 3 : Nombre d'œufs, de larves et de fretins viables produits en 2018 selon la technique de fécondation et le type d'élevage déterminé à partir des informations transmises par le personnel de la station piscicole de Baldwin-Coaticook.....	16
Tableau 4 : Croissance en taille (longueur totale) et en poids mesurée chez des fretins élevés à la station piscicole en septembre 2018 dans un étang et deux bassins intérieurs.....	17

Tableau 5 : Diversité des espèces de poissons capturées dans les différents engins de pêche au cours des activités de reproduction artificielle du chevalier cuivré en juin 2018.....	18
Tableau 6 : Répartition des larves, des fretins et des individus d'âge 1+ de chevaliers cuivrés aux différents sites d'ensemencement dans la rivière Richelieu en 2018.....	21
Tableau 7: Nombre, abondance relative et capture moyenne par unité d'effort (nombre / coup de seine) de jeunes chevaliers de taille inférieure à 100 mm (jeunes de l'année), selon les rives dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018.....	23
Tableau 8 : Abondance des différentes espèces de chevaliers par classe de taille (LT) (individus de taille supérieure à 100 mm), capturés dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018.....	23
Tableau 9 : Croissance en taille des jeunes chevaliers de l'année (LT < 100 mm) capturés dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018.....	24
Tableau 10 : Diversité des espèces de poissons capturés à la seine de rivage dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018.....	25
Tableau 11 : Liste des espèces de mulettes, statuts et liste des autres invertébrés trouvés à la seine de rivage dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018.....	26

## Liste des annexes

Annexe 1 : Caractéristiques des engins de pêche utilisés en 2018.....	36
Annexe 2 : Profils préliminaires des données du niveau d'eau (m) et du débit (m <sup>3</sup> /s) de la rivière Richelieu aux stations des rapides de Fryers et à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu de mars à novembre (trait rouge = valeur de 2018, trait vert = valeur médiane historique, trait gris = valeur maximale historique).....	37
Annexe 3 : Profils préliminaires des données du niveau d'eau (m) et du débit (m <sup>3</sup> /s) du fleuve Saint-Laurent aux stations du lac Saint-Louis (Pointe-Claire) et à Lanoraie de mars à novembre (trait rouge = valeur de 2018, trait vert = valeur médiane historique, trait gris = valeur maximale historique).....	38
Annexe 4 : Température moyenne quotidienne (°C) de l'eau de la rivière Richelieu enregistrée au cours des différents travaux de terrain réalisés du 1 <sup>er</sup> juin au 28 septembre 2018.....	39

# 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 (Comité d'intervention, 1995; La Haye et Huot, 1995). Depuis 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). Comme le prévoit le processus de désignation des espèces en situation précaire au Canada, qui recommande une révision des statuts tous les dix ans, celui du chevalier cuivré a été évalué de nouveau 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 des activités de reproduction artificielle depuis 2004 par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. La reproduction artificielle vise à reconstituer le stock reproducteur de la seule population mondiale de chevaliers cuivrés. L'objectif est de produire annuellement 500 000 larves et 15 000 fretins appartenant à 100 familles<sup>8</sup> dans le but de reconstituer une population de 4 000 individus matures sur une période de 20 ans. Cette action est réalisée en vertu d'un plan de reproduction 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 1997. Cet échantillonnage est aujourd'hui retenu comme indice de performance des mesures de conservation et de soutien de la population de chevaliers cuivrés, incluant 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).

Ces travaux touchent deux des cinq objectifs définis 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 5 :** Réaliser un suivi régulier de l'état de la population.

## **Étude sur les effets des contaminants sur les jeunes stades de chevaliers cuivrés et de rivière (collaboration avec l'Université McGill)**

À ces activités s'ajoute une première année de collaboration dans le cadre d'une étude visant à identifier les contaminants prioritaires et leurs effets potentiels sur les jeunes stades du

---

<sup>8</sup> L'ensemble des rejetons issus du croisement d'un mâle et d'une femelle constitue une famille.

chevalier cuivré et de rivière (*Moxostoma carinatum*). Ces travaux sont directement reliés à un autre objectif inscrit dans les documents de rétablissement cités précédemment :

**OBJECTIF 1** : Améliorer les conditions d'habitat requises pour la réalisation de l'ensemble des étapes du cycle vital afin d'assurer la survie et le rétablissement du chevalier cuivré.

Cette étude, également financée par le MPO, a été entreprise par D<sup>re</sup> Jessica Head, de l'Université McGill, D<sup>r</sup> Benjamin Barst, chercheur postdoctoral, et un étudiant à la maîtrise à la même université, en collaboration avec D<sup>re</sup> Magalie Houde, chercheure à Environnement et Changement climatique Canada, et D<sup>r</sup> Jianguo (Jeff) Xia, assistant professeur à l'Institut de parasitologie au Département des sciences animales de l'Université McGill. Le MFFP assure la manipulation des géniteurs et des gamètes afin de produire des œufs de ces deux espèces aux fins de cette étude, participe étroitement à la planification du projet et offre un soutien logistique et technique pour certains volets des travaux de terrain.

## 2. Méthode

### 2.1 Capture des géniteurs

Les pêches ont débuté le 4 juin 2017 et se sont poursuivies jusqu'au 27 juin sans interruption. Elles visaient essentiellement la capture de géniteurs des deux espèces (chevaliers cuivrés et de rivière) en utilisant un filet maillant (mailles de 5 pouces) placé dans le bassin d'entrée (B-17) ainsi que par la manipulation de la cage de la passe migratoire Vianney-Legendre (une ou deux levées par jour). Des pêches aux filets maillants ont aussi été réalisées au bief aval du barrage de Saint-Ours à partir du 8 juin en après-midi jusqu'au 27 juin en avant-midi (sauf les 17 et 24 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)<sup>9</sup> qui comprennent, entre autres, la garde en captivité des géniteurs, l'administration d'hormone ainsi que la désinfection des œufs aux iodophores par trempage lors du durcissement (prévention de la SHV). Comme dans les années précédentes, le suivi de la température de l'eau durant les activités a été assuré par deux thermographes installés dans les bassins de rétention des géniteurs. Les données étaient enregistrées sans interruption toutes les 30 minutes. Comme l'exige Santé Canada depuis 2015, une demande d'autorisation de distribution de médicament d'urgence (DMU<sup>10</sup>) a été soumise auprès de ce ministère et acceptée pour l'usage de l'Ovaprim<sup>TM</sup>, médicament (hormone) non encore homologué pour usage chez le poisson au Canada<sup>11</sup>, qui est employé pour stimuler la maturation finale des gamètes chez les chevaliers cuivrés et de rivière.

À chacune des frayes des femelles, lorsque la quantité d'ovocytes libérés était suffisante, une partie de ceux-ci ont été fécondés par de la laitance préservée dans l'azote liquide entre 2012 et 2017 pour maximiser le nombre de croisements. Dans tous les cas, les œufs produits au moyen de cette technique sont conservés séparément de ceux produits par la laitance fraîche et sont envoyés à la station piscicole où ils sont incubés séparément des autres selon les mêmes méthodes.

Comme l'année dernière, les œufs ont été transportés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook par du personnel du COVABAR (Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu) qui était sur appel ainsi que par un membre du personnel de la Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval. Un protocole a été produit afin d'encadrer adéquatement et sécuritairement cette étape.

### 2.3 Élevage à la station piscicole de Baldwin-Coaticook

Les œufs ont été incubés dans les bouteilles de Midland. Ceux produits au moyen de fécondations avec de la laitance cryopréservée ont été maintenus séparément des autres (produits au moyen de laitance en dilueurs), jusqu'à la mise en charge des étangs. Les neuf

---

<sup>9</sup> En 2018, comme dans toutes les années précédentes, la taille des poissons est une longueur totale (LT) mesurée en compressant la nageoire caudale pour obtenir la taille maximale (LT max).

<sup>10</sup> En vertu des articles C.08.010 et C.08.011 du Règlement sur les aliments et drogues de Santé Canada. DMU 2018-29167.

<sup>11</sup> L'efficacité, l'innocuité et la qualité de ce médicament n'ont pas été évaluées par la Direction des médicaments vétérinaires.

étangs d'élevage extérieurs de la station piscicole ont été mis en charge en juillet. Comme l'année dernière, des essais d'élevage en intensif (bassins intérieurs) ont été faits à la station piscicole. En 2018, contrairement aux années antérieures, aucun étang n'a été réservé pour l'élevage exclusif des chevaliers cuivrés produits au moyen de la laitance cryopréservée. Ceux-ci ont été dispersés dans tous les étangs extérieurs.

## 2.4 Fabrication des dilueurs, suivi de la qualité et cryopréservation de la laitance

Les travaux de recherche et de développement ont été réalisés en continuité avec ceux des deux dernières années, car les essais avaient été très limités dans les années antérieures en raison du très faible nombre de mâles. Ainsi, les efforts ont surtout porté sur la vérification des effets des deux différents tampons (Bicine et Hepes), plus précisément dans la congélation, alors que dans tous les cas, une osmolalité autour de 325 mosmols/kg et un pH autour de 8,2 à la température de la pièce étaient recherchés lors de la fabrication des dilueurs.

Quatre dilueurs, soit le RATH et le HBSS en combinaison avec les tampons Hepes ou Bicine, ont été fabriqués. Aucun essai à l'aide de solution diluée à partir des solutions-mères pour en réduire l'osmolalité n'a été réalisé. La mesure des courbes de congélation dans les contenants de conservation à sec au LN<sub>2</sub><sup>12</sup> a été poursuivie pour améliorer nos connaissances générales et connaître le comportement du nouvel équipement acquis par le ministère en 2015.

Les paramètres de qualité de la laitance (taux et durée de motilité, vitesse) sont évalués à chaque prélèvement par une évaluation subjective après l'activation décrite dans Vachon et coll. (2019). Le suivi de la qualité de la laitance conservée en dilueurs au réfrigérateur est assuré au quotidien pour chacun des mâles au moyen des mêmes paramètres et suivant la même méthode. Cette dernière évaluation est complétée par une estimation des taux de gélatinisation, de motilité et de vibration des spermatozoïdes avant l'activation. Ce suivi permet également de procéder à l'oxygénation des flacons qui doit être réalisée deux fois par jour. Comme c'est le cas depuis 2012, lorsqu'un mâle est coulant (stade 5) à la capture, une faible quantité de laitance a été prélevée avant l'induction afin de faire une première évaluation des paramètres de base de 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. La motilité postcongélation de la laitance congelée dans tous les traitements utilisés en 2018 a été évaluée à partir d'un sous-échantillon de plusieurs mâles (Vachon et coll., 2019).

En 2018, les efforts par rapport au développement de la cryopréservation ont surtout été orientés vers l'élaboration de plans de congélation en fonction de différentes abondances de géniteurs, la conception d'outils pour faciliter le travail de préparation des congélations ainsi que le développement de l'expertise technique pour assister la mise en dilueurs et la congélation de la laitance sur le terrain. Des efforts ont aussi été investis pour raffiner les techniques et les manipulations au cours des fécondations réalisées avec la laitance cryopréservée en vue de faciliter leur utilisation rapide et efficace sur le terrain.

## 2.5 Effets des contaminants sur les jeunes stades

La capture des géniteurs de chevalier de rivière a été faite à même les efforts déjà planifiés pour le chevalier cuivré. Les chevaliers de rivière ont été reproduits artificiellement suivant des techniques comparables à celles du chevalier cuivré. Comme prévu, un sous-échantillon d'œufs (≈ 1000) de chaque espèce a été remis à l'Université McGill dans le cadre de la collaboration

---

<sup>12</sup> *Dry-shipper*.

avec cette institution. Ces œufs ont été incubés sur place dans un système conçu précisément pour cette expérience (voir les détails dans Marchand et coll., 2018).

## 2.6 Ensemencements

Les ensemencements ont eu lieu le 10 et le 17 juillet (larves) et le 20 septembre (fretins) en embarcation dans la rivière Richelieu dans les secteurs de Saint-Marc, de Saint-Ours et de Saint-Mathias. Comme les frayes étaient relativement espacées, les ensemencements de larves ont été décalés afin de s'assurer que celles produites plus tardivement auront résorbé leur sac vitellin suffisamment et développé leurs nageoires pour avoir un comportement natatoire minimal pour survivre dans les habitats d'alevinage où elles sont ensemencées.

En 2018, pour limiter les mortalités de larves dans le coffre de transport (par collement aux parois et au couvercle), celles-ci ont été mises en boudins (sac de plastique oxygéné) pour le transport. Le personnel de la station piscicole s'est assuré que la progéniture de chacune des femelles était répartie dans chacun des boudins<sup>13</sup>. Cette façon de faire est essentielle pour assurer la distribution des différentes familles dans l'ensemble du territoire. Tous les rejets produits au moyen de laitance cryopréservée ont été conservés à la station piscicole et ensemencés en septembre.

De plus, comme la chaleur était accablante lors des ensemencements de larves, la température de l'eau dans les boudins a été abaissée pour le transport de la station piscicole vers les sites d'ensemencement afin d'éviter le réchauffement excessif. Des précautions ont été prises pour éviter les coups de chaleur (stationnement à l'ombre) et de la glace était disponible pour refroidir l'eau au besoin. Dans l'embarcation, les boudins ont été conservés dans le bac habituel rempli d'eau de la rivière Richelieu. Les boudins étaient ouverts, un à la fois, seulement au moment de la remise à l'eau. Les fretins ont été transportés dans le coffre du camion comme dans les années antérieures.

## 2.7 Suivi du recrutement

Le suivi du recrutement des chevaliers par la capture de jeunes de l'année au moyen d'une seine de rivage montréalaise (Annexe 1) a eu lieu entre le 24 et le 28 septembre dans le secteur de Saint-Marc (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 sont mesurés, pesés et subissent un examen DELT avant d'être remis à l'eau. Au besoin, un échantillon de tissu de 1 cm<sup>2</sup> est prélevé sur la nageoire pectorale droite et préservé dans l'éthanol 95 %. Un tri préalable des jeunes chevaliers de l'année est réalisé sur le terrain. Ces derniers sont préservés dans l'éthanol 95 % séparément pour assurer une meilleure qualité des tissus des autres poissons de petite taille qui sont également préservés dans l'éthanol 95 %. Tous les individus des autres espèces en situation précaire sont mesurés sur le terrain et un échantillon de tissu (nageoire pectorale) est prélevé avant leur remise à l'eau. En 2018, les tanches (*Tinca tinca*) de grande taille ont été pesées, mesurées et sexées puis éviscérées sur le terrain avant d'être remises à l'eau en zone plus profonde. Les tanches de plus petite taille (LT ≤ 200 mm) ont été mesurées sur le terrain puis conservées dans l'éthanol 95 % avec les autres poissons. Ces données, comme celles des années antérieures, sont mises à contribution dans une autre étude sur la tanche. La caractérisation de l'habitat s'est limitée, en 2018, à l'évaluation globale du couvert végétal ainsi qu'à la prise de la température de l'eau aux sites de pêche.

---

<sup>13</sup> Contrairement aux premières années, où les larves étaient transportées en boudins (entre 2004 et 2009), la progéniture d'une femelle était mise dans un seul boudin (exceptionnellement deux boudins si le nombre était élevé).

