



Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs



Reproduction artificielle, ensemencements et suivi de la population du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) en 2013

Décembre 2019

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 pages.

La version intégrale de ce document est accessible sur le site Internet du Ministère à :

mffp.gouv.qc.ca.

Crédit photo de la page couverture : Nathalie Vachon, MFFP.

© Gouvernement du Québec

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Dépôt légal — Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2019

ISBN (PDF) : 978-2-550-85690-0

ÉQUIPE DE RÉALISATION 2013

Plusieurs personnes ont été impliquées dans la réalisation de ces activités de rétablissement et de suivi de la population.

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

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

Sylvain Desloges¹
Claude Sirois¹
Delphine Durette-Morin⁴
Mélicha Lamoureux¹
Huguette Massé¹

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

Sylvain Desloges¹
Claude Sirois¹
Mélicha Lamoureux¹
Delphine Durette-Morin⁴

Opération de la cage de la passe migratoire

Claude Sirois¹
Delphine Durette-Morin⁴
Mélicha Lamoureux¹
Huguette Massé¹

Reproduction artificielle

Paul Grondin²
Huguette Massé¹
Nathalie Vachon¹
Sandra Velásquez³

Désinfection des œufs

Mélicha Lamoureux¹

Élevage et transport

Personnel de la Station Piscicole de Baldwin-Coaticook

Ensemencements (larves et juvéniles)

Claude Sirois¹
Nathalie Vachon¹
Mélicha Lamoureux¹
Jessica Dubé¹

Gestion et entretien de la banque de laitance

Sandra Velásquez³
Claude Sirois¹

Révision initiale du document

Sandra Velásquez³
Pierre Bilodeau

Développement de dilueurs pour la laitance

Paul Grondin²
Nathalie Vachon¹
Sandra Velásquez³

Conception et fabrication du système d'incubateurs

Sylvain Desloges¹

Cryopréservation de la laitance

Sandra Velásquez³
Nathalie Vachon¹
Paul Grondin²

Examen postcongélation des échantillons cryopréservés

Sandra Velásquez³

Fécondation avec la laitance cryopréservée

Sandra Velásquez³
Nathalie Vachon¹

Suivi et entretien des incubateurs, tests de fécondation

Sandra Velásquez³
Nathalie Vachon¹
Delphine Durette-Morin⁴

Suivi du recrutement

Nathalie Vachon¹
Claude Sirois¹
Sandra Velásquez³
Jessica Dubé¹

Travail de laboratoire, saisie et validation de données

Jessica Dubé¹
Sandra Velásquez³
Claude Sirois¹
Nathalie Vachon¹

Révision finale du document

Chantal Côté⁵

Mise en page

Jessica Dubé
Sophie Lebarbé

¹ MDDEFP, Direction régionale de l'Estrie, de Montréal et de la Montérégie, Secteur de la faune.

² MDDEFP, Direction de la faune aquatique, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats.

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

⁴ Bénévole : étudiante en biologie à l'Université de Dalhousie, Halifax.

⁵ MDDEFP, Direction régionale de Laval et de Lanaudière, Secteur de la faune

TABLES DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE RÉALISATION 2013	iv
TABLES DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES ANNEXES	vii
AVANT-PROPOS	viii
RÉSUMÉ	ix
1 INTRODUCTION	1
2 MATÉRIEL ET MÉTHODES	2
2.1 Capture des chevaliers de rivière et cuivré.....	2
2.2 Reproduction artificielle et élevage à la station piscicole de Baldwin-Coaticook	2
2.3 Cryopréservation de la laitance	2
2.4 Suivi du développement embryonnaire et larvaire.....	3
2.5 Ensemencements	3
2.6 Suivi du recrutement	3
3 RÉSULTATS	3
3.1 Conditions hydrologiques et thermiques de la rivière Richelieu et scénario d'écoulement au bief aval du barrage de Saint-Ours en 2013	3
3.2 Captures	4
3.2.1 Bilan et effort de pêche	4
3.2.2 Séquence temporelle des captures et caractéristiques des géniteurs	5
3.3 Historique des recaptures	6
3.4 Reproduction artificielle	6
3.5 Production, élevage à la station piscicole de Baldwin-Coaticook et ensemencements	9
3.6 Suivi du recrutement dans la rivière Richelieu.....	11
3.6.1 Chevaliers.....	11
3.6.2 Autres espèces	13
4 DISCUSSION	13
4.1 Conditions hydrologiques de la rivière Richelieu	13

4.2 Reproduction artificielle	14
4.3 Ensemencements	14
4.4 Suivi du recrutement	15
5 CONCLUSION	16
RECOMMANDATIONS	17
PARTENAIRES	18
REMERCIEMENTS	18
ANNEXES	19
BIBLIOGRAPHIE	23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Effort (heures) et répartition dans le temps des engins de pêche utilisés pour la capture de chevaliers cuivrés et de rivière en 2013.	5
Tableau 2. Bilan des croisements de chevaliers cuivrés réalisés en 2013.....	8
Tableau 3. Répartition des larves et des fretins de chevalier cuivré dans les différents sites d'ensemencement en 2013 (rivière Richelieu).	10
Tableau 4. Captures moyennes par unité d'effort (nombre/station) de jeunes chevaliers de l'année (toutes espèces confondues) dans les deux secteurs de la rivière Richelieu couverts par le suivi du recrutement en 2013.....	12
Tableau 5. Croissance en taille (LT), en poids et abondance relative des jeunes chevaliers de l'année dans la rivière Richelieu en 2013.	12

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Évolution temporelle de la température de l'eau (°C) enregistrée au thermographe dans les bassins lors des activités de reproduction artificielle du chevalier cuivré en 2012 et 2013 (température moyenne calculée sur 24 heures).	4
Figure 2. Séquence temporelle (journalière et cumulée) des captures de chevalier cuivré (mâles et femelles) au site historique du canal de Saint-Ours du 3 au 26 juin 2013.	5
Figure 3 : Distribution de fréquence en taille (LT) des chevaliers cuivrés capturés en juin 2013.	6
Figure 4. Comparaison de la température moyenne de l'eau de la rivière Richelieu enregistrée lors de la présence du personnel au cours des activités de reproduction artificielle depuis 2004. La température moyenne quotidienne est basée sur deux à quatre valeurs.	9