## 2.8 Travaux sur les moules

Comme en 2017, un échantillonnage systématique, selon un protocole établi par Marie-Hélène Fraser, biologiste responsable des moules à la Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, a été intégré aux travaux de suivi du recrutement. Ces travaux impliquaient la recherche active de moules vivantes ou de coquilles mortes récentes. Des données environnementales ont été prises aux sites de recherche de moules. Les moules vivantes les plus communes étaient identifiées, photographiées et dénombrées sur place puis remises à l'eau alors que les autres ont été ramenées au laboratoire aux fins d'identification et de prélèvement de tissus pour d'éventuelles analyses génétiques. Les moules mortes étaient également identifiées et dénombrées, puis les coquilles étaient rapportées au besoin au laboratoire.

## 2.9 Travaux de laboratoire

Tous les jeunes chevaliers de l'année sont identifiés à l'espèce par des critères morphologiques et méristiques en plus d'être 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 ainsi que chez d'autres individus qui sont plus atypiques en vue de déceler d'éventuels cas d'hybridation ou pour en confirmer l'identification lorsque le spécimen est de mauvaise qualité. Dans ce dernier cas, si la longueur totale ne pouvait pas être mesurée, la longueur standard l'a été afin de permettre de calculer la longueur totale grâce aux équations présentées dans Vachon (1999). À l'exception des espèces plus rares, pour lesquelles les individus sont pesés et mesurés individuellement, tous les autres poissons ont été identifiés la plupart du temps à l'espèce (sauf exception), dénombrés, puis pesés en groupe.

## 2.10 Analyses génétiques

Ces travaux consistent 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 est présentée dans Vachon (*en préparation*). Les échantillons analysés incluent tous les individus capturés au cours des activités de reproduction artificielle et du suivi du recrutement.

## 3. Résultats

### 3.1 Reproduction artificielle

#### 3.1.1 Efforts de pêche

Les efforts de capture ont été déployés entre le 4 et le 27 juin sans interruption au moyen de trois méthodes. Tous les types de pêche ont permis de capturer des chevaliers cuivrés et de rivière. Le filet a été installé dans le bassin d'entrée de la passe migratoire (B-17) entre le 4 et le 27 juin. Durant les premiers jours, les efforts étaient toutefois faibles, car le filet s'accrochait très fréquemment dans le bassin (B-17). Les pêches au bief aval de Saint-Ours couvraient les sites les plus propices pour la capture de chevaliers cuivrés en fonction de la connaissance des sites de fraye, de l'observation de sauts et des conditions hydrologiques locales qui prévalaient au moment des pêches. De 4 à 8 filets ont été installés en simultanément tous les jours entre le 8 et le 27 juin (sauf les 17 et 24 juin) et étaient visités en continu. La cage, située à la sortie de la passe migratoire, a été levée à 40 reprises (une ou deux levées par jour) entre le 4 et le 27 juin et a été remise le 28 juin (Tableau 1). Des efforts de pêche supplémentaires (filets maillants de 4 et 5 pouces), par des collègues du MFFP travaillant sur le bar rayé (*Morone saxatilis*), ont été déployés aux dates suivantes au bief aval du barrage de Saint-Ours : 28, 30 et 31 mai et 1, 7 et 8 juin ainsi que les 5 et 6 juin à la frayère de Chambly (D. Hatin, biologiste MFFP, communication personnelle).

**Tableau 1** : Effort de pêche (heures) et répartition dans le temps des engins utilisés pour la capture de géniteurs et bilan des captures de chevaliers cuivrés par engin en juin 2018

Engin	Période	Effort (heures)	Nombre de chevaliers cuivrés capturés <sup>2</sup>
<b>Filet maillant dans le B-17</b>	4 au 27 juin	180,0	13 (3 ♀+6 ♂+4 Ind.)
<b>Cage de la passe migratoire<sup>1</sup></b>	4 au 27 juin	567,8	3 Ind.
<b>Filets installés au bief aval de Saint-Ours (en embarcation)</b>	8 au 27 juin (exception des 17 et 24 juin)	466,9	5 (2 ♀+3 ♂)

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

<sup>2</sup>La répartition des captures selon le sexe est inscrite entre parenthèses : F : ♀, M : ♂ et Ind : sexe indéterminé (immature ou non en fraye).

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

Tant les débits que les niveaux de la rivière Richelieu en 2018 (enregistrés respectivement aux rapides de Fryers et à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu) étaient légèrement supérieurs aux valeurs médianes historiques au cours du mois de mai. Au début du mois de juin, les valeurs de ces paramètres frôlaient les médianes historiques et ont suivi la courbe de la tendance

historique tout en étant légèrement inférieures durant les trois dernières semaines de juin. Ainsi, dans l'ensemble, les débits ont varié approximativement entre 625 et 350 m<sup>3</sup>/s en juin alors que les niveaux enregistrés étaient de l'ordre de 29,4 à 28,9 m (Annexe 2).

Il est important toutefois de garder à l'esprit 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, le portrait diffère légèrement dans le fleuve Saint-Laurent alors que les niveaux enregistrés au lac Saint-Louis (Pointe-Claire) et à Lanoraie ont été supérieurs aux valeurs historiques médianes de mai à juillet, et que les débits mesurés à LaSalle ont été légèrement supérieurs durant presque toute la saison, soit du mois de mai jusqu'au début du mois d'octobre (Annexe 3). Ce portrait est cependant très différent de celui de 2017 où des conditions de crues exceptionnelles ont prévalu dans le fleuve Saint-Laurent.

La température moyenne quotidienne de l'eau de la rivière Richelieu, calculée à partir des données mesurées toutes les 30 minutes par le thermographe n° 29 installé dans le bassin de rétention de géniteurs n° 1, a varié entre 16,7 °C et 22,3 °C en juin 2018 (Annexe 4).

### 3.1.3 Séquence temporelle et caractéristiques des captures

#### Chevalier de rivière

Les géniteurs de chevalier de rivière, utilisés pour produire des œufs aux fins de l'étude sur les effets des contaminants sur les jeunes stades, ont été capturés dès le début des travaux, soit entre le 4 et le 8 juin dans le filet installé dans le bassin d'entrée de la passe migratoire (B-17). En tout, neuf chevaliers de rivière ont été manipulés, soit cinq femelles (capturées les 4, 5 et 8 juin) et quatre mâles (capturés les 5 et 7 juin). Toutes les génitrices de chevalier de rivière étaient de taille (longueur totale) supérieure à 600 mm ( $616 \text{ mm} \leq \text{LT} \leq 703 \text{ mm}$ ) alors que les mâles mesuraient entre 523 et 606 mm (LT).

#### Chevalier cuivré

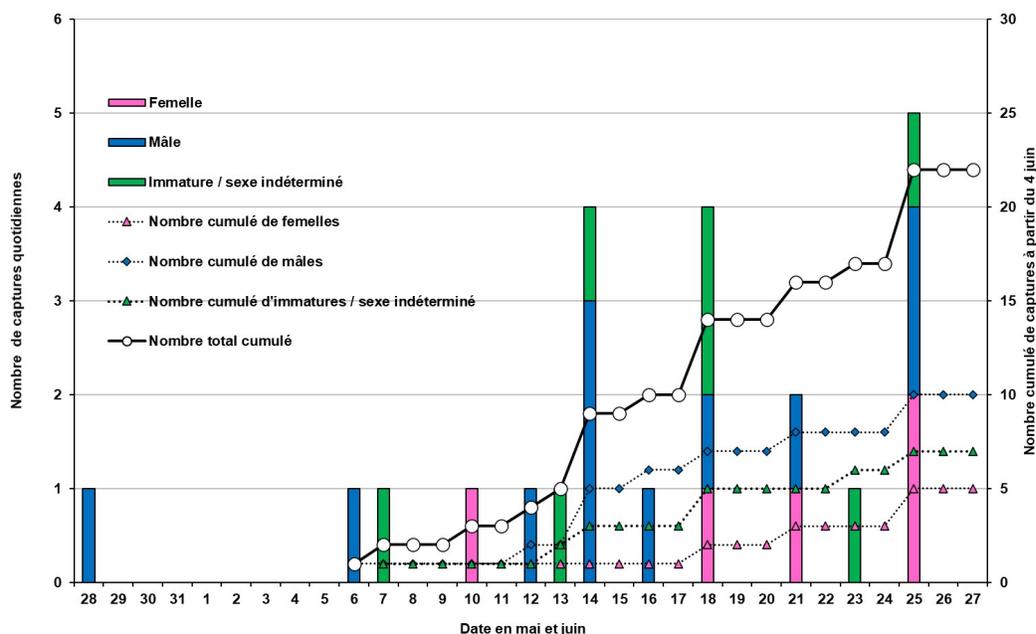
L'équipe affectée à la reproduction artificielle a capturé 21 chevaliers cuivrés, soit 5 femelles, 9 mâles et 7 de sexe indéterminé, durant la période comprise entre le 4 et le 27 juin. À ce nombre s'ajoute un chevalier cuivré capturé au filet maillant au bief aval du barrage de Saint-Ours le 28 mai par des collègues du MFFP<sup>14</sup> qui travaillaient sur le bar rayé. Cet individu, un mâle de 518 mm (LT), a été remis à l'eau le lendemain après avoir été manipulé, et ce, en raison de la date hâtive de sa capture et du fait qu'il ne présentait pas de signes de maturation avancée (non coulant, abdomen ferme et pore urogénital peu développé). Un chevalier cuivré mâle a été capturé le 6 juin (LT = 617 mm) par cette même équipe qui travaillait au bassin de Chambly. Ce mâle a été transporté de façon sécuritaire à Saint-Ours et a été intégré avec succès au programme de reproduction artificielle. Ainsi, au total, 23 chevaliers cuivrés ont été manipulés en juin 2018.

Une proportion importante de chevaliers cuivrés (43 %, 10 individus sur 23) a été capturée avant le 15 juin. Les mâles et les immatures ont été capturés au cours de l'ensemble de la période (6-7 au 25 juin) alors que la première capture d'une femelle est survenue le 10 juin (Figure 1). En 2018, 62 % (n = 13) des captures de chevaliers cuivrés provenaient du filet installé dans le B-17, 24 % (n = 5) venaient des filets installés au bief aval et 14 % (n = 3), de la cage de la passe migratoire. Les immatures provenaient uniquement des deux engins de

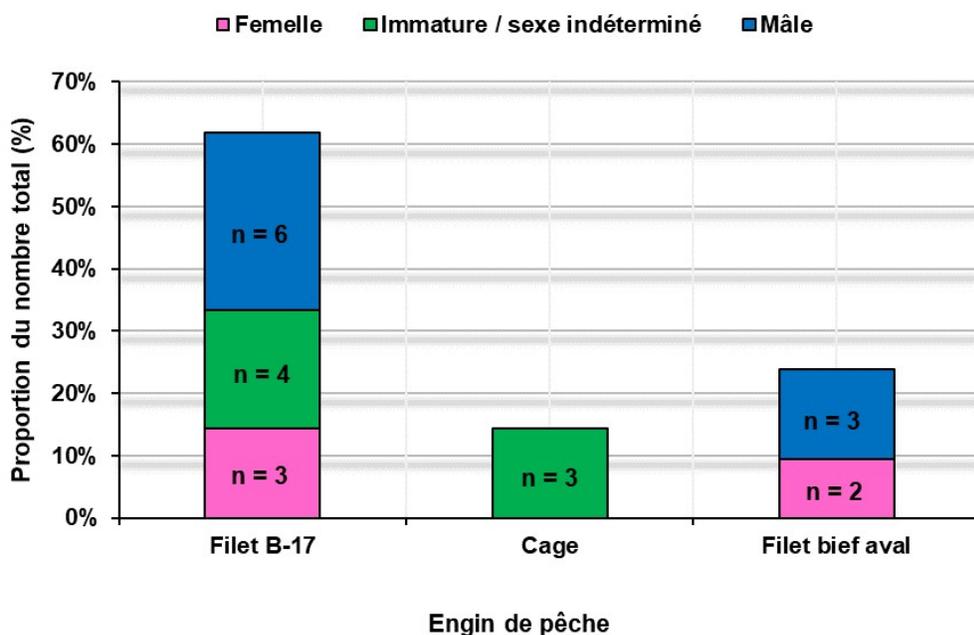
---

<sup>14</sup> Équipe de Daniel Hatin, biologiste, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval.

capture associés à la passe migratoire (B-17 et cage) et représentent le tiers des captures en 2018 (Figure 2).



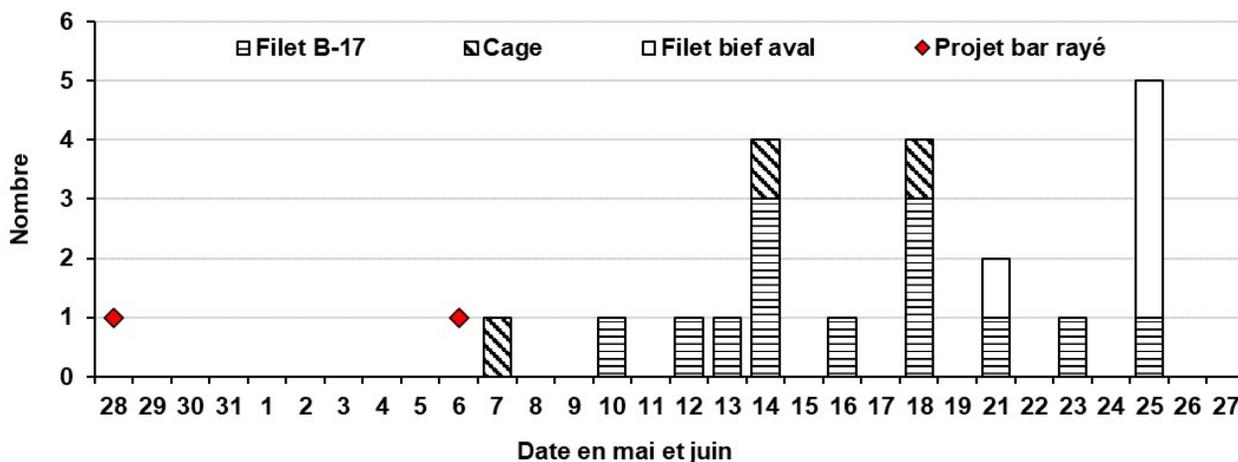
**Figure 1** : Séquence temporelle et progression des captures (selon le sexe) des 23 chevaliers cuivrés dans la rivière Richelieu en mai et en juin 2018<sup>15</sup>



**Figure 2** : Répartition des chevaliers cuivrés (n = 21) capturés par l'équipe affectée à la reproduction artificielle en 2018 dans les différents engins de pêche et selon le sexe

<sup>15</sup> Tous les individus proviennent du secteur aval de Saint-Ours sauf le mâle du 6 juin qui a été capturé au bassin de Chambly.

Au début de la saison, les chevaliers cuivrés ont été capturés principalement dans la cage ainsi que dans le filet installé dans le B-17 de la passe migratoire alors que, durant la dernière semaine, plusieurs captures ont été enregistrées dans les filets installés au bief aval de Saint-Ours (Figure 3).



**Figure 3 :** Séquence temporelle des captures de chevaliers cuivrés (n = 23) en mai et en juin 2018 dans les différents engins de pêche et projets

En dépit d'un effort en continu, les captures de chevaliers cuivrés ont été presque systématiquement effectuées selon une alternance de journées avec ou sans prise (Figure 3). Les captures de mâles et d'immatures sont bien réparties dans l'ensemble de la période. La première femelle (n° 9108<sup>16</sup>) a été capturée le 10 juin tandis que les quatre autres ont été prises plus d'une semaine plus tard, soit entre le 18 et le 25 juin, alors que la première femelle avait déjà frayé et été remise à l'eau le 15 juin (Figure 1).

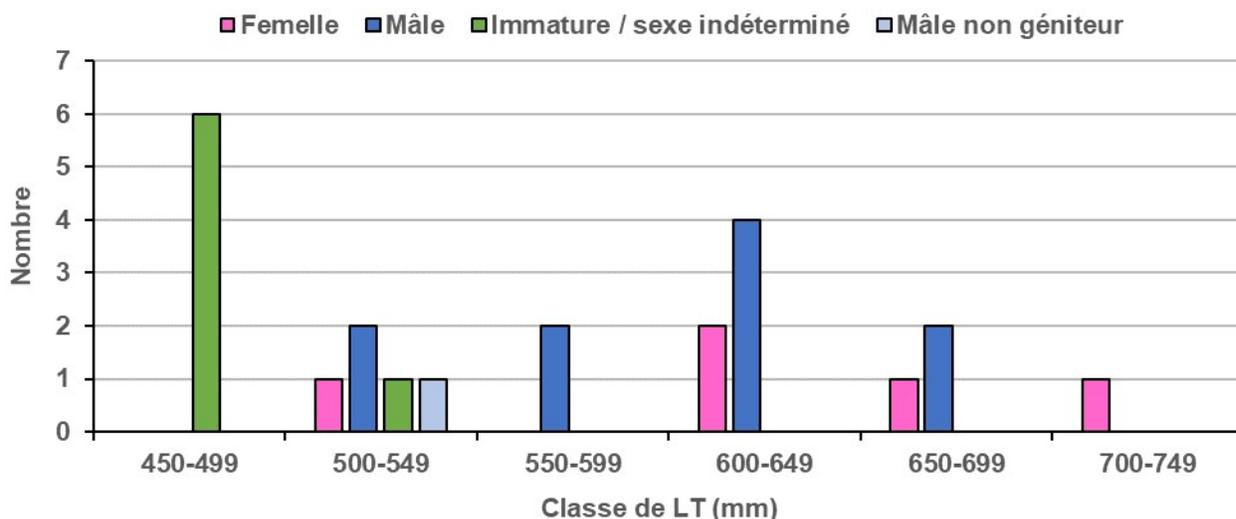
L'étendue des tailles des chevaliers cuivrés immatures marqués (n = 7) et remis à l'eau varie entre 476 et 515 mm. La taille (LT) de trois des cinq femelles se situait entre 600 et 699 mm. À ces dernières s'ajoutent la plus jeune, qui mesurait 543 mm, et la plus âgée dont la taille était de 720 mm et le poids de 6,05 kg. Il s'agit probablement du chevalier cuivré de plus grande taille jamais capturé à ce jour. La taille (LT) des géniteurs mâles de 2018 (n = 10) variait entre 505 et 691 mm (Figure 4).

Parmi les géniteurs de 2018 (15 au total), quatre (trois mâles et une femelle) étaient des recaptures, ce qui représente un taux de recapture de 27 %. Deux des trois mâles recapturés étaient des géniteurs des années antérieures, soit le seul mâle capturé en 2014 ainsi qu'un mâle de 2012. Le troisième mâle avait été capturé en 2009 au cours des travaux de reproduction artificielle, mais avait été remis à l'eau sans être intégré au programme. Le quatrième individu connu (recapture) est une femelle qui avait déjà participé au programme de reproduction artificielle en 2013.

Des écailles ont été prélevées chez quelques individus afin d'estimer leur âge. Il est important de préciser que les écailles ne sont pas les meilleures structures pour estimer l'âge des catostomidés, notamment lorsque leur taille est supérieure à 500 mm (risques élevés de sous-estimation). L'âge estimé de cinq chevaliers cuivrés (479 mm ≤ LT ≤ 598 mm) capturés en 2018 au moyen de cette méthode variait entre 4 et 8 ans (Tableau 2). Il est très important de considérer les estimations des âges chez les deux individus dont la taille est supérieure à

<sup>16</sup> Quatre derniers chiffres ou lettres de la micropuce.

500 mm à titre indicatif seulement car les risques de sous-estimation de l'âge en utilisant les écailles chez des chevaliers à ces tailles sont très élevés. Des observations particulières ont été faites sur les écailles récoltées chez deux de ces individus, soit celui capturé le 28 mai (LT = 518 mm) et celui du 25 juin (LT = 479 mm). Contrairement aux autres, leurs écailles présentaient un premier annulus large suivi d'annuli serrés par la suite. Ces caractéristiques pourraient être un indice qui permettrait de distinguer leur provenance. Les analyses génétiques d'assignation parentale permettront peut-être d'apporter des informations complémentaires.



**Figure 4** : Distribution de fréquence de la taille des 23 chevaliers cuivrés capturés en mai et en juin 2018

**Tableau 2** : Estimation de l'âge (à partir des écailles) de cinq chevaliers cuivrés capturés en 2018

Date de capture	LT (mm)	Sexe	Estimation de l'âge (années) <sup>2</sup>
28 mai	518,0	Mâle	6
<i>21 juin</i>	<i>596,0</i>	<i>Mâle</i>	<i>6 à 7</i>
23 juin	484,0	Indéterminé/immature	4 à 6
25 juin	479,0	Indéterminé/immature	6 ou 7
<i>24 septembre<sup>1</sup></i>	<i>598,0</i>	<i>Indéterminé</i>	<i>7 ou 8</i>

<sup>1</sup> Individu capturé au cours du suivi du recrutement 2018.

<sup>2</sup> Les écarts représentent les différences entre les lectures et les estimateurs.

Les données en italiques sont présentées à titre indicatif seulement

### 3.1.4 Manipulation des géniteurs

#### Chevalier de rivière

Les chevaliers de rivière et les chevaliers cuivrés répondent de façon assez similaire au traitement hormonal (Ovaprim™). Il existe cependant quelques différences relatives à certains éléments lors des manipulations pour la reproduction artificielle chez le chevalier de rivière par rapport à son congénère. Par exemple, la durée d'anesthésie est généralement plus courte, l'évaluation de la maturation des gonades chez les femelles diffère par rapport au chevalier cuivré et est plus subtile par la palpation abdominale. L'observation de l'évolution du pore urogénital est aussi fort différente (évolue très peu ou pas du tout chez le chevalier de rivière).

Tous les mâles étaient spermiant à la capture sauf un (LT = 590 mm) qui, d'ailleurs, n'a pas répondu au traitement hormonal. Sa laitance était de mauvaise qualité et cet individu semblait moins bien tolérer la garde en captivité. Les chevaliers de rivière mâles ont été gardés en captivité entre 2 et 5 jours alors que les femelles ont séjourné entre 4 et 8 jours dans les bassins. Entre deux et quatre prélèvements de laitance ont été effectués chez les chevaliers de rivière.

La fraye des femelles pour les besoins de l'étude de l'Université McGill a été réalisée le 9 juin. Une fraction de la progéniture du croisement entre la femelle n° 8530 et le mâle n° 8228 a été conservée pour les besoins de cette étude. Tous les géniteurs ont été remis à l'eau en bon état à 3 km en amont du barrage de Saint-Ours. Le surplus des œufs produits a étéensemencé à l'abri dans des secteurs peu profonds en rive gauche de l'île Darvard.

#### Chevalier cuivré

Les travaux de reproduction artificielle du chevalier cuivré comptaient 15 géniteurs en 2018, soit 10 mâles et 5 femelles. Tous ces géniteurs ont été manipulés avec succès, c'est-à-dire que des gamètes ont pu être obtenus de tous ces individus et que des fécondations fructueuses ont pu être réalisées. Les femelles ont été gardées en captivité entre 2 et 6 jours alors que, chez les mâles, la période a varié entre 3 et 18 jours. Entre deux et sept prélèvements de laitance ont été effectués chez les chevaliers cuivrés en 2018.

À l'exception de celui trouvé dans les filets au bief aval du barrage de Saint-Ours le 28 mai, tous les mâles capturés en 2018, même les plus jeunes, étaient spermiant (stade 5A ou 5B<sup>17</sup>) dès la capture, y compris celui provenant de Chambly capturé le 6 juin et transporté à Saint-Ours. Deux des mâles (n° 2866 et n° 6767) étaient très jeunes (LT = 505 mm, poids de 2,18 et de 2,3 kg). Ces derniers ont assez bien répondu au traitement hormonal. Le volume de laitance récolté chez ces jeunes géniteurs demeure toutefois toujours plus faible que chez les individus plus âgés, mais a été suffisant pour réaliser des fécondations. Un autre mâle (n° 0896) était aussi relativement jeune (LT = 551 mm, poids de 2,97 kg). Bien que ce dernier ait été spermiant à la capture, le volume du premier prélèvement était petit (~ 1 ml), la première évaluation de sa laitance montrait une qualité plus faible que chez les autres mâles (taux et durée de motilité respectivement de 50 % et 8 secondes) et l'examen au microscope montrait une proportion d'environ 10 % de spermatozoïdes immatures. Trois jours après la première induction, ce mâle était très spermiant, la qualité de sa laitance s'était nettement améliorée (95 %, 14 secondes) et aucune cellule immature n'a été observée.

Les frayes chez les chevaliers cuivrés ont été réalisées entre le 15 et le 27 juin, journée où les trois dernières femelles ont frayé. Une fraction de la progéniture (~ 1 000 œufs) du croisement réalisé le 15 juin entre la femelle n° 9108 et le mâle n° 0217 a été utilisée pour les besoins de l'étude de l'Université McGill. Quatre chevaliers cuivrés (deux mâles et deux femelles) ont été

---

<sup>17</sup> Stades de maturité inspirés de la charte de Nikolsky (1963). Stade 5 (en reproduction) : 5A : la laitance est expulsée en réponse à une très légère pression abdominale; 5B : la laitance s'écoule sans pression abdominale.

remis à l'eau à 3 km en amont du barrage de Saint-Ours. Tous les autres poissons ont été remis à l'eau sur la frayère de Saint-Ours après le retrait de tous les engins de pêche à la fin des travaux. Seuls deux mâles ont été maintenus en captivité jusqu'au lendemain afin de permettre une séance de congélation de leur laitance avant de les libérer, car ces derniers ont été capturés plus tardivement.

### 3.1.5 Conservation de la laitance en dilueurs et cryopréservation

Les quatre dilueurs fabriqués en 2018 ont été testés chez les deux espèces pour la conservation au réfrigérateur et les échantillons ont été suivis sur une base quotidienne. Seuls des résultats très sommaires sont présentés ici, car l'analyse des données n'est pas encore complétée et dépasse le cadre du présent rapport. Des précisions au sujet des méthodes sont disponibles dans Vachon et coll. (2019). Les deux dilueurs les plus utilisés (aussi les plus performants) ont été le RATH-H<sup>18</sup> et le HBSS-H. Dans le cas du chevalier de rivière, de la laitance a pu être conservée facilement trois jours dans deux dilueurs (RATH-H et HBSS-Bi<sup>19</sup>). Par contre, le HBSS-Bi ne s'est pas avéré très performant pour conserver la laitance du chevalier cuivré. Chez cette dernière espèce, le RATH-H a été le dilueur le plus performant bien que des effets individuels aient été observés en 2018 comme dans les années précédentes. En effet, la laitance de certains mâles se conserve parfois mieux dans un dilueur de type HBSS alors que la laitance d'autres individus se conserve mieux dans un dilueur de type RATH. Par exemple, un échantillon de laitance prélevé le 14 juin et conservé dans le RATH-H présentait une motilité de 5 % pendant 6 secondes huit jours plus tard (22 juin). Le suivi de cet échantillon s'est poursuivi jusqu'à l'observation de la mortalité complète des spermatozoïdes. Ainsi, durant les jours suivants (23 au 25 juin), environ 1 à 2 % des spermatozoïdes sont demeurés motiles pendant 4 à 6 secondes.

La préparation du dilueur HBSS en combinaison avec le tampon Bicine (HBSS-Bi) a été réalisée et évaluée pour la première fois en 2018. Dans le cas de la conservation de la laitance au réfrigérateur, des résultats intéressants ont été observés chez le chevalier de rivière, mais ceux-ci ont été mitigés chez le chevalier cuivré avec ce dilueur. Des tests de toxicité ont été réalisés avec de la laitance préservée dans le HBSS-Bi en combinaison avec les deux cryoprotecteurs utilisés en cryopréservation depuis 2012, soit le méthanol 11 % (T32<sup>20</sup>) et le DMSO 10 % (T33). Chez le chevalier de rivière, ces traitements n'étaient pas toxiques. En effet, une heure après l'ajout du cryoprotecteur, 60 % des spermatozoïdes étaient encore motiles pendant 6 secondes après l'ajout de méthanol à une concentration de 11 % (T32) alors que 40 % des spermatozoïdes étaient encore motiles pendant 6 secondes après l'ajout de DMSO à une concentration de 10 % (T33). Ces mêmes traitements se sont avérés hautement toxiques avec la laitance du chevalier cuivré. Ces tests ont été réalisés avec la laitance de deux chevaliers cuivrés différents et exactement les mêmes résultats ont été obtenus. Cinq minutes après l'ajout du cryoprotecteur, l'activation des spermatozoïdes produisait une vague où quelques spermatozoïdes étaient motiles, puis tout mouvement s'arrêtait par la suite dans le traitement T32 (méthanol) alors que dans le traitement T33 (DMSO), aucun spermatozoïde ne s'activait cinq minutes après avoir ajouté le DMSO. Ainsi, aucune paillette n'a été congelée dans les traitements T32 et T33.

La laitance des dix chevaliers cuivrés manipulés en 2018 a pu être congelée. Les séances de congélation ont été réalisées entre le 11 et le 28 juin et ce travail a été facilité en raison du faible nombre de femelles et de leur arrivée sur une période étendue et tardive. Trois des quatre dilueurs ont été utilisés en combinaison avec deux cryoprotecteurs, soit le méthanol 11 % et le DMSO 10 %. Ainsi, des paillettes de 0,5 ml et de 1,2 ml ont été congelées dans six traitements

<sup>18</sup> H signifie que le dilueur a été préparé avec le tampon Hepes.

<sup>19</sup> Bi signifie que le dilueur a été préparé avec le tampon Bicine.

<sup>20</sup> Nom d'un traitement de cryopréservation qui constitue une combinaison d'un type de dilueur fabriqué avec un tampon donné avec l'ajout d'un cryoprotecteur à une concentration donnée.

différents, soit T2 et T9 (à base de RATH-Bicine), T3 et T5 (à base de RATH-Hepes), T22 et T23 (à base de HBSS-Hepes). Ces derniers avaient tous déjà été utilisés dans les années antérieures. L'évaluation de la motilité postcongélation dans les six traitements de cryopréservation effectués 10 mois plus tard (soit en avril 2019) révèle que tous les traitements ont permis de donner des résultats. Parmi les 75 paillettes examinées, 71 (95 %) d'entre elles avaient des spermatozoïdes motiles. Les taux de motilité évalués dans ces paillettes variaient entre 1 et 40 % et la durée de motilité, entre 1 et 8 secondes (tous formats de paillettes, traitements, dates de congélation et mâles confondus). Il est important de mentionner que ces résultats sont présentés ici à titre indicatif et ne peuvent être directement comparés à ceux présentés dans les rapports de Vachon et coll. (2013 et 2019), car les travaux de laboratoire n'ont pas été réalisés par le même examinateur. Ils permettent toutefois de confirmer que les congélations réalisées en 2018 ont été fructueuses. Les trois meilleurs traitements en 2018 ont été le T23 (HBSS-H en combinaison avec le méthanol 11 %) pour lequel des taux de motilité de 30 à 40 % pendant 5 à 8 secondes ont été enregistrés chez deux différents mâles, le T3 (RATH-H en combinaison avec le méthanol 11 %), avec une motilité de 30 % pendant 6 secondes, et enfin le T5 (RATH-H en combinaison avec le DMSO 10%), avec une motilité de 30 % pendant 5 secondes.