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Aperçu du débit moyen (m ³ /s) de la rivière Richelieu enregistré aux rapides de Fryers à Carignan (Station 030401) de janvier à novembre 2013. Dans le but de conserver la séquence temporelle complète à partir de janvier, ce graphique résulte de la superposition de deux images prises à différents moments au site du Centre d'expertise hydrique.	19
ANNEXE 2 : Aperçu du niveau d'eau (m) de la rivière Richelieu enregistré à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu (Station 030419) de janvier à novembre 2013. Dans le but de conserver la séquence temporelle complète à partir de janvier, ce graphique résulte de la superposition de deux images prises à différents moments au site du Centre d'expertise hydrique.	20
ANNEXE 3 : Bilan général des géniteurs, du nombre de familles produites et du nombre de larves et de fretinsensemencés depuis 2004.	21
ANNEXE 4 : Séquence temporelle de capture, de traitement hormonal, d'ovulation et d'éclosion des œufs chez les 10 chevaliers cuivrés femelles manipulées en 2013.....	22

AVANT-PROPOS

Ce rapport est une version révisée et mise à jour du livrable final produit dans le cadre du financement obtenu de Pêches et Océans Canada (MPO) par l'entremise du programme du MPO sur les espèces en péril 2012-2013 « Rétablissement du chevalier cuivré dans la rivière Richelieu », attendu dans le cadre du financement obtenu de la Fondation de la faune du Québec pour la seconde année du projet de reproduction artificielle du chevalier cuivré (NO de projet : 6-6600-0421) ainsi que celui requis relatif au permis de recherche et de collecte de l'Agence Parcs Canada CSO-2007-1114. Les travaux de reproduction artificielle et de cryopréservation de la laitance du chevalier cuivré ont obtenu un certificat de bons soins aux animaux (CPA-FAUNE 13-22).



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada



Fondation de la faune du Québec

RÉSUMÉ

En raison de l'extrême rareté et précarité de l'espèce, la population de chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), une espèce menacée vivant uniquement au Québec, est soutenue par la reproduction artificielle depuis 2004 dans le but de reconstituer le stock reproducteur. Parallèlement, un suivi du recrutement des jeunes chevaliers de l'année est effectué dans la rivière Richelieu depuis 1997. Cet échantillonnage est retenu comme un indice de performance des mesures de conservation et de soutien à la population. Les activités de reproduction artificielle se sont déroulées du 3 au 26 juin 2013 au lieu historique national du Canal-de-Saint-Ours, plus précisément à la passe migratoire Vianney-Legendre. Au total, 25 chevaliers cuivrés (12 femelles et 13 mâles) ont été manipulés en 2013. Parmi ceux-ci, quatre (16 %) étaient des recaptures (trois femelles et un mâle). Le développement des techniques de cryopréservation de la laitance s'est poursuivi et, en 2013, un système d'incubateurs a été aménagé sur place afin de suivre à plus long terme le développement embryonnaire et larvaire, notamment lors des tests de fécondation avec de la laitance cryopréservée. En 2013, 74 familles ont été produites, dont 8 sont issues d'échantillons de laitance cryopréservée de géniteurs manipulés en 2012. Les conditions hydrologiques et météorologiques n'étaient pas optimales en 2013 et ont contribué à compliquer les activités non seulement de capture des géniteurs, mais aussi en ralentissant la maturation des gonades. Par rapport à l'année précédente, les processus de maturation finale des gonades ont été lents en 2013, et ce, tant chez les mâles que chez les femelles. Chez les femelles, cela se traduisait par des frays partielles plus fréquentes et des taux de fécondation et d'embryons normaux un peu plus faibles au début de la saison. Chez les mâles, cela se manifestait surtout par une durée de motilité des spermatozoïdes plus faible au début de la saison. La maturation lente des gonades est certainement associée aux basses températures de l'eau de la rivière Richelieu en 2013, qui a d'ailleurs été l'année la plus froide depuis le début des activités. Quelque 480 434 œufs ont été transportés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook pour incubation et élevage. Le 5 juillet, 199 455 larves ont étéensemencées dans la rivière Richelieu, alors que les autres ont été mises dans les 9 étangs de croissance. Cette année, un étang a été réservé aux larves produites par la laitance cryopréservée. La production de chevaliers cuivrés en 2013 a été excellente. Il s'agit de la seconde année en ce qui a trait au nombre de fretins d'automne produits. Quelque 35 416 fretins ont été relâchés dans la rivière Richelieu le 12 septembre. Parmi ceux-ci, environ 3 550 étaient issus de laitance cryopréservée. Sans atteindre les abondances exceptionnelles de 2012, le nombre de jeunes chevaliers de l'année (toutes espèces confondues) capturés lors du suivi du recrutement à l'automne a été très élevé en 2013 ($n = 1\,411$). Comme dans les années antérieures, la rive gauche de la rivière Richelieu ainsi que les herbiers entourant les îles de Jeannotte et aux Cerfs du secteur de Saint-Marc sont les plus productifs. Par rapport aux jeunes de l'année des autres espèces de chevaliers, la proportion des chevaliers cuivrés s'élève à 31 %. La taille (LT) des jeunes chevaliers cuivrés de l'année capturés en 2013 variait de 25,5 à 59 mm (moy. 41,3 mm). Deux chevaliers cuivrés 1+ ont été recensés à l'île de Jeannotte. Ces spécimens, qui mesuraient 150 et 163 mm, ont été remis à l'eau au site de capture. Cette grande abondance de jeunes chevaliers cuivrés de l'année peut difficilement s'expliquer autrement que par la contribution importante des spécimensensemencés. D'après les motifs de pigmentation observés chez certains individus, la présence de chevaliers cuivrés indigènes est vraisemblable, mais leur origine ne pourra être confirmée que lorsque des analyses génétiques d'assignation parentale seront réalisées. Les résultats de 2013 sont très satisfaisants tant par le nombre de larves et de fretins produits et remis à l'eau que par le nombre de familles produites. Les activités de reproduction artificielle reflètent toujours un faible effectif de géniteurs, puisque les recaptures sont encore fréquentes et les plus grandes classes de taille sont encore les plus représentées. La portée des échantillonnages de suivi de la population de chevalier cuivré permet d'acquérir des connaissances sur la communauté de poissons de la rivière Richelieu. Ces travaux permettent de suivre l'abondance d'autres espèces en situation précaire, comme le fouille-roche gris (*Percina copelandi*), le dard de sable (*Ammocrypta pellucida*) et le chevalier de rivière (*Moxostoma*

carinatum), ainsi que la progression d'espèces exotiques et envahissantes comme la tanche (*Tinca tinca*) et le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*), espèce dont la reproduction a été confirmée pour la première fois dans la rivière Richelieu en 2013.

1 INTRODUCTION

Le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) a été désigné menacé par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC) en 1987 (Mongeau et coll., 1988), puis 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, l'espèce est considérée en voie de disparition (COSEPAC, 2004) et est légalement désignée comme telle, depuis 2007, en vertu de la Loi sur les espèces en péril du Canada (LEP). Tel que cela est prévu dans le processus de désignation des espèces en situation précaire au Canada, qui recommande une révision de statut tous les 10 ans, ce dernier sera évalué de nouveau en 2014 par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Considérant les importantes acquisitions de connaissances sur l'espèce survenues depuis la dernière décennie, un nouveau rapport de situation a été produit pour le COSEPAC et est actuellement à l'étape de la révision finale.

En raison de l'extrême rareté et précarité de l'espèce, la population est soutenue par des activités de reproduction artificielle réalisées depuis 2004 par le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP). 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 à la population de chevalier cuivré, dont un suivi de l'efficacité desensemencements. Ce suivi de la population, tout comme les activités de reproduction artificielle, a d'ailleurs été inscrit dans le Plan de rétablissement du chevalier cuivré 2004-2008 (troisième plan) (Équipe de rétablissement du chevalier cuivré, 2005) et ces deux activités ont été reconduites dans le quatrième plan de rétablissement provincial (Équipe de rétablissement du chevalier cuivré, 2012) et inscrit dans le premier Programme de rétablissement du chevalier cuivré en vertu de la LEP (MPO, 2012). Des actions liées à l'acquisition de connaissances sur les habitats des juvéniles plus âgés (subadultes) ont aussi été clairement désignées comme prioritaires dans ces plans, puisqu'il s'agit de données importantes pour assurer le succès du plan de reproduction artificielle et le rétablissement de l'espèce.

La reproduction artificielle vise à reconstituer le stock reproducteur de la seule population mondiale de chevalier cuivré. L'objectif est de produire annuellement 500 000 larves et 15 000 fretins appartenant à 100 familles¹. Cette action est réalisée en vertu d'un plan de reproduction basé sur des considérations génétiques de la population (Bernatchez, 2004; Lippé et coll., 2006). Il s'agit de la huitième année du projet prévu initialement sur 10 ans dans le Plan de rétablissement du chevalier cuivré 2004-2008 (Équipe de rétablissement du chevalier cuivré, 2005).

Ces travaux touchent trois 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 provincial de rétablissement du chevalier cuivré (2012-2017) (Équipe de rétablissement du chevalier cuivré, 2012). Ces documents sont préparés conjointement et visent le même objectif, soit de reconstituer une population de 4 000 individus matures en 20 ans.

OBJECTIF 2 : Soutenir la population de chevaliers cuivrés grâce à l'ensemencement, jusqu'à ce que la reproduction naturelle permette le maintien de la population à long terme.

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

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

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

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Capture des chevaliers de rivière et cuivré

Les pêches, ciblées pour la capture de géniteurs de chevaliers cuivrés à l'aide d'un filet maillant placé dans le bassin d'entrée (B-17) de la passe migratoire Vianney-Legendre, ont débuté le 3 juin 2013 et se sont poursuivies jusqu'au 26 juin sans interruption. La cage de la passe migratoire Vianney-Legendre a été utilisée les 29 et 30 mai, puis presque sans interruption du 3 jusqu'au 25 juin (23 juin exclu). En général, la cage a été levée une fois par jour, sauf du 3 juin au 12 juin, où deux levées par jour ont été effectuées. Des efforts supplémentaires, par le personnel du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, ont été déployés sur les sites de fraye au moyen de filets maillants (maille de 4 à 5 po) installés au bief aval du barrage de Saint-Ours tous les jours du 21 au 26 juin. Quelques essais ont également été réalisés au moyen d'un filet maillant dérivant au même endroit.

2.2 Reproduction artificielle et élevage à la station piscicole de Baldwin-Coaticook

Les activités ont été réalisées suivant les méthodes habituelles décrites dans Vachon (2010) qui comprennent, entre autres, la garde en captivité des géniteurs, l'induction hormonale ainsi que la désinfection des œufs aux iodophores (Ovadine) par trempage lors du durcissement afin de prévenir la septicémie hémorragique virale (SHV). Comme en 2012, le suivi de la température de l'eau durant les activités a été assuré par un thermographe installé dans un des bassins de rétention des géniteurs. Les données étaient enregistrées sans interruption toutes les heures.

Les œufs ont été transportés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook et les neuf étangs d'élevage ont été mis en charge. En 2013, des travaux visant la comparaison de différentes méthodes de dénombrement des œufs de chevalier cuivré ont été réalisés à la station piscicole dans le but d'évaluer et de comparer la précision de quelques méthodes, dont celle de Von Bayer (1910) (adaptée de Lagler) et la méthode du déplacement volumétrique. La méthode Von Bayer est la technique de comptage des œufs retenue pour le dénombrement des œufs de salmonidés et a fait l'objet d'une généralisation afin de dénombrer aussi les œufs de doré jaune (*Sander vitreus*) et de bar rayé (*Morone saxatilis*) à la station piscicole de Baldwin-Coaticook (Lessard, 2013).

2.3 Cryopréservation de la laitance

Amorcés en 2012 (Vachon et coll., 2013), les travaux de recherche et développement portant sur la cryopréservation de la laitance de chevalier cuivré se sont poursuivis en 2013. Comme l'année dernière, des essais ont aussi été réalisés en début de saison sur le chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*). Quelques éléments supplémentaires et combinaisons de ces éléments (paillettes de 1,2 ml, dilueurs à différentes osmolalités, dilueurs HBSS et CryoFish, cryoprotecteur diméthylsulfoxyde² et plusieurs tests de toxicité) ont été expérimentés en 2013. Des fécondations de plus grands volumes d'ovocytes au moyen de laitance cryopréservée en 2012 ont aussi été effectuées en 2013. Au total, 12 fécondations avec de la laitance cryopréservée ont été réalisées, dont quatre essais avec des

² DMSO

volumes d'ovocytes de 6 ml et huit autres avec des volumes plus grands, soit de 20 ml (n = 4), 25 ml (n = 2) et 50 ml (n = 2). Le ratio du volume d'ovocytes et de laitance cryopréservée utilisé en 2013 était de 5:1. Les détails des analyses portant sur la cryopréservation de la laitance en 2013 sont présentés dans un autre rapport (Vachon et coll., 2019).

2.4 Suivi du développement embryonnaire et larvaire

Dans le but de suivre à plus long terme le développement embryonnaire et larvaire lors des tests de fécondation avec de la laitance cryopréservée, de même que de permettre éventuellement la description des clivages et de leur durée ainsi que du temps d'éclosion (exprimé en degrés-jours), un système d'incubateurs avec une circulation d'eau continue a été fabriqué en s'inspirant des travaux de Grocock et coll. (2013). À des intervalles prédéterminés, les œufs ont été fixés dans une solution de Stockard et les larves dans une solution de formol tamponné à 5 % (tampon phosphate) pour chacun des tests en cours. Quelques œufs ont été fixés toutes les 30 minutes durant la première journée. Les jours suivants, des prélèvements ont été réalisés toutes les heures jusqu'à l'éclosion après quoi quelques larves ont été fixées selon les mêmes procédures. Des œufs produits au moyen de laitance préservée dans les dilueurs au réfrigérateur ont été placés en incubateur comme témoins. Le suivi de la température de l'eau durant le développement embryonnaire a été réalisé au moyen d'un thermographe installé dans l'un des incubateurs.