### 3.1.6 Fécondation, transport, incubation et élevage

Les œufs requis pour les besoins de l'étude de l'Université McGill ont été produits le 9 juin (chevalier de rivière) et le 15 juin (chevalier cuivré). Dans les deux cas, les œufs ont été incubés sur place à l'aide du matériel de l'université et les larves ont été conservées jusqu'au début du comportement natatoire. Des œufs étaient incubés dans l'eau de la rivière Richelieu alors que d'autres (témoin) l'étaient dans une eau « pure », c'est-à-dire exempte de contaminants, mais dont la composition physicochimique était comparable à celle de la rivière Richelieu.

Comme dans les années antérieures, les œufs produits au moyen de laitance cryopréservée ont été conservés séparés des autres dès la fécondation et maintenus ainsi à la station piscicole au cours de l'incubation. Au total, 61 familles (croisements) ont été produites en 2018 et sont confirmées étant donné que des larves viables ont émergé à partir de toutes les séances de fécondation, y compris de celles produites par de la laitance cryopréservée. Il est toutefois plus prudent de parler d'une production de 41 familles auxquelles s'ajoute un nombre potentiel de 20 familles supplémentaires produites par des fécondations au moyen de laitance cryopréservée. D'ailleurs, il n'est jamais possible de déterminer si tous les croisements réalisés ont été fructueux. Contrairement à l'année précédente, aucun problème de température n'est survenu lors du durcissement des œufs à Saint-Ours. L'équipe s'était préparée à cette situation en réalisant un suivi plus rigoureux de la température durant cette phase critique et avait développé des moyens pour y faire face plus facilement si le cas se présentait de nouveau. Les œufs ont été transportés à la station piscicole Baldwin-Coaticook par le COVABAR et un collègue de la région de l'Estrie qui est venu nous prêter main-forte pour quelques jours.

Compte tenu du nombre relativement faible de larves produites au moyen de la technique de fécondation par de la laitance cryopréservée (~ 1 500), ces dernières ont été dispersées dans tous les étangs, contrairement aux années antérieures, et élevées avec les autres durant l'été. Il est donc impossible de connaître, cette année, le nombre de fretins issus de cette technique de fécondation, qui ont survécu et été ensemencés en septembre.

Enfin, très peu de larves vivantes ont émergé de la fraye de la femelle n° 7358. Cette femelle était la plus jeune (LT = 543 mm), a produit une faible quantité d'ovocytes (140 ml), et les taux de fécondation<sup>21</sup> (77 %) et de survie œufs-larves (2,1 %) ont été les plus faibles de la saison. Le personnel de la station piscicole a également observé un taux plus élevé d'anomalies lors du développement embryonnaire. Toutes les larves issues de cette femelle (n ≈ 640) ont été

---

<sup>21</sup> Fécondation au moyen de laitance conservée en dilueurs au réfrigérateur seulement.

remises à l'eau le 17 juillet. Ce moins bon résultat semble démontrer une mauvaise qualité des gamètes qui pourrait aussi être attribuable au jeune âge de cette femelle.

### **Fécondation et incubation des œufs produits au moyen de laitance conservée en dilueurs**

Les cinq femelles présentes ont pu être croisées avec 5 à 10 mâles pour une production totale de 41 familles sur un potentiel théorique de 50 familles pouvant être produites avec de la laitance conservée en dilueurs au réfrigérateur. Le nombre d'œufs produits au moyen de cette technique en 2018 est d'environ 292 500 et les taux de fécondation mesurés par le personnel de la station piscicole variaient entre 77 % et 100 % (moyenne de 93 %). Le taux de survie moyen œufs-larves enregistré lors de la mise en charge des étangs a été de 58 % et des écarts importants ont été observés entre les femelles (variation entre 2 % et 73 %). En tout, 168 993 larves viables ont été produites par des fécondations réalisées au moyen de laitance préservée en dilueurs (Francis Cloutier et Marc-Olivier Roberge, SPBC, communications personnelles) (Tableau 3).

### **Fécondation et incubation des œufs produits au moyen de laitance cryopréservée**

Des fécondations supplémentaires d'un sous-échantillon d'ovocytes avec de la laitance cryopréservée de 6 ou 7 mâles capturés entre 2012 et 2017 ont été réalisées avec les ovocytes de 3 des femelles, ce qui ajoute une production potentielle de 20 familles. Quelque 22 500 œufs ( $\approx 7\%$ ) ont été produits grâce à cette technique. Les taux de fécondation évalués pour les œufs produits au moyen de cette technique variaient entre 5 % et 25 % (moyenne de 13 %). Le taux de survie œufs-larves enregistré lors de la mise en charge des étangs a été de 7 % et des écarts importants ont été observés entre les femelles (variation entre 5 % et 9 %). En tout, 1 560 larves viables ont été produites au moyen de cette technique de fécondation (Tableau 3).

### **Élevage à la station piscicole**

Comme dans les années antérieures, les neuf étangs extérieurs ont été chargés de larves de chevaliers cuivrés. Les essais d'élevage dans des bassins intérieurs se sont poursuivis en 2018. Ainsi, 52 684 larves ont été conservées à la station piscicole dont 44 667 ont été réparties dans les neuf étangs alors que 8 017 ont été conservées dans trois bassins à l'intérieur. La répartition des larves de chaque femelle dans les étangs et les bassins est présentée au Tableau 3. Globalement, sans égard à la technique de fécondation ou au mode d'élevage, le taux de survie larves-fretins mesuré en 2018 est de 18,7 % et a été nettement supérieur dans les bassins intérieurs avec un taux moyen de 81,4 % (variant de 58,4 % à 98,8 %) en comparaison de ce qui a été mesuré dans les étangs : taux moyen de 6,9 % (variant de 1,4 % à 13,8 %) (Tableau 3).

La taille moyenne (LT) des fretins ensemencés<sup>22</sup> en septembre 2018 était de 39,8 mm (variant entre 30 et 70 mm). La croissance des jeunes chevaliers cuivrés a été supérieure dans les étangs extérieurs ( $35 \text{ mm} \leq \text{LT moy} \leq 70 \text{ mm}$ ) par rapport à ceux élevés à l'intérieur ( $30 \text{ mm} \leq \text{LT moy} \leq 39 \text{ mm}$ ). L'écart de croissance pondérale est nettement plus marqué. Le poids moyen des fretins élevés dans les étangs extérieurs variait de 0,44 à 3,70 g (poids moyen de 1,01 g) alors que celui des fretins élevés à l'intérieur était de 0,5 g (bassin 1) et de 0,46 g (bassin 6) (Tableau 4).

---

<sup>22</sup> Taille et poids d'un sous-échantillon d'individus ( $n = 100$ ) mesurés en septembre 2018 à la station piscicole de Baldwin-Coaticook au cours de la préparation des ensemencements d'automne (Marc-Olivier Roberge, station piscicole de Baldwin-Coaticook, communication personnelle).

**Tableau 3 :** Nombre d'œufs, de larves et de fretins viables produits en 2018 selon la technique de fécondation et le type d'élevage déterminé à partir des informations transmises par le personnel de la station piscicole de Baldwin-Coaticook<sup>23</sup>

Production et incubation												
Identification de la femelle	9108	1720		4739			3560		7358	TOTAL	Ventilation par technique de fécondation	
LT (mm)	625	679		613			720		543		Frais	Cryo.
Date de fécondation (juin)	15	22	22	26	27	27	27	27	27			
Technique de fécondation	Frais	Frais	Cryo.	Frais	Cryo.	Frais	Frais	Cryo.	Frais			
Taux de fécondation	99%	100%	25%	89%	5%	94%	98%	9%	77%			
Nombre de familles (croisements)	5	8	7	10	7	9	10	6	8			
Nombre d'œufs produits	57 886	94 216	8 739	34 821	5 856	26 834	48 676	7 911	29 803	314 741	292 236	22 505
Nombre de larves vivantes	40 609	50 839	780	22 736	305	18 647	35 522	475	640	170 553	168 993	1 560
Taux de survie œufs-larves	70,2%	54,0%	8,9%	65,3%	5,2%	69,5%	73,0%	6,0%	2,1%	54,2%	57,8%	6,9%
Mise en charge des infrastructures à la station piscicole										Nombre de fretins récoltés et ensemencés en septembre		
Numéro de l'étang	Nombre de larves mises en étangs extérieurs									TOTAL	Nombre	Taux de survie larves-fretins
1				2 369	79		2 151	94		4 693	153	3,3%
2				2 175	73		2 156	87		4 491	66	1,5%
3	2 567	2 506	170							5 243	395	7,5%
4	2 376	2 430	174							4 980	69	1,4%
5				2 131	72		2 519	100		4 822	161	3,3%
6	2 454	2 401	179							5 034	693	13,8%
7				2 592	38		2 375	101		5 106	495	9,7%
8	2 332	2 791	257							5 380	645	12,0%
9				2 131	43		2 651	93		4 918	415	8,4%
<b>Nombre / étangs</b>	<b>9 729</b>	<b>10 128</b>	<b>780</b>	<b>11 398</b>	<b>305</b>	<b>0</b>	<b>11 852</b>	<b>475</b>		<b>44 667</b>	<b>3 093</b>	<b>6,9%</b>
Numéro de bassin C9	Nombre de larves mises en bassins intérieurs									TOTAL	Nombre	Taux de survie larves-fretins
1	76	854		827			873			2 630	2 598	98,8%
5	55	906		865			876			2 702	2 576	95,3%
6	53	872		885			875			2 685	1 567	58,4%
<b>Nombre / bassins</b>	<b>184</b>	<b>2 632</b>		<b>2 577</b>			<b>2 624</b>			<b>8 017</b>	<b>6 744</b>	<b>84,1%</b>
Date	Nombre de larves ensemencées en juillet									TOTAL	9 836	18,7%
10 juillet 2018	30 696									30 696		
17 juillet 2018		38 079		8 761		18 647	21 046		640	87 173		
<b>TOTAL larves ensemencées</b>	<b>30 696</b>	<b>38 079</b>		<b>27 408</b>			<b>21 046</b>	<b>640</b>		<b>117 869</b>		

<sup>23</sup> Francis Cloutier et Marc-Olivier Roberge, station piscicole de Baldwin-Coaticook, communications personnelles.

**Tableau 4** : Croissance en taille (longueur totale) et en poids mesurée chez des fretins élevés à la station piscicole en septembre 2018 dans un étang et deux bassins intérieurs

Type d'élevage	Numéro (bassin/étang)	Nombre	LT (mm)				Poids (g)			
			Moyenne	Minimum	Maximum	$\sigma$	Moyenne	Minimum	Maximum	$\sigma$
Bassin intérieur (intensif)	1	25	35,6	32	39	2,1	0,50	0,36	0,68	0,08
	6	25	34,8	30	38	2,2	0,46	0,31	0,60	0,08
Étang extérieur (extensif)	7	50	44,4	35	70	8,6	1,01	0,44	3,70	0,74
Global		100	39,8	30,0	70,0	7,8	0,74	0,31	3,70	0,59

### 3.1.7 Travaux d'exposition des jeunes stades

La première année de la collaboration avec l'Université McGill a été fructueuse. Les deux espèces (chevaliers de rivière et cuivrés) ont été reproduites artificiellement avec succès. Le système d'incubation développé par l'université a été très performant et les taux de survie sont demeurés élevés (> 80 %). Les premières analyses montrent que l'éclosion des œufs, chez les deux espèces, survenait plus rapidement et de façon asynchrone lorsqu'ils étaient exposés aux contaminants de la rivière Richelieu par rapport à ceux qui se sont développés dans un milieu qui en était exempt (témoin). Chez le chevalier cuivré, 14 jours après la fécondation, la survie des larves qui se développaient dans l'eau de la rivière Richelieu diminuait de façon significative par rapport au groupe témoin. Une telle différence n'a pas été observée chez le chevalier de rivière (voir les détails dans Marchand et coll., 2018).

### 3.1.8 Autres espèces capturées en juin et observations diverses

Vingt-neuf espèces (13 familles) ont été trouvées dans les engins de pêche en juin 2018. Toutes les espèces ciblées par la passe migratoire Vianney-Legendre, sauf l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*), ont été capturées par les engins de pêche, soit les chevaliers cuivrés et de rivière, l'alose savoureuse (*Alosa sapidissima*) et l'esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*). Chez cette dernière espèce, l'identification d'un individu qui présentait des caractéristiques atypiques a été confirmée par la génétique (Nathalie Tessier, biologiste MFFP, communication personnelle).

En 2018, l'espèce la plus abondante trouvée dans les engins de pêche est la tanche (*Tinca tinca*), qui représente, à elle seule, près de 26 % des captures. Des tanches ont été capturées dans tous les engins de pêche et ont pu être observées facilement dans la fenêtre d'observation de la passe migratoire. Les captures de tanches (n = 258) ont atteint un niveau inégalé en juin 2018 et sont réparties comme suit : la cage (n = 176), le filet installé dans le B-17 (n = 78) et le filet au bief aval (n = 4). La deuxième espèce en importance est la barbus de rivière (*Ictalurus punctatus*), qui représente 19 % des captures, et la troisième est l'esturgeon jaune, qui compte pour environ 16 % des prises (Tableau 5).

Pour la première fois, un rotengle ou gardon rouge (*Scardinius erythrophthalmus*) a été capturé dans la cage de la passe migratoire le 26 juin. Ce rotengle était une femelle pleine (stade 5) qui mesurait (LT) 321 mm et pesait 580 g. Enfin, aucune carpe de roseau ni aucune autre espèce de carpe asiatique n'a été capturée ou observée dans les engins ou la fenêtre durant toute la période des travaux.

**Tableau 5** : Diversité des espèces de poissons capturées dans les différents engins de pêche au cours des activités de reproduction artificielle du chevalier cuivré en juin 2018

Engin		B-17-Filet maillant	Cage	Bief aval-Filet maillant
Famille	Espèces			
<b>Acipenséridés</b>	Esturgeon jaune	X	X	X
<b>Catostomidés</b>	Meunier rouge		X	
	Meunier noir		X	
	Couette	X	X	
	Chevalier blanc		X	X
	Chevalier de rivière	X	X	X
	Chevalier cuivré	X	X	X
	Chevalier rouge		X	
	Chevalier sp.			X
<b>Centrarchidés</b>	Crapet de roche		X	
	Achigan à petite bouche	X	X	
	Achigan à grande bouche	X		
<b>Clupéidés</b>	Alose savoureuse	X		
<b>Cyprinidés</b>	Carpe commune		X	
	Méné émeraude		X	
	Tête rose		X	
	Gardon rouge ou rotengle		X	
	Tanche	X	X	X
<b>Ésocidés</b>	Grand brochet	X	X	
<b>Hiodontidés</b>	Laquaiche argentée		X	
<b>Ictaluridés</b>	Barbotte brune		X	
	Barbue de rivière	X	X	X
<b>Lepisostéidés</b>	Lépisosté osseux		X	
<b>Moronidés</b>	Baret		X	
	Bar rayé	X	X	
<b>Percidés</b>	Doré jaune		X	
	Doré noir	X	X	X
<b>Pétromizontidés</b>	Lamproie argentée	X		
<b>Salmonidés</b>	Truite brune	X		
<b>Nombre d'espèces</b>		<b>15</b>	<b>25</b>	<b>7</b>
		<b>29</b>		

## Observations chez la tanche

Toutes les tanches ont été examinées pour évaluer le stade de maturité. Aucune femelle ne laissait échapper des ovocytes. Quelques échantillons de laitance de tanches ont pu être récoltés pour en évaluer la qualité. Un premier échantillon d'à peine une goutte provenant d'un individu mesurant 435 mm (LT) et pesant 1,09 kg a été évalué le 13 juin. Malgré la couleur très claire de la laitance, l'examen a démontré que 100 % des spermatozoïdes étaient motiles pendant 28 secondes. Le prélèvement de laitance n'a pas été suffisant chez un autre mâle de 380 mm et 0,84 kg. L'obtention de laitance chez la tanche est plus difficile que chez les chevaliers à cette période de l'année. Deux autres examens de laitance ont été faits le 24 juin. Un échantillon de 0,25 ml a pu être récolté chez un individu de 365 mm. La coloration de cet échantillon était légèrement plus blanchâtre et 100 % des spermatozoïdes étaient motiles pendant plus de 80 secondes. Ce même jour, quelques microlitres récoltés chez un autre individu présentaient une motilité de 100 % pendant 28 secondes. Ces observations montrent qu'en juin, les tanches étaient encore en cours de maturation des gonades et que la fraye n'avait vraisemblablement pas encore débuté dans la rivière Richelieu.

## Observations chez le bar rayé

Treize bars rayés ont été capturés sur le site en juin 2018. Il s'agit du nombre le plus élevé depuis le début du programme de réintroduction de l'espèce au Québec. Trois ont été trouvés dans la cage et dix dans le filet du bassin d'entrée (B-17) de la passe migratoire. Tous les bars rayés capturés étaient des mâles spermants (stade 5A). Lors de la capture du 6 juin, l'évaluation de la qualité de laitance à partir d'un échantillon récolté chez quelques individus a montré des taux de motilité variant entre 45 % et 90 % pendant 11 à 20 secondes. Tous les bars rayés capturés ont été remis à l'eau à la sortie de la passe migratoire Vianney-Legendre.

## 3.2 Ensemencements

En 2018, le nombre de larves produites surpassait la capacité de mise en charge des étangs à la station piscicole. En raison des frayes étalées dans le temps, deux ensemencements de larves ont été planifiés à une semaine d'intervalle. Au moment de l'ensemencement, toutes les larves avaient d'excellentes capacités natatoires. Malgré les conditions climatiques de canicule qui sévissaient la première journée des ensemencements, les opérations se sont bien déroulées et la survie des larves a été optimale jusqu'à la fin de la journée (mortalité négligeable). À l'arrivée, la température des boudins était près de celle de la rivière. Sur le bateau, les boudins ont été placés dans le bac de 200 L rempli d'eau de la rivière afin de maintenir les larves à la même température. Les larves étaient protégées du soleil par le couvercle. Au moment de l'ensemencement, un boudin ouvert était placé dans une chaudière de 20 L et les larves écopées directement à l'intérieur pour être ensemencées. La température de l'eau dans les boudins est demeurée stable et les niveaux d'oxygène, mesurés au moment de l'ouverture des boudins, sont aussi demeurés élevés. Dans l'ensemble, cette nouvelle façon de faire s'est avérée plus sécuritaire pour les larves puisque les manipulations pour corriger le niveau d'oxygène pendant leur transport en embarcation sont extrêmement limitées, voire non requises, et permet de réduire, par la même occasion,

les risques de produire des embolies chez les larves en raison des grandes variations des niveaux d'oxygène.

Ainsi, quelque 30 700 larves surnuméraires ont étéensemencées dans la rivière Richelieu le 10 juillet (5 familles issues de la première femelle ayant frayé, soit la femelle n° 9108) alors que la température de l'eau de la rivière a varié entre 24,5 °C et 25,8 °C et que la chaleur était accablante. Le 17 juillet, journée où la température de l'eau variait entre 26,2°C et 27°C, environ 87 200 larves ont été libérées (36 familles). Dans les deux cas, les larves ont été réparties dans les sites 5 à 9. Il est important de noter que ces larves étaient toutes issues des croisements réalisés au moyen de laitance préservée en dilueurs, donc appartenant à 41 familles. Le nombre total de larvesensemencées en juillet 2018 est de quelque 117 900 (Tableaux 3 et 6).

Le 20 septembre 2018, quelque 10 000 fretins (53 familles<sup>24</sup> potentielles, dont 33 produites au moyen de laitance en dilueurs et 20 produites par des fécondations avec de la laitance cryopréservée) ont été remis à l'eau dans la rivière Richelieu au site 2 (en amont du barrage de Saint-Ours) ainsi qu'aux sites 8 et 9 en aval. Ces jeunes de l'année ont étéensemencés dans des proportions relativement équivalentes entre les secteurs amont du barrage de Saint-Ours (42 %) et aval du barrage (58 %) (Tableau 6). De ce nombre, 3 093 individus avaient grandi dans les étangs extérieurs alors que 6 744 étaient issus de l'élevage dans quelques bassins à l'intérieur de la station piscicole (Tableau 3). Comme 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 diminuer cette période lors de l'ensemencement et de faciliter le travail. Aucun chevalier cuivré (larve et fretin) n'a été remis à l'eau en amont du barrage de Chambly en 2018.

À ces larves et fretinsensemencés en 2018 s'ajoutent 105 individus d'âge 1+ qui ont été trouvés de façon imprévue dans les étangs et qui ont étéensemencés dans la rivière Richelieu. Tous ces individus ont également été transportés en boudins. Parmi ceux-ci, 88 ont été remis à l'eau en rive gauche des îles de Jeannotte et aux Cerfs (site 7) le 10 juillet (taille non disponible) et 17 individus ont étéensemencés le 20 septembre aux sites 2 et 8 (Tableau 6). La taille des individus d'âge 1+ensemencés en septembre (n = 17) variait entre 159 et 204 mm et leur poids, entre 65 et 120 g. Un échantillon de tissu a été prélevé sur chacun des individus remis à l'eau en septembre.

---

<sup>24</sup> Tous les rejetons issus de la femelle n° 7358 (8 familles) ont étéensemencés au stade larvaire le 17 juillet étant donné que le nombre de larves était peu élevé (~640 larves).

**Tableau 6** : Répartition des larves, des fretins et des individus d'âge 1+ de chevaliers cuivrés aux différents sites d'ensemencement dans la rivière Richelieu en 2018

Localisation par rapport au barrage de Saint-Ours	Sites	Description	Municipalité	Date		10 juillet		17 juillet		20 septembre		
				Stade	Larves		Larves		Fretins			
					Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	
Amont	1	Pont de l'autoroute 10 (sous le pont en rive droite)	Saint-Jean									
	2	Descente publique et en aval en rive droite	Saint-Mathias						4 329		8	
	3	Rampe de mise à l'eau municipale en rive gauche et vers l'aval	Saint-Basile									
	4	Descente publique	McMasterville									
	5A	En aval du pont du CN à Beloeil en rive gauche	Beloeil	1 700		5 000						
	5B	Pont de l'autoroute 20 (en aval en rive gauche)										
	6A	Saint-Marc en rive gauche en amont du secteur du suivi du recrutement	Saint-Marc	1 700	75%	3 739	80%		4%			
	6B1	Saint-Marc en rive gauche, secteur des stations 20,5G à 4G		1 700		4 185						
	6B2	Aval de la station 4G (rive gauche)		1 700		4 185						
	6C1	Saint-Marc en rive gauche, secteur des stations 8G à 23G		3 100		8 974						
	6C2	Station 6G (rive gauche)										
7A	Île aux Cerfs (côté rive gauche)	Saint-Charles	6 500		38	21 435						
7B	Île Jeannotte (côté rive gauche)		6 596		50	22 070						
Aval	8A	Aval du barrage Saint-Ours (rive droite), secteur des stations 81D et 82D	Saint-Ours	1 100	25%	4 481	20%	1 500	6%	4		
	8B	Aval du barrage Saint-Ours (rive droite), secteur des stations 87D et 88D		2 200		4 314		1 500		5		
	9A	Aval du barrage Saint-Ours (rive gauche), secteur des stations 82G et 83G	Saint-Roch	3 300		4 480		1 500				
	9B	Aval du barrage Saint-Ours (rive gauche), secteur des stations 91G et 91G		1 100		4 314		1 500				
<b>Sites inclus dans les secteurs du suivi du recrutement</b>				<b>TOTAL</b>	<b>30 696</b>	<b>88</b>	<b>87 177</b>	<b>10 329<sup>1</sup></b>	<b>17</b>			

<sup>1</sup> Ce nombre, issu du décompte lors de la préparation finale des individus pour l'ensemencement, diffère très légèrement de celui présenté au Tableau 2 (n = 9 836) qui représente le dénombrement à la sortie des étangs et des bassins. Cette différence est toutefois considérée dans la marge d'erreur acceptable (5 %) pour ce type de dénombrement.

## 3.3 Suivi du recrutement

### 3.3.1 Chevaliers

Le suivi du recrutement a été réalisé uniquement dans le secteur de Saint-Marc (secteur des îles de Jeannotte et aux Cerfs) du 24 au 28 septembre (40 stations). En 2018, la saison estivale a été chaude, mais les températures durant les travaux du suivi du recrutement reflétaient davantage les valeurs normalement mesurées à cette période de l'année. En effet, la température de l'eau a varié entre 15,0 °C et 18,1 °C (moyenne : 16,5 °C) à ce moment. La variation saisonnière de la température de l'eau de la rivière Richelieu, mesurée lors des travaux de terrain de 2018, est présentée à l'Annexe 4.

Seulement 71 jeunes chevaliers de taille (LT) inférieure à 100 mm (jeunes de l'année) ont été capturés aux 40 stations du secteur de Saint-Marc en 2018 (Tableau 7). À ceux-ci s'ajoutent trois chevaliers rouges dont la taille était très légèrement supérieure à 100 mm (soit 102,5, 107 et 108 mm). L'évaluation de leur âge, par l'examen de l'écaille, a permis de déterminer que ces jeunes chevaliers rouges étaient aussi des jeunes de l'année à croissance rapide. Pour le maintien d'éléments comparatifs interannuels, l'approche par classe de taille (LT < 100 mm = jeune de l'année) a été maintenue dans les bilans et les analyses du présent rapport. Ce type de situation se produit très occasionnellement. En général, la différence entre les jeunes chevaliers de l'année et ceux âgés d'un an sur le terrain à cette période de l'année est très notable dans les classes de taille.

Chez les jeunes de l'année (LT < 100 mm), toutes les espèces sont représentées sauf le chevalier cuivré. Le chevalier jaune (*Moxostoma valenciennesi*) domine avec près de 76 % des captures dans l'ensemble des stations. Les jeunes chevaliers rouges (*Moxostoma macrolepidotum*) de l'année occupent le deuxième rang avec une abondance relative de 18,3 %. Les captures moyennes par unité d'effort (CPUE) de jeunes chevaliers de l'année dans le secteur de Saint-Marc, toutes espèces confondues, ont été très faibles en 2018, soit  $1,8 \pm 2,3$  / coup de seine (Tableau 7). Enfin, les CPUE moyennes de jeunes chevaliers de l'année aux stations localisées en rive gauche ( $2,1 \pm 2,5$  / coup de seine) ainsi qu'aux îles de Jeannotte et aux Cerfs ( $1,8 \pm 2,3$ ) ont été plus élevées que les valeurs enregistrées en rive droite de la rivière ( $1,4 \pm 2,3$ ) (Tableau 7).

Parmi les autres espèces de chevaliers âgés de plus d'un an, les classes de taille dominantes sont celles de 400-499 mm et de 300-399 mm (Tableau 8). En 2018, un chevalier cuivré adulte a été capturé à la seine le 24 septembre en rive droite. Cet individu, de sexe indéterminé, mesurait 598 mm (LT) et pesait 3,25 kg. Il a été marqué (micropuce) et un échantillon de tissu a été prélevé.

La taille des jeunes chevaliers de l'année capturés dans la rivière Richelieu en 2018 variait entre 41 mm et 97 mm. D'après les résultats obtenus, il apparaît que la croissance des jeunes chevaliers de l'année a été excellente en 2018 (évaluation subjective), et ce, plus particulièrement chez les premières espèces à frayer (chevaliers rouges et blancs). La taille moyenne (LT) des chevaliers rouges et blancs de l'année était supérieure à 80 mm alors que les chevaliers jaunes capturés avaient une longueur totale moyenne de 58 mm et que cette valeur était de 62,3 mm chez les chevaliers de rivière (Tableau 9). L'observation de quelques jeunes chevaliers rouges de l'année dont la taille surpassait très légèrement la barre des 100 mm en est un exemple.

**Tableau 7:** Nombre, abondance relative et capture moyenne par unité d'effort (nombre / coup de seine) de jeunes chevaliers de taille inférieure à 100 mm (jeunes de l'année), selon les rives dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018

Rives	Droite 16				Gauche 16				Îles 8				GLOBAL 40			
Nombre de stations	CPUE				CPUE				CPUE				CPUE			
Espèce	Nombre	%	Moyenne	$\sigma$	Nombre	%	Moyenne	$\sigma$	Nombre	%	Moyenne	$\sigma$	Nombre	%	Moyenne	$\sigma$
Chevalier rouge	1	4,5	0,1	0,3	7	21,2	0,4	1,0	5	31,3	0,6	1,4	13	18,3	0,33	0,9
Chevalier blanc					1	3,0	0,1	0,3	1	6,3	0,1	0,4	2	2,8	0,05	0,2
Chevalier jaune	20	90,9	1,3	2,3	24	72,7	1,5	2,2	10	62,5	1,3	1,0	54	76,1	1,35	2,0
Chevalier de rivière	1	4,5	0,1	0,3	1	3,0	0,1	0,3					2	2,8	0,05	0,2
Chevalier cuivré																
<b>TOTAL</b>	22	100	1,4	2,3	33	100	2,1	2,5	16	100	2,0	2,2	71	100	1,78	2,3

**Tableau 8 :** Abondance des différentes espèces de chevaliers par classe de taille (LT) (individus de taille supérieure à 100 mm), capturés dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018

Classe de LT (mm)	Espèce	TOTAL
100-199 <sup>1</sup>	Chevalier rouge	3
200-299	Chevalier jaune	1
300-399	Chevalier rouge	4
	Chevalier jaune	4
400-499	Chevalier blanc	12
	Chevalier rouge	1
	Chevalier jaune	1
500-599	Chevalier blanc	1
	Chevalier cuivré	1
	Chevalier jaune	1
<b>TOTAL</b>		29
<b>CPUE <math>\pm \sigma</math></b>		0,7 $\pm$ 1,1
<b>Nombre de stations</b>		40

<sup>1</sup> Ces individus sont des jeunes de l'année à croissance rapide.

**Tableau 9** : Croissance en taille des jeunes chevaliers de l'année (LT < 100 mm) capturés dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018

Espèce	Nombre	Longueur totale (mm)			
		Moyenne	Minimum	Maximum	$\sigma$
Chevalier blanc	2	85,5	84,5	86,5	1,4
Chevalier de rivière	2	62,3	52,0	72,5	14,5
Chevalier rouge	13	81,5	70,5	97,0	8,3
Chevalier jaune	54	58,0	41,0	76,5	6,5

### 3.3.2 Autres espèces de poissons

Trente-huit espèces (13 familles) ont été recensées dans la seine de rivage en septembre 2018 dans le secteur de Saint-Marc (Tableau 10). Parmi celles-ci, six sont désignées menacées ou vulnérables au Québec ou sont inscrites sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées comme telles, soit le chevalier cuivré, le dard de sable (*Ammocrypta pellucida*), le chevalier de rivière, le fouille-roche gris (*Percina copelandi*), l'anguille d'Amérique et le tête rose (*Notropis rubellus*). Parmi ces captures figurent 14 fouille-roche gris et 22 dards de sable.