2.5 Ensemencements

Les ensemencements ont eu lieu le 5 juillet (larves) et le 12 septembre (fretins) en embarcation dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu. Comme en 2012, les larves et les fretins ont été regroupés dans un grand bac pour être transportés et remis à l'eau. Cette méthode permet de distribuer les différentes familles sur l'ensemble du territoire.

2.6 Suivi du recrutement

Le suivi du recrutement des chevaliers, par la capture de jeunes de l'année, a eu lieu du 23 au 26 septembre dans le secteur de Saint-Ours (24 stations) et du 27 septembre au 4 octobre dans le secteur de Saint-Marc (40 stations), selon les méthodes décrites dans Vachon (1999ab, 2002, 2007, 2010).

3 RÉSULTATS

3.1 Conditions hydrologiques et thermiques de la rivière Richelieu et scénario d'écoulement au bief aval du barrage de Saint-Ours en 2013

Sans atteindre les niveaux de 2011, l'année 2013 a été une année d'assez forte hydraulité durant les activités de juin. Bien que les débits moyens journaliers (m^3/s) de la rivière Richelieu (évalués à partir de données collectées aux rapides de Fryers à Carignan à partir du mois d'avril) se soient maintenus entre les valeurs minimales et médianes enregistrées durant la période de référence de 1970 à 2010, un accroissement brusque et considérable est survenu dans la dernière semaine de mai. Durant cette période, les débits, de $400 m^3/s$, ont atteint près de $700 m^3/s$. Ils sont demeurés par la suite plus élevés que la valeur médiane (variant de 630 à $750 m^3/s$) durant tout le mois de juin. Bien que décroissant, les débits moyens ont suivi la courbe des valeurs maximales de la mi-juin jusqu'à la fin du mois (Annexe 1). En raison de l'activation des vannes du barrage, le niveau d'eau est monté presque jusqu'à

la passerelle de la passe migratoire, alors que celle-ci a été complètement fermée tout comme le barrage, le 14 juin, afin de permettre l'installation de la barrière de sécurité. Ces éléments, qui s'ajoutaient aux conditions hydrologiques élevées (moins optimales), ont certainement influencé notre efficacité de capture de géniteurs durant quelques jours. Aucun chevalier cuivré, ni mâle ni femelle, n'a été capturé du 12 au 15 juin. Les débits moyens (m³/s) aux rapides de Fryers et le niveau d'eau (m) enregistrés à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu de janvier à novembre 2013 sont présentés aux Annexes 1 et 2.

La température de l'eau de la rivière Richelieu durant les activités de 2013 a été très différente de celle de 2012. La température moyenne journalière (calculée à partir des données sur 24 heures) durant les activités de 2012 était de 20,3 °C, alors qu'elle était de 17,2 °C en 2013. Les écarts entre les températures nocturnes et diurnes étaient aussi beaucoup plus grands en 2013, comparativement à 2012 (Figure 1).

3.2 Captures

3.2.1 Bilan et effort de pêche

Au total, 25 chevaliers cuivrés (12 femelles et 13 mâles) ont été capturés du 4 au 26 juin 2013. Au début des activités, quelques chevaliers de rivière (5 femelles et 6 mâles) ont été gardés en captivité dans le but de poursuivre le développement des techniques de cryopréservation de la laitance. Le Tableau 1 présente la répartition de l'effort de pêche pour la capture de géniteurs de chevaliers cuivrés et de rivière lors des activités de 2013.

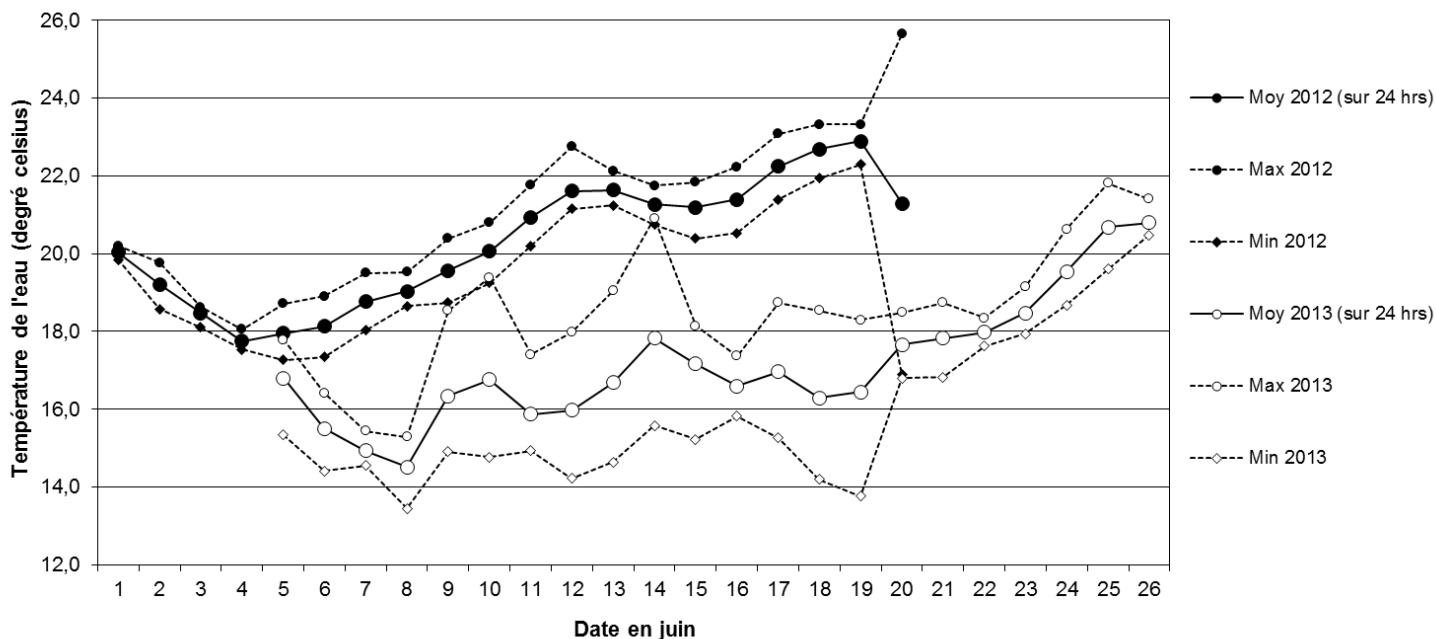


Figure 1. Évolution temporelle de la température de l'eau (°C) enregistrée au thermographe dans les bassins lors des activités de reproduction artificielle du chevalier cuivré en 2012 et 2013 (température moyenne calculée sur 24 heures).