La tanche est toujours présente dans le secteur. En tout, 28 individus ont été capturés. La plupart (n = 24) sont des jeunes de l'année dont la longueur totale variait entre 27,5 et 76 mm; les autres mesuraient entre 345 et 390 mm (LT). Des tanches ont été capturées à 13 des 40 stations dans le secteur de Saint-Marc en 2018. Aucun gobie à taches noires n'a été répertorié dans les inventaires de 2018 dans ce secteur. Cette espèce est désormais présente depuis plusieurs années dans le tronçon aval de la rivière Richelieu compris entre le barrage de Saint-Ours et le fleuve Saint-Laurent.

### 3.3.3 Mulettes et autres invertébrés

Plusieurs invertébrés sont présents dans ce secteur de la rivière Richelieu parmi lesquels ont été identifiées 15 espèces de mulettes au cours des travaux en 2018. L'obovarie olivâtre (*Obovaria olivaria*), une espèce désignée en voie de disparition par le COSEPAC, a été de nouveau recensée. L'écrevisse à rostre caréné (*Orconectes propinquus*), l'écrevisse à épines (*Orconectes limosus*) ainsi que le necture tacheté (*Necturus maculosus*) ont été détectés tout comme la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) (Tableau 11). Des résultats plus détaillés sur les mulettes de la rivière Richelieu seront présentés dans un rapport portant uniquement sur le sujet.

**Tableau 10** : Diversité des espèces de poissons capturés à la seine de rivage dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018

<b>Familles</b>	<b>Espèces</b>
<b>Anguillidés</b>	Anguille d'Amérique
<b>Athérinopsidés</b>	Crayon d'argent
<b>Catostomidés</b>	Meunier noir
	Chevalier blanc
	Chevalier de rivière
	Chevalier cuivré
	Chevalier rouge
<b>Centrarchidés</b>	Crapet de roche
	Crapet-soleil
	Crapet arlequin
	Achigan à petite bouche
	Marigane noire
<b>Clupéidés</b>	Gaspereau
<b>Cyprinidés</b>	Carpe commune
	Méné bleu
	Méné d'argent
	Méné à nageoires rouges
	Méné émeraude
	Méné jaune
	Queue à tache noire
	Tête rose
	Méné pâle ou paille
	Ventre-pourri
Tanche	
<b>Esocidés</b>	Grand brochet
<b>Fondulidés</b>	Fondule barré
<b>Hiodontidés</b>	Laquaiche argentée
<b>Ictaluridés</b>	Barbotte brune
	Barbue de rivière
<b>Lepisosteidés</b>	Lépisosté osseux
	Dard de sable
	Raseux-de-terre noir ou gris
	Raseux-de-terre gris
	Fouille-roche zébré
<b>Percidés</b>	Fouille-roche gris
	Perchaude
	Doré jaune
<b>Percopsidés</b>	Omisco ou perche-truite
<b>Nombre de familles</b>	<b>13</b>
<b>Nombre d'espèces</b>	<b>38</b>

**Tableau 11** : Liste des espèces de mulettes, statuts et liste des autres invertébrés trouvés à la seine de rivage dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 2018

Groupe	Espèce	Nom scientifique
Amphibien	Necture tacheté	<i>Necturus maculosus</i>
Écrevisse	Écrevisse sp.	<i>Écrevisse sp.</i>
	Écrevisse à épines	<i>Orconectes limosus</i>
	Écrevisse à rostre caréné	<i>Orconectes propinquus</i>
Gastéropodes Sphaériidées	Non identifiés à l'espèce	
Moule exotique	Moule zébrée	<i>Dreissena polymorpha</i>
Mulette	Alasmidonte à fortes dents	<i>Alasmidonta undulata</i>
	Anodonte de l'Est	<i>Pyganodon cataracta</i>
	Grande anodonte	<i>Pyganodon grandis</i>
	Anodonte sp.	<i>Pyganodon sp.</i>
	Elliptio à dents fortes	<i>Elliptio crassidens</i>
	Elliptio de l'Est	<i>Elliptio complanata</i>
	Elliptio pointu <sup>1</sup>	<i>Eurynia dilatata</i> ancien <i>Elliptio dilatata</i>
	Lampsile cordiforme	<i>Lampsilis cardium</i>
	Lampsile rayée	<i>Lampsilis radiata</i>
	Lampsile siliquoïde	<i>Lampsilis siliquoidea</i>
	Lasmigone cannelée	<i>Lasmigona costata</i>
	Leptodée fragile <sup>2</sup>	<i>Leptodea fragilis</i>
	Ligumie noire	<i>Ligumia recta</i>
	Obovarie olivâtre <sup>2, 3</sup>	<i>Obovaria olivaria</i>
	Potamile ailé <sup>4</sup>	<i>Potamilus alatus</i>
	Stophite ondulé	<i>Strophitus undulatus</i>
Unionidae ou Margaritiferiidae		
<b>Nombre d'espèces de mulettes</b>		<b>15</b>

<sup>1</sup> Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable en vertu de la LEMV, rang de précarité au Québec S2S3 (en péril / vulnérable).

<sup>2</sup> Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable en vertu de la LEMV, rang de précarité au Québec S2 (en péril).

<sup>3</sup> Désignée en voie de disparition en vertu de la LEP.

<sup>4</sup> Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable en vertu de la LEMV, rang de précarité au Québec S1 (sévèrement en péril).

### 3.4 Analyses génétiques

Près de 70 tissus de chevaliers récoltés en 2018 ont été soumis à des analyses génétiques pour en déterminer le profil et éventuellement l'origine (s'il s'agit d'un chevalier cuivré) ou pour confirmer l'identification de spécimens atypiques, notamment chez les jeunes de l'année. Ce dernier objectif permet d'améliorer nos connaissances sur l'identification des jeunes ainsi que de vérifier si des cas d'hybridation existent<sup>25</sup>. Les tissus des 17 chevaliers cuivrés 1+ ensemencés en septembre 2018 ont également été soumis.

<sup>25</sup> Ce type d'analyse est réalisé depuis quelques années.

## 4. Discussion

### 4.1 Reproduction artificielle

Les travaux de reproduction artificielle du chevalier cuivré comptaient 15 géniteurs en 2018, soit 10 mâles et 5 femelles. La proportion de recaptures de géniteurs (27 %) est demeurée élevée et préoccupante et à un niveau comparable à celui enregistré en 2017, qui était de 25 %, mais inférieur à celui de 2014, qui était de 40 %. En 2012 et en 2013, les taux de recaptures étaient légèrement inférieurs, soit respectivement de 19 % et de 16 % (Vachon, 2018c; Vachon, 2019; Vachon et Sirois, 2019; Vachon, 2021). Cependant, la présence de chevaliers cuivrés immatures ou de taille inférieure à 500 mm en plus grand nombre constitue un excellent signal puisque des spécimens de cette gamme de taille étaient pratiquement absents des inventaires depuis 25 ans. En 2018, sept individus immatures, dont six avaient une taille (LT) inférieure à 500 mm, ont été capturés. Entre 2004 et 2017, seulement six chevaliers cuivrés de taille inférieure à 500 mm ont été capturés en juin, dont deux en 2017. Les captures d'individus de cette gamme de taille sont plus fréquentes depuis 2016 (Vachon, 2020, 2021).

Bien que les analyses génétiques d'assignation parentale de ces individus ne soient pas encore réalisées, ces observations confirment certainement la contribution significative des spécimens produits par le programme de reproduction artificielle du chevalier cuivré. La capture de ces jeunes individus en plus grand nombre dans les engins en juin confirme vraisemblablement aussi le comportement de *homing* des chevaliers cuivrés ensemencés. La participation de deux très jeunes géniteurs mâles qui ne mesuraient que 505 mm en 2018 est également d'un très grand intérêt. Ces individus immatures ou très jeunes seraient âgés entre 5 et 10 ans et pourraient sans doute être issus, en grande partie, des travaux de reproduction artificielle menés en 2008, 2009, 2012 et 2013, années plus productives en termes de production et d'ensemencement. En effet, plus d'un million de larves et quelque 24 000 fretins ont été ensemencés en 2008 et ces chiffres sont de l'ordre de ~725 000 larves et ~5 000 fretins en 2009, ~353 000 larves et ~29 300 fretins en 2012 et ~199 000 larves et ~35 400 fretins en 2013 (Vachon, *en préparation*). Les analyses d'assignation parentale viendront confirmer ou infirmer ces hypothèses.

Le grand nombre de mâles, combiné à l'arrivée des femelles avec de grands intervalles (au début, puis regroupées à la fin du mois de juin), ajoutait de la complexité à la gestion des géniteurs ainsi qu'aux possibilités de croisements. En effet, cette séquence de capture et l'asynchronie dans l'entrée des géniteurs, qui est toujours imprévisible d'une année à l'autre, impliquaient en 2018 de maintenir les mâles en spermiation sur une plus longue période tout en limitant leur manipulation pour les garder en bonne condition. C'est dans ce contexte que les dilueurs font la différence, car ils permettent de conserver de la laitance d'assez bonne qualité pour réaliser des fécondations sur plusieurs jours, ce qui réduit les manipulations chez les mâles. À titre comparatif, un seul mâle était présent en 2014 et deux en 2017 (Vachon et Sirois, 2019; Vachon, 2021) alors que l'équipe a composé avec dix mâles en 2018. La séquence temporelle des captures de chevaliers cuivrés en 2018 (alternance de journées avec et sans capture), combinée au plus grand nombre de captures d'individus immatures (qui implique des manipulations minimales de base pour les marquer), a également contribué à augmenter le niveau de difficulté dans la gestion des équipes de travail, notamment de celle du génitarium.

Depuis 2004 (y compris en 2010 et en 2011<sup>26</sup>), le niveau d'atteinte des objectifs du plan de reproduction théorique est inférieur dans certains volets. En effet, le nombre de géniteurs différents qui ont pu être intégrés dans le programme représente 70 % du nombre théorique attendu. Le niveau d'atteinte de objectif en ce qui concerne le nombre de familles produites est de 49 % (familles produites au moyen de laitance cryopréservée exclues) et l'objectif relatif au nombre de larvesensemencées aurait été atteint à 67 %.

Ces résultats sont, somme toute, considérés comme satisfaisants compte tenu de l'extrême rareté de l'espèce et de la capacité des équipes en place de faire face aux grandes variations interannuelles. Par rapport au nombre de familles produites, ce résultat ne fait que refléter de nouveau l'écart entre le plan théorique et ce que représente la réalité sur le terrain, et ce, non seulement en raison des difficultés de capture des géniteurs certaines années, mais aussi en raison de la séquence temporelle des captures qui ne permet pas toujours d'optimiser le nombre de croisements et sur lequel l'équipe n'a aucun contrôle. D'autre part, les plus récents développements par rapport à la cryopréservation de la laitance ainsi que les années fructueuses connues en termes de production et de survie dans les étangs à la station piscicole constituent des éléments qui bonifient les résultats. En effet, des individus faisant partie de 87 familles supplémentaires produites au moyen de laitance cryopréservée ont vraisemblablement étéensemencés et le nombre de fretins d'automneensemencés depuis 2004 représente 144 % du nombre attendu dans Bernatchez (2004). Enfin, les quelque 197 juvéniles d'âge 1+ trouvés lors de la vidange des étangs etensemencés depuis 2009 sont également des éléments intéressants.

Les dilueurs fabriqués en 2018 ont été performants et ont permis de conserver la laitance des deux espèces plusieurs jours ainsi que de réaliser des fécondations fructueuses. Le suivi quotidien de la qualité de la laitance en dilueurs ainsi qu'à chaque prélèvement a permis, de nouveau, de démontrer les bienfaits de l'induction hormonale sur la qualité de la laitance (surtout par une augmentation de la durée de la motilité). Ce suivi montre aussi, comme dans les années antérieures, la pertinence de disposer de quelques dilueurs de composition différente afin de permettre de s'adapter aux réponses individuelles qui surviennent. En effet, bien qu'en général le RATH soit un très bon dilueur chez le chevalier cuivré, chaque année, pour des raisons inconnues, la laitance de certains mâles se conserve mieux dans le HBSS. Malgré l'absence d'analyses détaillées, il appert que les dilueurs fabriqués avec le tampon Hepes sont aussi performants pour la conservation à court terme (réfrigérateur), sinon davantage que lorsqu'ils contiennent le tampon Bicine. La seule exception semble être le HBSS qui, fabriqué avec la Bicine, ne permet pas une aussi bonne conservation que le HBSS contenant le tampon Hepes, et ce, plus précisément chez le chevalier cuivré. De plus, chez cette espèce, le HBSS-Bicine était même très toxique lorsque l'un ou l'autre des cryoprotecteurs (méthanol et DMSO) était ajouté. La grande différence de toxicité des traitements T32 et T33 entre le chevalier de rivière et le chevalier cuivré est très étonnante et montre également que la cryopréservation de la laitance demeure un domaine de pointe.

## 4.2 Taux de fécondation et taux de survie œufs-larves

Le taux de survie global œufs-larves produits au moyen de laitance en dilueurs en 2018 (57,8 %) a été supérieur à celui enregistré en 2017 (45 %). Ce résultat de 2018 est fortement influencé par la piètre performance obtenue avec la femelle n° 7358 (survie de 2,1 %), car pour

---

<sup>26</sup> Rappelons qu'en raison des conditions hydrologiques et météorologiques adverses, il n'a pas été possible de réaliser la reproduction artificielle du chevalier cuivré en 2010 (très faible hydraulité) et en 2011 (crue plus que centenaire) (Vachon, 2018a, 2018b) en dépit de la présence de l'équipe sur le terrain. Les années 2015 et 2016 ne sont pas considérées dans ce calcul puisque l'équipe n'était pas présente ces deux années.

toutes les autres femelles, ce taux a varié entre 54 % et 73 %. Les résultats obtenus des fécondations réalisées au moyen de laitance cryopréservée sont considérés comme satisfaisants et sont comparables à ceux de 2017 en ce qui a trait aux taux de survie global œufs-larves. Par exemple, le taux de survie œufs-larves produits au moyen de cette méthode a été de 6,8 % en 2017 (Vachon, 2021) et de 6,9 % en 2018. Il importe de se rappeler que les taux de fécondation et d'embryons normaux tout comme le taux de survie œufs-larves sont toujours beaucoup plus faibles lorsque les fécondations se font à partir de laitance cryopréservée. Cependant, contrairement aux années antérieures, un nombre plus faible d'ovocytes a été fécondé au moyen de laitance cryopréservée en 2018, soit ~22 500 ovocytes (8 % de la production) contrairement à ~41 400 (20 %) en 2017 (Vachon 2021).

### 4.3 Élevage en extensif et en intensif à la station piscicole

Le taux global de survie larves-fretins dans les étangs extérieurs (tous confondus) était extrêmement faible en 2018 (6,9 %) et a varié entre 1,4 % et 13,8 % selon les étangs. En comparaison, en 2017, le taux de survie dans les étangs a aussi été variable, mais plus élevé (entre 12,9 % et 80,1 %) (Vachon 2021). En contrepartie, les élevages en intensif (élevage intérieur) ont donné de meilleurs résultats en 2018 (taux de survie global de 84,1 %, variant entre 58,4 % et 98,8 %) par rapport aux premiers essais en 2017 où les taux de survie dans les deux bassins ont été de 20,1 % et de 38,3 % (Vachon 2021). Ces résultats montrent que des modifications sont requises pour améliorer la survie des chevaliers cuivrés en étang à l'extérieur. Les conditions estivales très chaudes constituent sans doute un élément qui ajoute des défis dans ce type d'élevage tout comme le chargement des étangs par des larves de différents stades de développement. D'autre part, les essais en intensif réalisés en 2018 sont prometteurs par rapport à la survie des fretins. Comme en 2017 (Vachon, 2021), la croissance des chevaliers cuivrés dans les bassins intérieurs a été plus lente en 2018 comparativement à ceux élevés dans les étangs à l'extérieur, mais les écarts (notamment les écarts de poids) semblent être moins grands par rapport à ce qui avait été mesuré en 2017.

### 4.4 Ensemencements

Les changements apportés aux techniques de transport et d'ensemencement des larves en 2018 présentent de nombreux avantages tant sur le plan de la survie des larves que pour la santé du personnel puisque les manipulations répétitives sont facilitées. Ces nouvelles façons de faire éliminent aussi plusieurs sources de mortalité qui s'accumulaient, limitent les manipulations des larves au strict minimum et améliorent de façon certaine la performance de l'ensemble du projet.

La manipulation de boudins sur le terrain facilite la répartition des larves dans les sites d'ensemencement puisqu'ils contiennent un nombre déjà connu de larves qui ont été dénombrées à la station piscicole. Les solutions mises en place pour distribuer la progénie de chaque femelle dans chacun des boudins assurent la distribution de toutes les familles sur l'ensemble du territoire lors des ensemencements de larves. La survie des larves, y compris celles remises à l'eau en fin de journée, a été excellente, sinon parfaite. Le niveau d'oxygène est très stable dans les boudins. Ainsi, les larves sont maintenues dans des conditions plus stables que lorsqu'elles sont chargées en vrac dans le bac de 200 L sur le bateau et que plusieurs manipulations sont requises pour suivre et ajuster le niveau d'oxygène durant l'ensemencement. Des manipulations qui entraînent inévitablement des pertes sont évitées, notamment celles qui impliquent le transfert des larves du coffre du camion au bassin dans l'embarcation. Les larves sont ainsi manipulées uniquement pour le comptage et la mise en boudins à la station piscicole,

puis lors de la remise à l'eau. Toutes pertes de larves par collement aux parois du couvercle du coffre du camion ou du bac sur l'embarcation ainsi que celles entraînées par des déversements accidentels causés par le batillage des embarcations de plaisance sont évitées. Enfin, cette technique de transport s'est également avérée efficace pour le transport des chevaliers cuivrés d'âge 1+ (n = 105). Ces derniers étaient en excellente condition au moment de l'ensemencement, y compris les 88 individus d'âge 1+ ensemencés en juillet.

## 4.5 Captures en juin

De façon générale, les poissons étaient deux fois plus nombreux en juin 2018 (toutes espèces confondues) par rapport à l'année 2017, et ce, surtout dans la cage et le filet installé dans le B-17 de la passe migratoire. La préparation préalable du site (entretien de la passe migratoire) et l'opération du barrage en fonction des débits de la rivière pour favoriser l'attractivité de la passe migratoire dès le mois de mai 2018 ont certainement contribué à faire une différence dans les captures de poissons, dont les chevaliers cuivrés et de rivière. Les niveaux d'abondance de poissons dans le B-17 et la cage de la passe migratoire sont encore toutefois inférieurs à ce qui a déjà été enregistré durant les premières années de la mise en fonction de la passe migratoire. Il semble donc que l'attractivité de l'ouvrage soit moins grande en raison de l'accumulation de sédiments ou de débris qui modifierait le débit d'attrait. Ce facteur ne saurait cependant être le seul en cause. Les différences interannuelles dans l'abondance du poisson qui fréquente le bief aval du barrage de Saint-Ours peuvent aussi être un facteur explicatif. Des travaux majeurs d'entretien de la passe migratoire étaient prévus à l'automne 2018.

## 4.6 Diversité : dualité espèces en situation précaire et espèces exotiques et envahissantes

Au moins 49 espèces de poissons ont été capturées au cours de ces travaux menés en juin et en septembre, ce qui représente près de 45 % des espèces de poissons d'eau douce du Québec, dont huit espèces de poissons en situation précaire. Les deux tiers des espèces de mulettes (15 espèces dont 4 en situation précaire) connues au Québec ont été répertoriées en 2018, ce qui confirme également la grande diversité biologique de la rivière Richelieu. Par ailleurs, plusieurs espèces aquatiques exotiques et envahissantes sont également trouvées de façon récurrente dans les secteurs de la rivière Richelieu échantillonnés dans le cadre de ce projet, comme la tanche, la moule zébrée et maintenant le rotengle. De plus, le gobie à taches noires est désormais bien implanté dans la portion aval du barrage de Saint-Ours (Vachon, 2021).

Les tanches étaient très nombreuses en juin 2018, notamment dans la cage de la passe migratoire, mais également dans le bassin d'entrée (B-17), au point de représenter près de 26 % des captures (tous engins confondus). Bien que présente depuis longtemps dans la rivière Richelieu (Vachon et Dumont, 2000), cette espèce exotique et envahissante n'a jamais été trouvée en telle abondance depuis le début des années 2000. Par exemple, la première capture de tanche au cours des travaux de reproduction artificielle du chevalier cuivré est survenue en 2010. Par la suite, une dizaine de spécimens ont été répertoriés au cours de ces mêmes travaux en 2012 (n = 3), 2014 (n = 1) et 2017 (n = 6) et quelques-uns étaient observés dans la fenêtre de la passe migratoire (Vachon 2018a, 2018b, 2018c; Vachon et Sirois, 2019 ; Vachon, 2021). L'explosion des captures de tanches dans la passe migratoire en 2018 mérite une attention particulière. De tels déplacements ne contribuent pas à augmenter sa dispersion, car l'espèce est déjà présente dans l'ensemble de la rivière Richelieu, mais il est permis d'émettre l'hypothèse que les tanches pourraient avoir modifié leur comportement en période de fraye et

emprunter désormais la passe migratoire Vianney-Legendre pour se déplacer vers des endroits qui lui sont plus favorables pour la reproduction et la croissance des jeunes dans la rivière Richelieu. Les prochaines années seront déterminantes pour confirmer ou infirmer cette hypothèse. Enfin, la présence de bars rayés au bief aval du barrage de Saint-Ours ainsi que dans la passe migratoire est manifeste notamment au début du mois de juin, et ce, depuis au moins 2017.

## 4.7 Suivi du recrutement

Le nombre moyen de jeunes chevaliers de l'année capturés ( $LT < 100$  mm, toutes espèces confondues) par coup de seine dans le secteur de Saint-Marc en 2018 ( $1,8 \pm 2,3$  / coup de seine) est le plus faible jamais enregistré depuis vingt ans. Il est en effet inférieur aux valeurs mesurées en 2010 ( $2,6 \pm 3,6$ ) et en 2011 ( $4,6 \pm 6,2$ ), années où des conditions hydrologiques extrêmes ont prévalu dans la rivière Richelieu durant la période de fraye, soit une année de conditions hydrologiques très faibles en 2010 et une année de crue exceptionnelle en 2011 (Vachon 2018a, 2018b). Le nombre moyen de jeunes de l'année par station est également plus faible que celui mesuré en 1999 ( $3,1 \pm 5,8$ ) et en 2016 ( $2,3 \pm 5,1$ ) (Vachon et coll., 2014, Vachon, 2020).

En 2018, les conditions hydrologiques printanières qui prévalaient dans la rivière Richelieu étaient pourtant très proches des valeurs médianes. Même si le niveau du recrutement des chevaliers dans la rivière Richelieu était préoccupant en 2018, il pourrait être expliqué, du moins en partie, par la forte croissance des jeunes de l'année mesurée en 2018. Ainsi, dans ces conditions, il est probable que les individus de plus grande taille aient été davantage hors de la portée de la seine montréalaise dans des zones un peu plus profondes. La faible abondance des chevaliers rouges et blancs (premières espèces à frayer) et la très grande représentation des chevaliers jaunes dans les échantillons sont des observations qui corroborent cette hypothèse. Par ailleurs, un taux de survie plus faible chez les jeunes chevaliers aux stades embryonnaire et larvaire, en raison des températures estivales de l'eau de la rivière Richelieu qui ont atteint des niveaux très élevés en 2018, pourrait avoir causé des effets adverses plus significatifs chez les espèces qui se reproduisent plus tard dans la saison et contribuer à expliquer ces observations.

Toutefois, l'absence de capture de jeunes chevaliers cuivrés de l'année n'est pas si préoccupante et requiert d'être mise en contexte puisqu'il faut rappeler que les ensemencements automnaux n'ont pas été réalisés dans le secteur de Saint-Marc, mais plutôt en amont (secteur de Saint-Mathias) et en aval du barrage de Saint-Ours en raison du très faible nombre de fretins disponibles à l'automne. Par ailleurs, un grand nombre de larves y ont été remises à l'eau en juillet 2018 (secteurs 6B1 à 7B, voir le Tableau 6), mais leur survie a possiblement été réduite en raison des températures estivales élevées de la rivière Richelieu au moment des ensemencements en juillet. Cette hypothèse demeurera cependant toujours difficile à vérifier étant donné que les individus ont aussi tendance à se déplacer vers l'aval. De plus, comme l'ont démontré Vachon et coll. (2014), les CPUE moyennes de chevaliers cuivrés capturés à l'automne ne sont pas directement reliées au nombre total de larves et de fretins ensemencés durant la même année. Bien que la survie de chevaliers cuivrés ensemencés au stade larvaire ait déjà été démontrée<sup>27</sup> (Brassard, 2008), le taux de mortalité est certainement plus élevé à ce stade de développement, comme cela est aussi le cas pour des poissons produits dans le milieu naturel.

---

<sup>27</sup> Parmi les 13 jeunes chevaliers cuivrés de l'année capturés à l'automne 2007, trois (23 %) avaient été ensemencés au stade larvaire et les autres, au stade juvénile (Brassard, 2008).

Le suivi automnal du recrutement des chevaliers intègre non seulement le succès de reproduction (l'acte comme tel et le développement embryonnaire), mais également l'ensemble des facteurs qui modulent la survie des jeunes chevaliers durant leur première saison de croissance. Depuis plusieurs années, l'ampleur des variations des conditions hydrologiques et météorologiques, et ce, non seulement durant la période de reproduction, mais également durant la période de croissance, semble être plus grande. Ces éléments, ainsi que les variations de leurs combinaisons observées ces dernières années, influencent certainement la survie et la croissance des jeunes chevaliers de l'année dans la rivière Richelieu. Dans ce contexte, le maintien d'une offre diversifiée en termes de stade de développement lors d'ensemencements de chevaliers cuivrés est souhaitable pour conserver le plus possible les comportements sauvages et pour maximiser la survie des spécimens produits chaque année. La production de poissons ayant des comportements mal ou non adaptés à la vie sauvage (domestiqués) est un élément à considérer notamment lors d'un élevage dont l'objectif est de rétablir une population sauvage. Les techniques traditionnelles d'élevage en station piscicole peuvent même parfois contribuer à produire ou à exacerber des comportements mal adaptés (Tave et coll., 2018). Sans être le seul, il s'agit d'un élément très important à intégrer dans les programmes de réintroduction d'espèces en situation précaire (George et coll., 2009 ; Lamothe et coll., 2019).

Dans l'ensemble, ces observations montrent la variabilité naturelle du succès du recrutement des chevaliers dans la rivière Richelieu et indiquent que plusieurs facteurs, non encore tous connus, exercent certainement une influence sur la survie des jeunes durant l'été (toutes espèces confondues). Le suivi du recrutement ayant été réalisé dans un seul des deux secteurs et en l'absence de capture de jeunes de l'année, il n'est pas possible de déterminer si des chevaliers cuivrés ont été produits naturellement dans la rivière Richelieu en 2018 au moyen des analyses génétiques d'assignation parentale.

Enfin, la capture d'un chevalier cuivré adulte à la seine de rivage à l'automne est extrêmement rare et constitue un signal d'intérêt qui s'ajoute aux autres (captures de subadultes plus fréquentes). Depuis le début du suivi automnal du recrutement des chevaliers dans la rivière Richelieu, une telle capture n'est survenue qu'une seule autre fois, soit en 2009 dans le secteur aval du barrage de Saint-Ours (Vachon, 2010).

## 5. Conclusion

Les grands défis qui attendaient l'équipe en 2018 ont été relevés dans un contexte de réorganisation des rôles et des responsabilités de plusieurs personnes. Même si le nombre de recaptures de géniteurs est encore élevé, l'arrivée de jeunes reproducteurs ainsi que la capture d'un plus grand nombre de subadultes constituent des signaux très encourageants, d'autant plus que ces derniers sont capturés en plus grand nombre depuis 2016. Même si les analyses génétiques d'assignation parentale des tissus des chevaliers cuivrés ne sont pas encore terminées, il apparaît évident, à la lumière de ces résultats et observations, que la contribution des individus ensemencés est bien présente. Bien que le succès du recrutement, tel que mesuré à l'automne par le suivi à la seine, montre d'importantes variations interannuelles, la faible abondance des jeunes chevaliers de l'année (toutes espèces confondues) depuis quelques années dans la rivière Richelieu est à surveiller. Une étude visant à évaluer les mécanismes de dispersion des jeunes chevaliers dans la rivière Richelieu et à identifier les variables influençant leur croissance durant la première année est d'ailleurs amorcée et permettra d'aider à répondre à ces questions.

Le maintien des activités de cryopréservation de la laitance du chevalier cuivré demeure pertinent, et ce, même si le nombre de mâles n'est pas limitant chaque année. Cette technique permet de réaliser un plus grand nombre de croisements (familles) et de compenser, en partie, l'asynchronie dans l'arrivée des géniteurs certaines années. Grâce à cette technique de fécondation, 20 familles potentielles supplémentaires ont été produites en 2018. Les taux d'éclosion et de survie œufs-larves étant plus beaucoup plus faibles avec cette technique (résultat attendu), il est de mise d'en baliser l'usage. L'emploi de cette technique doit se faire à petite échelle lorsque le nombre de mâles est limité ou qu'ils sont absents. Elle doit être réalisée dans les meilleures conditions possible sur le terrain, par exemple avec les ovocytes d'une femelle qui répond de façon optimale au traitement hormonal, lorsque les ovocytes sont jugés de bonne qualité et, de préférence, lors d'une ovulation complète.

L'usage de cette technique de fécondation peut permettre de sauver les travaux en cas d'absence de mâle une année donnée et d'améliorer la diversité génétique les années où ils sont peu nombreux alors que les femelles sont davantage au rendez-vous. Cette technique a, et aura toujours, un coût sur le plan de la production et cela mérite d'être considéré, notamment durant les années où le nombre de mâles n'est pas limitant alors que le nombre de femelles est plus restreint comme cela a été le cas en 2018. L'usage de cette technique de fécondation se doit d'être encadré en tenant compte de tous ces éléments, par exemple la qualité des ovocytes, le nombre de géniteurs et le sexe-ratio, et d'inclure des objectifs reliés au nombre de familles et d'œufs à produire en fonction des géniteurs capturés sur le terrain. Les années d'abondance de mâles demeurent toutefois propices à la congélation de laitance pour les prochaines années.