Tableau 1. Effort (heures) et répartition dans le temps des engins de pêche utilisés pour la capture de chevaliers cuivrés et de rivière en 2013.

Engin	Période	Effort (heures)
Filet maillant dans le B-17	3 au 26 juin	167,7
Cage de la passe migratoire	29 et 30 mai, 3 au 25 juin (23 juin exclu)	572,8
Filet installé au bief aval de Saint-Ours (embarcation)	21 au 26 juin	58,0

Tous les chevaliers cuivrés ont été capturés au filet dans le bassin d'entrée (B-17) de la passe migratoire, sauf une femelle qui a été capturée dans un filet déployé sur la frayère le 26 juin. Aucun chevalier cuivré n'a été trouvé dans la cage située à la sortie de la passe migratoire, cet engin n'est toutefois jamais très productif pour la capture de géniteurs de cette espèce. Notons que les conditions hydrologiques ne favorisaient pas le déploiement d'une équipe en embarcation, puisque les activités sont jugées plus à risque à des débits supérieurs à 600 m³/s (Annexe 1). Malgré des débits encore élevés, mais en décroissance, des efforts ont été entrepris avec cette méthode du 21 au 26 juin.

3.2.2 Séquence temporelle des captures et caractéristiques des géniteurs

La séquence temporelle des captures des chevaliers cuivrés en 2013 montre deux groupes distincts de géniteurs, soit ceux capturés du 4 au 11 juin (n = 10 dont cinq mâles et cinq femelles) et le second par ceux capturés du 16 au 26 juin (n = 15, dont sept femelles et huit mâles) (Figure 2).

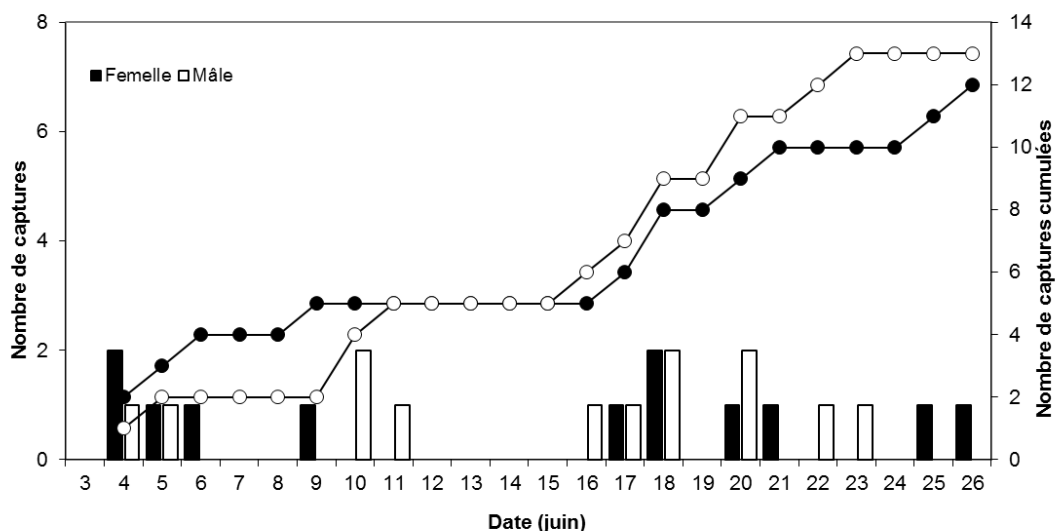


Figure 2. Séquence temporelle (journalière et cumulée) des captures de chevalier cuivré (mâles et femelles) au site historique du canal de Saint-Ours du 3 au 26 juin 2013.

La classe de taille la plus représentée est celle de 600 à 649 mm, et ce, tant chez les mâles que chez les femelles (Figure 3). Deux chevaliers cuivrés avaient une taille (LT) supérieure à 700 mm : la femelle (3414) mesurait 708 mm et le mâle (2679), 704 mm. Il s'agit de la première mention d'un mâle d'une taille supérieure à 700 mm. Le mâle de plus grande taille figurant dans nos banques de données mesure 698 mm et a été capturé le 16 juin 1942 au lac Saint-Louis, dans le secteur de Dorion.

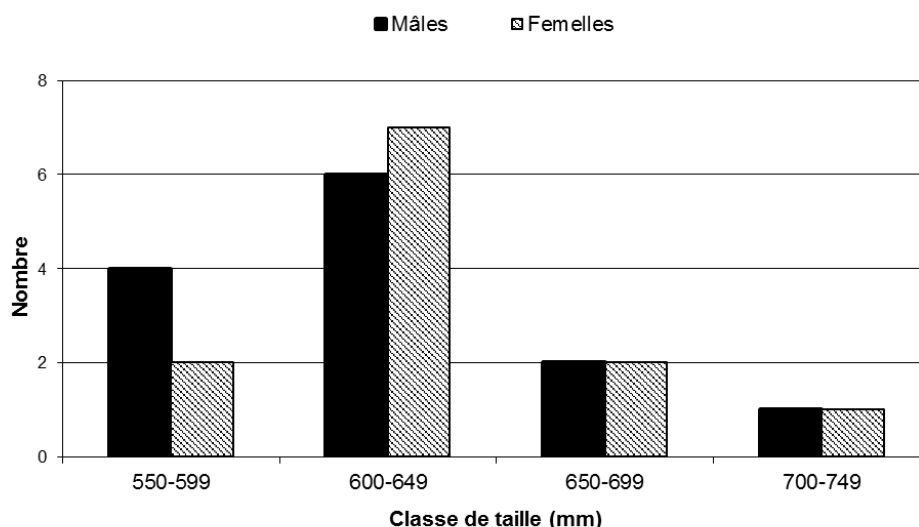


Figure 3 : Distribution de fréquence en taille (LT) des chevaliers cuivrés capturés en juin 2013.

3.3 Historique des recaptures

Globalement, 16 % des chevaliers cuivrés manipulés en 2013 (4/25) étaient des spécimens connus. Trois femelles portaient déjà une micropuce. L'une (6536) avait déjà participé à la reproduction artificielle en 2009 et avait produit neuf familles. En 2013, elle a été croisée avec 10 nouveaux mâles. La seconde (052A) avait été capturée le 24 juin 2005, lors des activités de reproduction artificielle, et avait été relâchée après quelques heures sans avoir été intégrée au programme de reproduction artificielle. En 2013, cette femelle a été croisée avec 11 mâles. La troisième femelle recapturée (002A) a été croisée avec cinq mâles. Cette dernière n'avait jamais participé à la reproduction artificielle. Elle avait été prise dans un verveux installé dans le B-17 le 7 juin 2005 au cours des activités de suivi de la passe migratoire Vianney-Legendre. Parmi les 13 mâles manipulés, un seul (2163) était connu et avait participé aux activités de 2012 en produisant 4 familles. Ce mâle a été croisé avec 10 nouvelles femelles en 2013.