## Recommandations

1. Maintenir les efforts supplémentaires de pêche au filet maillant, par du personnel expérimenté, pour la capture de géniteurs au bief aval du barrage de Saint-Ours, et ce, même si les résultats varient d'une année à l'autre, car cette technique permet encore de faire la différence certaines années;
2. Suspendre l'usage du HBSS tamponné à la Bicine compte tenu des résultats mitigés obtenus avec ce dilueur en 2018, notamment chez le chevalier cuivré, puisque ce dilueur ne pourrait être utilisé pour la cryopréservation de la laitance de cette espèce;
3. Maintenir l'élevage des individus produits au moyen de laitance cryopréservée dans un étang distinct, car cela permet d'obtenir de précieux renseignements sur le développement, le taux de survie et la croissance de ces derniers;
4. Développer des 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 qui se produisent souvent en deux groupes;
5. Développer des techniques d'élevage et des solutions de rechange pour optimiser l'alimentation et la survie des larves et des juvéniles dans les étangs pour contrer les conditions météorologiques qui sont parfois adverses et qui ont une influence sur la disponibilité des proies dans les étangs;
6. Poursuivre les essais d'élevage en intensif et développer des techniques pour améliorer la croissance des individus élevés selon cette méthode;

7. Maintenir les changements apportés en 2018 au transport et à l'ensemencement des larves : transport en boudins, deux séances d'ensemencement de larves si cela est requis en raison des frayes étalées;
8. Étaler les ensemencements de fretins sur deux jours, comme cela a été réalisé en 2009, afin de permettre une meilleure dispersion des juvéniles en septembre alors que les journées plus courtes limitent nos activités;
9. Poursuivre l'acclimatation préalable à la station piscicole des spécimens à ensemercer comme cela est réalisé depuis 2017 et prévoir d'abaisser la température davantage si les larves sont ensemencées lors d'une canicule.

## Autres travaux en collaboration

Ces travaux sur le chevalier cuivré permettent plusieurs collaborations comme celle avec l'Université McGill sur les effets des contaminants sur les jeunes stades de chevaliers, étude qui serait très difficile, voire impossible à réaliser avec des individus provenant du milieu naturel. Depuis 2016, l'équipe collabore au projet de M<sup>me</sup> 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. De nouvelles données ont été collectées 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 réalisés depuis 2016 sur les tanches capturées au cours de l'ensemble de ces activités pour une autre étude, entreprise en collaboration avec des collègues de la Direction de l'expertise sur la faune aquatique, portant sur différents autres volets de la biologie de la tanche plus de 25 ans après son introduction. Enfin, les travaux de suivi du recrutement ont permis de développer l'expertise régionale par rapport aux mulettes indigènes depuis quelques années et contribuent à accroître considérablement nos connaissances sur ces invertébrés moins bien connus, et ce, en collaboration avec le COVABAR.

## Remerciements

Je remercie spécialement toute l'équipe de réalisation pour son travail soutenu et sa 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 depuis plusieurs années ainsi que pour sa contribution à son financement. Ma gratitude s'adresse 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 lors des travaux de terrain automnaux. Je suis aussi 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 de rechange pour le transport des œufs vers la station piscicole, étape qui a été assurée par le COVABAR. Je tiens de plus à souligner la contribution très importante de mes collègues Nathalie Tessier et Lucie Veilleux, qui réalisent les analyses génétiques de tous les tissus de chevaliers. Ma gratitude s'adresse également au 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 son dévouement à l'élevage des jeunes durant la saison estivale. Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement le D<sup>r</sup> Stéphane Lair pour son soutien au projet en 2018, de même que M. 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 Parcs<sup>28</sup>, de l'équipe de rétablissement du chevalier cuivré, de Pêches et Océans Canada, par l'entremise du programme sur les espèces en péril, ainsi que par la contribution en nature de Parcs Canada.

---

<sup>28</sup> La Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval, la Direction de l'expertise sur la faune aquatique et la station piscicole de Baldwin-Coaticook.

# Annexes

## Annexe 1 : Caractéristiques des engins de pêche utilisés en 2018

### 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

Type de filet / identification	Site d'utilisation	Maille (mm)	Longueur (m)	Hauteur au centre (m)	Hauteur sur le côté (m)
B-17	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
MOHU-7	Bief aval	127	30	2	1,7
MOHU-8	Bief aval	127	30	2	1,7

#### 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 X 1,52 m longueur

Ralingue supérieure en polypropylène munie de flotteurs de surface

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

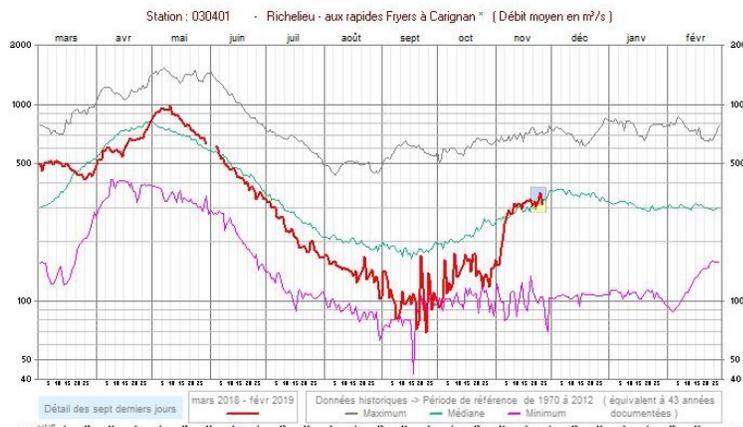
**Annexe 2** : Profils préliminaires des données du niveau d'eau (m) et du débit (m<sup>3</sup>/s) de la rivière Richelieu aux stations des rapides de Fryers et à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu de mars à novembre (trait rouge = valeur de 2018, trait vert = valeur médiane historique, trait gris = valeur maximale historique)

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

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



B) Débit (m<sup>3</sup>/s) aux rapides de Fryers



**Annexe 3** : Profils préliminaires des données du niveau d'eau (m) et du débit (m<sup>3</sup>/s) du fleuve Saint-Laurent aux stations du lac Saint-Louis (Pointe-Claire) et à Lanoraie de mars à novembre (trait rouge = valeur de 2018, trait vert = valeur médiane historique, trait gris = valeur maximale historique)

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

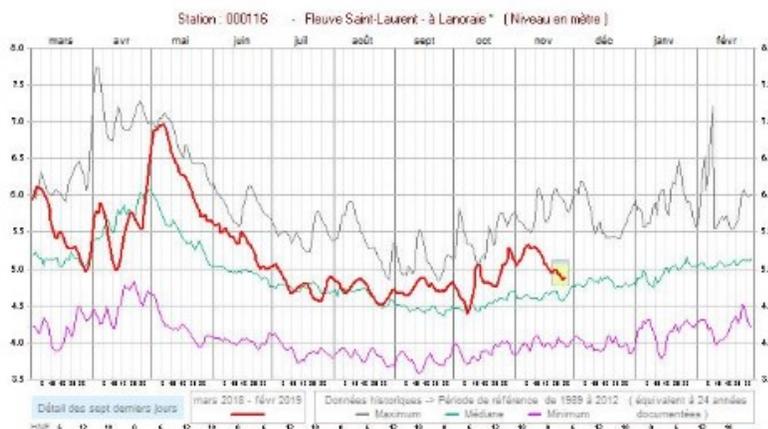
A) Niveau d'eau (m) au lac Saint-Louis (Pointe-Claire)



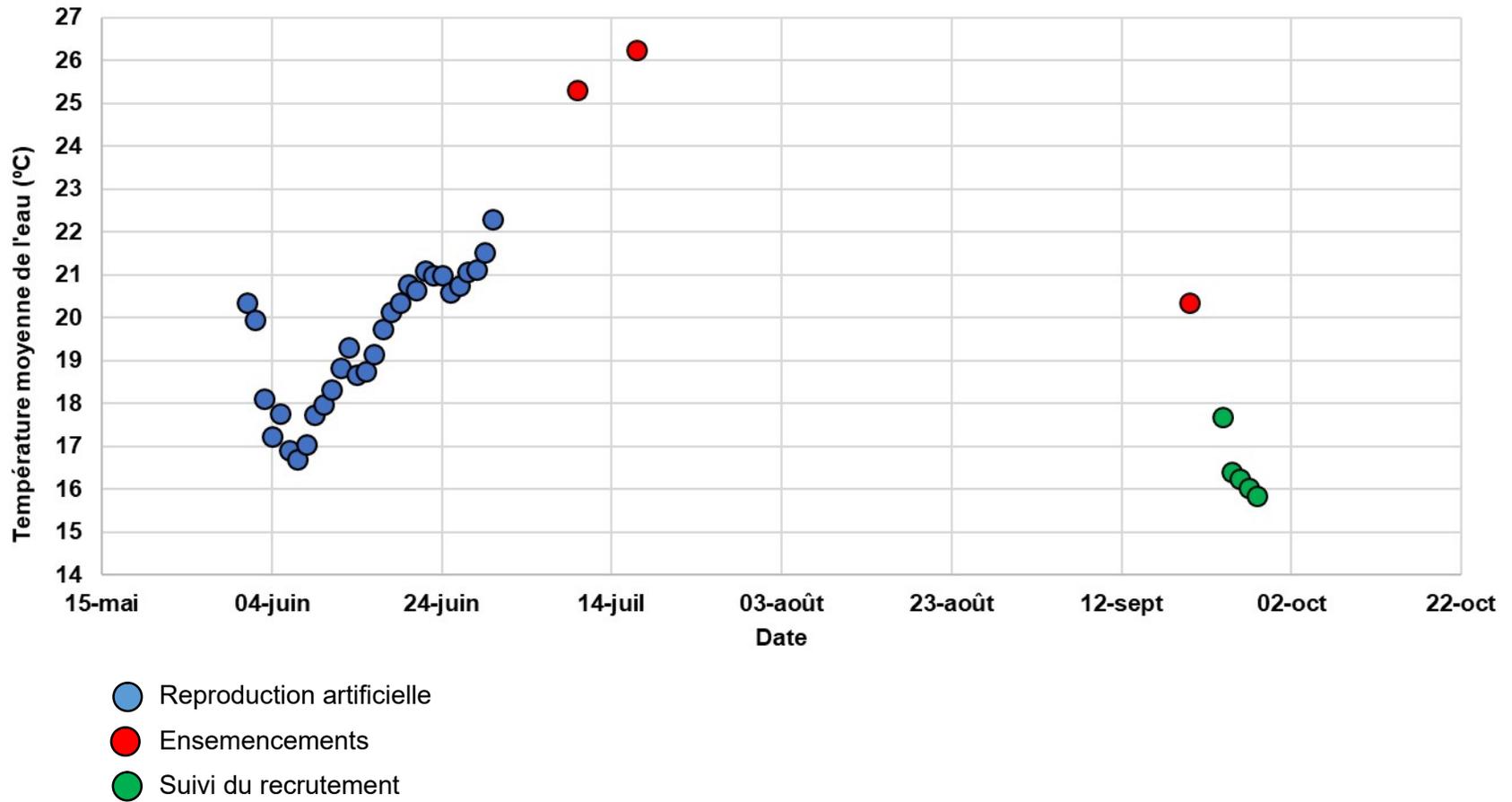
B) Niveau d'eau (m) à Lanoraie



C) Débit (m<sup>3</sup>/s) à LaSalle



**Annexe 4 :** Température moyenne quotidienne (°C) de l'eau de la rivière Richelieu enregistrée au cours des différents travaux de terrain réalisés du 1<sup>er</sup> juin au 28 septembre 2018



## Références

- BERNATCHEZ, L. (2004).** Considérations génétiques et protocole de reproduction relatifs au plan de rétablissement du chevalier cuirvé (*Moxostoma hubbsi*). Document présenté à la Société de la faune et des parcs du Québec et à Pêches et Océans Canada, 43 p.
- BRASSARD, J. (2008).** Contribution des ensemencements de larves et de juvéniles dans le rétablissement d'une espèce menacée, le chevalier cuirvé. Rapport final présenté à monsieur Pascal Sirois et monsieur Daniel Lord comme exigence partielle du cours 1GBI126. Diffusion des résultats de recherche du programme de baccalauréat en biologie. Université du Québec à Chicoutimi, vii + 23 pages.
- 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 cuirvé (*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 cuirvé (*Moxostoma hubbsi*) au Canada - Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, vii+ 43 p. (<https://www.sararegistry.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=56437564-1>).
- COSEPAC (2014).** Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le chevalier cuirvé (*Moxostoma hubbsi*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, xiii + 81 p. ([https://wildlife-species.canada.ca/species-riskregistry/virtual\\_sara/files/cosewic/sr\\_Copper%20Redhorse\\_2014\\_f.pdf](https://wildlife-species.canada.ca/species-riskregistry/virtual_sara/files/cosewic/sr_Copper%20Redhorse_2014_f.pdf))
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CHEVALIER CUIVRÉ DU QUÉBEC (2012).** Plan de rétablissement du chevalier cuirvé (*Moxostoma hubbsi*) au Québec – 2012-2017. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 55 p.
- GEORGE, A.L., B.R. KUHAJDA, J.D. WILLIAMS, M.A. CANTRELL, P.L. RAKES ET J.R. SHUTE (2009).** Guidelines for the propagation and translocation for freshwater fish conservation. Fisheries 34 : 529-545.
- LAMOTHE, K.A., D. A. R. DRAKE, T. E. PITCHER, J. E. BROOME, A. J. DEXTRASE, A. GILLESPIE, N E. MANDRAK, M. S. POESCH, S. M. REID ET N. VACHON (2019).** Reintroduction of fishes in Canada: a review of research progress for SARA-listed species. Environ. Rev. 27 : 575-599.

- 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 SEEEQ Itée 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.
- MARCHAND, H., B.D. BARST, E. BOULANGER. N. VACHON, M. HOUDE ET J. HEAD (2018).** Does exposure to contaminants during early life stages impede recovery of the endangered copper redhorse? Conference paper presented at the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). California. United States.
- 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.
- MPO, MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS CANADA (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.registrellep-sararegistry.gc.ca/document/default\\_f.cfm?documentID=1565](http://www.registrellep-sararegistry.gc.ca/document/default_f.cfm?documentID=1565).
- NIKOLSKY, G.V. (1963).** The ecology of fishes. Academic Press. London and New York. 352 p.
- TAVE, D., L.A. TOYA, ET A.M. HUTSON (2018).** Behavioral observations of the endangered Rio Grande silvery minnow in a conservation aquaculture facility. *Croatian Journal of Fisheries.* 76 : 7-26.
- 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. ET P. DUMONT (2000).** Caractérisation des premières mentions de capture de la tanche (*Tinca tinca* L.) dans le Haut-Richelieu (Québec). Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Montérégie, Longueuil, Rapport technique 16-07, ix + 25 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., S. VELASQUEZ, P. GRONDIN ET H. MASSE (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. VELASQUEZ-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. (2018a).** Reproduction artificielle, suivi du recrutement et recherche de subadultes de chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2010. 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, Rapport technique 16-50, 42 p.
- VACHON, N. (2018b).** Reproduction artificielle, suivi du recrutement et recherche de subadultes de chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2011. 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, Rapport technique 16-51, 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. 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, Rapport technique 16-52, 3 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., 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 Laval, Secteur de la faune, Rapport technique 16-47, 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. (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. (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, 44 p.

**VACHON, N.** (*en 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, Secteur des opérations régionales.



**Forêts, Faune  
et Parcs**

**Québec** 