3.4 Reproduction artificielle

Soixante-six croisements (familles) fructueux³ ont été réalisés en 2013, auxquels s'ajoutent huit familles qui ont pu être produites grâce aux échantillons de laitance cryopréservée de géniteurs manipulés en 2012. Ces dernières représentent un ajout de 11 %, ce qui porte le nombre total à 74 familles viables

³ Familles viables, c'est-à-dire que l'éclosion de larves est survenue à la station piscicole.

produites en 2013 (voir les détails dans le Tableau 2). Deux mâles, soit le 6621 (LT = 560 mm) et le 8554 (LT = 550 mm), ont été relâchés après quelques jours de captivité en raison de la difficulté de faire des prélèvements chez ces spécimens. Chacun a produit respectivement quatre et une familles en 2013. Chez la plupart des mâles manipulés en 2013, il existe encore beaucoup de potentiel pour les prochaines années, puisque ces 13 mâles n'ont produit que d'une à cinq familles, ce qui est nettement inférieur au potentiel théorique (10) prévu dans le plan de reproduction initial (Bernatchez, 2004; Lippé et coll., 2006) et revu à la hausse à la suite d'une première évaluation du plan après cinq ans (Vachon, 2010). Les volumes de laitance prélevés chez ces deux mâles étaient aussi insuffisants pour la congélation d'échantillons. D'autre part, deux mâles de cette gamme de tailles (550 à 599 mm) ont donné d'excellents résultats. Ces observations montrent que le potentiel reproducteur des plus petits mâles varie.

Tous les géniteurs ont été traités le jour même de leur capture, à l'exception des trois capturés le 4 juin (deux femelles et un mâle) qui ont reçu la première injection d'Ovaprim^{MC} le 5 juin. Parmi les 12 femelles, 10 ont été intégrées aux activités de reproduction artificielle. Malgré un croisement avec 11 mâles, la progéniture de l'une d'elles (femelle 2831, LT = 598 mm) n'a pas survécu. De nombreux œufs sont morts lors du processus de durcissement dans l'iode et les autres œufs sont morts à la station piscicole. La maturation des gonades de cette femelle, capturée le 18 juin, a été très lente. Quelques écailles soulevées ont été observées au site d'injection d'Ovaprim^{MC} et, au terme de huit jours en captivité, elle a libéré une petite quantité d'ovocytes (160 ml). Une mauvaise qualité des ovocytes ou une blessure au site de l'injection pourraient expliquer ces résultats, mais la possibilité que d'autres éléments soient en cause ne peut être exclue. Cette femelle était vigoureuse lors de sa remise à l'eau le 26 juin.

Une femelle (LT = 565 mm) capturée le 25 juin, qui avait été jugée trop jeune pour participer aux activités, est morte à la suite des manipulations de base, plus particulièrement de l'injection d'une dose d'antibiotique donnée à titre prophylactique avant sa remise à l'eau en raison des blessures qu'elle présentait. Sa mort a été constatée 40 minutes après l'injection, et ce, malgré une surveillance constante et des manipulations de réanimation réalisées dans le bac de réveil. Une femelle de grande taille (LT = 708 mm) a été capturée le 26 juin au filet maillant au bief aval du barrage de Saint-Ours. L'examen, qui révélait que cette femelle avait amorcé sa fraye en rivière (stade 5), ainsi que les manipulations ont été réalisés dans la glacière pour limiter les déplacements et le stress. Celle-ci a été remise à l'eau après quelques manipulations de base, le prélèvement de tissu et l'insertion d'une micropuce.

La comparaison de la température de l'eau de la rivière Richelieu enregistrée en 2013 avec les valeurs des années antérieures confirme que l'année 2013 a été la plus froide. Étant donné que, avant 2012 la température de l'eau était mesurée de deux à quatre fois par jour, uniquement lors de la présence du personnel sur le terrain, les valeurs moyennes journalières de 2012 et 2013 ont été recalculées, aux fins de cette comparaison, en ne retenant que deux valeurs quotidiennes, dont une de 10 à 11 h et la seconde de 16 à 17 h. La Figure 4 présente cette comparaison graphiquement. Notons que les données ne sont pas disponibles pour 2005 et rappelons que les activités de reproduction artificielle n'ont pu être réalisées en 2010 ni en 2011 en raison de conditions climatiques et hydrologiques adverses.

Tableau 2. Bilan des croisements de chevaliers cuivrés réalisés en 2013.

	Historique	Numéro	Mâles ayant participé à la reproduction artificielle en 2013												Croisements réalisés en 2013 à l'aide de laitance cryopréservée en 2012								BILAN FEMELLES 2013								
			Nouveaux				R2012 G	Nouveaux							4155	4288	5762	3710	1922	2606	2597	2125	N ^{bre} de croisements	N ^{bre} de croisements CRYO	N ^{bre} de croisements non fructueux	N ^{bre} de familles CONFIRMÉES					
			0773	1813	7656	6621	2163	7220	4734	2814	3305	8554	2679	4174													1849				
Femelles ayant participé à la reproduction artificielle en 2013	Historique	Numéro																													
	Nouvelles	1115	X	X	X	X	X									X			X		X						5	4	0	9	
		1720	X	X	X	X	X											X				X						5	2	0	7
		5719	X	X	X	X	X																X					5	0	0	5
	R2005	002A	X	X	X	X	X									X			X								5	2	0	7	
	Nouvelles	6357	X	X	X		X																				4	0	0	4	
		4387	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X															10	0	0	10
	R2009 G	6536	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X													10	0	0	10	
	Nouvelles	2831	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X												11	0	11	0	
6901		X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X													11	0	0	11	
R2005	052A	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X													11	0	0	11	
BILAN MÂLES 2013	N ^{bre} de croisements		10	10	10	4	10	5	5	5	5	1	5	4	3	Nombre total de familles confirmées en 2013												66			
	N ^{bre} de croisements non fructueux		1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	Nombre de familles produites en 2013 grâce à laitance cryopréservée en 2012												8				
	N ^{bre} de familles confirmées		9	9	9	4	9	4	4	4	4	1	4	3	2	TOTAL												74			

Légende R200X: recapture de l'année X. G signifie que l'individu avait déjà contribué à la reproduction artificielle.

X	Croisement fructueux
X	Croisement non fructueux

Numéro : 4 derniers chiffres et/ou lettres de la micro-puce

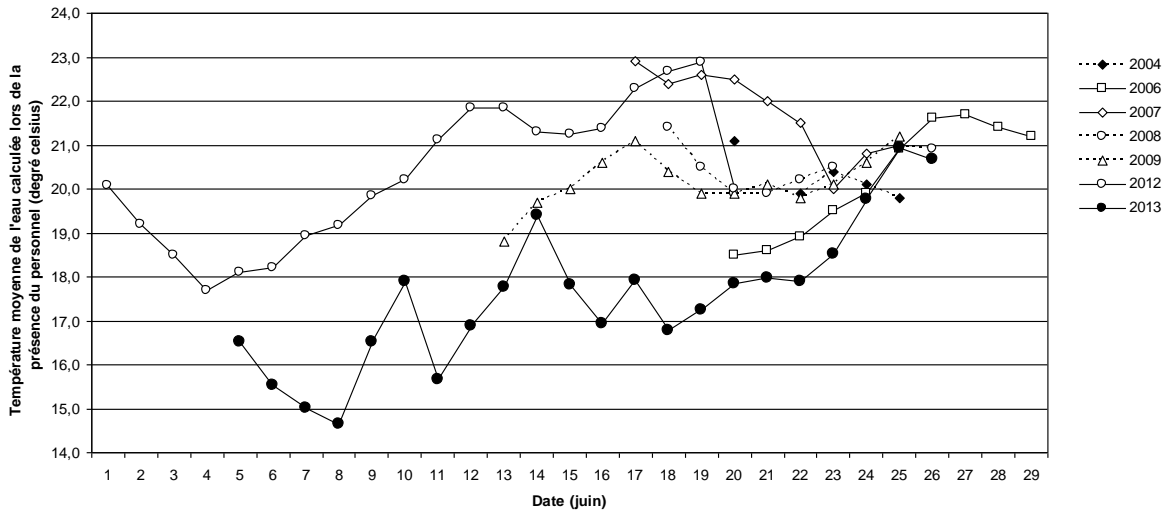


Figure 4. Comparaison de la température moyenne de l'eau de la rivière Richelieu enregistrée lors de la présence du personnel au cours des activités de reproduction artificielle depuis 2004. La température moyenne quotidienne est basée sur deux à quatre valeurs.

3.5 Production, élevage à la station piscicole de Baldwin-Coaticook et ensemencements

Quelque 480 434 œufs fécondés (quantité estimée d'après la méthode de Von Bayer adaptée) ont été transférés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook en 2013. Deux méthodes de comptage, qui impliquent la mesure du diamètre d'un sous-échantillon d'œufs (méthodes géométriques), ainsi que la méthode du déplacement volumétrique, ont été comparées avec un sous-échantillon de référence (témoin) compté manuellement. Par rapport au comptage manuel, ces méthodes surestiment légèrement le nombre d'œufs. Les différences mesurées variaient de 5,5 % à 6,6 % et sont considérées comme acceptables, puisqu'elles sont inférieures au seuil de précision recherché qui est de l'ordre de 10 % (± 5 %) lors de frayes en milieu naturel (Lessard, 2013).

Le nombre de larves produites a été estimé à 251 102. Parmi celles-ci, 199 455 ont été ensemencées dans la rivière Richelieu le 5 juillet (tableau 3), alors que les autres (51 647) ont été réparties dans les neuf étangs réservés à l'élevage du chevalier cuirvé à la station piscicole de Baldwin-Coaticook. Un étang (n°3) a été réservé aux larves produites avec de la laitance cryopréservée et environ 5 766 larves issues des femelles 5719, 1115 et 002A produites au moyen de cette technique y ont été mises. Le taux moyen de survie des larves dans les étangs en 2013 est évalué à 73 % (variant de 44 % à 94 %), ce qui constitue la quatrième meilleure année. Le taux de survie des larves dans l'étang n° 3 a été estimé à 62 % et quelque 3 550 fretins de cet étang ont été ensemencés dans la rivière Richelieu à l'automne.

Tableau 3. Répartition des larves et des fretins de chevalier cuivré dans les différents sites d'ensemencement en 2013 (rivière Richelieu).

Site	Lieu	Municipalité	Nombre de larves ensemencées le 5 juillet	Nombre de fretins ensemencés le 12 septembre
1	Pont de l'autoroute 10 (sous le pont en rive droite)	Saint-Jean	4 465	416
2	Descente publique et secteur en aval en rive droite	Saint-Mathias	0	0
3	Rampe de mise à l'eau municipale en rive gauche et vers l'aval	Saint-Basile	5 000	0
4	McMasterville (descente publique)	McMasterville	0	0
5A	En aval du pont du CN Beloeil en rive gauche	Beloeil	0	0
5B	Pont de l'autoroute 20 (en aval en rive gauche)	Beloeil	10 000	4 000
6A	Saint-Marc en rive gauche en amont du secteur du suivi du recrutement	Saint-Marc	10 000	3 500
6B	Saint-Marc en rive gauche, secteur des stations 20,5G à 4G	Saint-Marc	15 000	3 000
6C	Saint-Marc en rive gauche secteur des stations 8G à 23G	Saint-Marc	20 000	3 000
7A	Île aux Cerfs (côté rive gauche)	Saint-Charles	25 000	5 500
7B	Île Jeannotte (côté rive gauche)	Saint-Charles	30 000	6 000
8A	Aval barrage Saint-Ours (rive droite) secteur des stations 81D et 82D	Saint-Ours	20 000	2 500
8B	Aval barrage Saint-Ours (rive droite) secteur des stations 87D et 88D	Saint-Ours	20 000	5 000
9A	Aval barrage Saint-Ours (rive gauche) secteur des stations 82G et 83G	Saint-Roch	20 000	2 500
9B	Aval barrage Saint-Ours (rive gauche) secteur des stations 91G et 92G	Saint-Roch	20 000	0
TOTAL			199 465	35 416

La croissance en étang à la station piscicole de Baldwin-Coaticook, bien que moins importante qu'en 2012 qui avait été qualifiée d'exceptionnelle, a été très satisfaisante. En effet, le poids moyen des fretins ensemencés en 2013 était de 0,63 g, alors qu'il était de 2,01 g en 2012 et a varié de 0,29 à 1,06 g de 2004 à 2011. La production de chevaliers cuivrés en 2013 a été excellente, il s'agit de la seconde année quant au nombre de fretins d'automne produits (Annexe 3, Mario Lessard, chef de service, station piscicole de Baldwin-Coaticook, communication personnelle).

Quelque 35 416 fretins, élevés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook, ont été relâchés le 12 septembre dans différents secteurs de la rivière Richelieu. Des données sur la répartition des larves et des fretins ensemencés dans les différents secteurs sont présentées dans le Tableau 3.

3.6 Suivi du recrutement dans la rivière Richelieu

3.6.1 Chevaliers

Sans atteindre les abondances de 2012 qui ont été exceptionnelles, le nombre de jeunes chevaliers de l'année trouvés en 2013 est très élevé, notamment dans le secteur de Saint-Marc. En effet, 1 411 jeunes chevaliers de l'année (toutes espèces confondues) ont été capturés dans les deux secteurs. Les captures moyennes par unité d'effort (CPUE) (jeunes chevaliers de l'année par station) s'élèvent à 32,1 dans le secteur de Saint-Marc et à 5,3 dans le secteur de Saint-Ours. Globalement, la présence de jeunes de l'année a été enregistrée à 84 % des stations. Dans le secteur de Saint-Ours, cette proportion est de 75 %, alors qu'elle s'élève à 90 % dans le secteur de Saint-Marc. Comme dans les années antérieures, la rive gauche de la rivière Richelieu ainsi que les herbiers entourant les îles de Jeannotte et aux Cerfs du secteur de Saint-Marc sont les plus productifs et les plus fréquentés par les jeunes chevaliers de l'année. Les jeunes chevaliers cuivrés ont été trouvés à six des huit stations aux îles de Jeannotte et aux Cerfs et capturés autant en rive gauche que droite des deux secteurs échantillonnés (Saint-Marc et Saint-Ours). La présence de chevaliers cuivrés a été enregistrée à 62,5 % des 64 stations échantillonnées (Tableau 4). Il est important de souligner que plusieurs jeunes chevaliers cuivrés ont été capturés à des endroits où il n'y a pas eu d'ensemencements, notamment en rive droite du secteur de Saint-Marc et des îles de Jeannotte et aux Cerfs. Enfin, deux chevaliers cuivrés 1+ ont été capturés à deux stations différentes de l'île de Jeannotte en 2013. Ces spécimens, qui mesuraient 150 et 163 mm, ont été remis à l'eau au site de capture. L'analyse génétique des tissus prélevés permettra d'en déterminer l'origine (naturelle ou artificielle).

La proportion des jeunes chevaliers cuivrés de l'année capturés dans le cadre du suivi du recrutement de 2013 est élevée et atteint globalement 31 % des captures (deuxième rang) (Tableau 5). Au total, 442 jeunes chevaliers cuivrés de l'année ont été capturés en 2013. Le chevalier cuivré est l'espèce la plus représentée dans les captures de jeunes chevaliers de l'année dans le secteur de Saint-Ours avec 46,5 % des individus. Dans le secteur de Saint-Marc, la proportion de chevaliers cuivrés est de 29,8 % et l'espèce se classe au deuxième rang. Les chevaliers blancs et de rivière sont les moins abondants et comptent pour moins de 4 % des captures. La taille (LT) des jeunes chevaliers cuivrés de l'année capturés en 2013 variait de 25,5 à 59 mm (moy. : 41,3 mm) et le poids, de 0,1 à 1,5 g (moy. : 0,5 g) (Tableau 5).

Tableau 4. Captures moyennes par unité d'effort (nombre/station) de jeunes chevaliers de l'année (toutes espèces confondues) dans les deux secteurs de la rivière Richelieu couverts par le suivi du recrutement en 2013.

Secteur	Rive	Nombre de stations	Effectif	CPUE				Stations avec chevaliers	Stations avec chevalier cuivré
				Moy	Min	Max	σ		
Saint-Marc	Droite	16	215	13,4	0	50	15,0	81,3%	50,0%
	Gauche	16	505	31,6	1	85	24,8	100,0%	81,3%
	Île	8	564	70,5	0	233	71,4	87,5%	75,0%
	TOTAL	40	1284	32,1	0	233	41,0	90,0%	67,5%
Saint-Ours	Droite	12	82	6,8	0	18	6,3	75,0%	50,0%
	Gauche	12	45	3,8	0	10	3,6	75,0%	58,3%
	TOTAL	24	127	5,3	0	18	5,3	75,0%	54,2%
GLOBAL	64	1411	22,0	0	233	35,0	84,4%	62,5%	

Tableau 5. Croissance en taille (LT), en poids et abondance relative des jeunes chevaliers de l'année dans la rivière Richelieu en 2013.

Secteur	Espèce	Effectif	Longueur totale (mm)				Poids (g)				Abondance relative (%)
			Moy	Min	Max	σ	Moy	Min	Max	σ	
Tous secteurs	chevalier blanc	22	62,9	53,0	73,5	5,0	2,1	1,3	3,3	0,5	1,6%
	chevalier rouge	322	62,7	40,5	94,0	8,2	2,2	0,4	61,5	3,4	22,8%
	chevalier jaune	597	50,0	33,5	62,5	4,4	1,0	0,2	6,0	0,4	42,3%
	chevalier de rivière	28	51,7	37,5	59,0	4,7	1,0	0,3	1,5	0,3	2,0%
	chevalier cuivré	442	41,3	25,5	59,0	4,4	0,5	0,1	1,5	0,2	31,3%
	TOTAL	1411									
Saint-Marc	chevalier blanc	18	62,6	53,0	73,5	5,0	2,1	1,3	3,3	0,5	1,4%
	chevalier rouge	284	63,1	40,5	81,0	8,1	2,0	0,4	4,2	0,8	22,1%
	chevalier jaune	585	50,0	33,5	62,5	4,4	1,0	0,2	6,0	0,4	45,6%
	chevalier de rivière	14	51,2	37,5	58,0	5,8	1,1	0,3	1,5	0,4	1,1%
	chevalier cuivré	383	41,4	25,5	59,0	4,5	0,5	0,1	1,5	0,2	29,8%
	TOTAL	1284									
Saint-Ours	chevalier blanc	4	64,0	57,5	70,5	5,4	2,1	1,3	2,9	0,7	3,1%
	chevalier rouge	38	59,4	44,0	94,0	8,1	3,1	0,5	61,5	9,7	29,9%
	chevalier jaune	12	49,2	45,0	57,5	4,0	0,9	0,6	1,3	0,2	9,4%
	chevalier de rivière	14	52,2	46,5	59,0	3,3	1,0	0,8	1,4	0,2	11,0%
	chevalier cuivré	59	41,0	31,5	48,5	3,8	0,5	0,2	0,8	0,1	46,5%
	TOTAL	127									

3.6.2 Autres espèces

Plusieurs autres espèces sont capturées dans le cadre du suivi du recrutement des chevaliers dans la rivière Richelieu. Ces travaux, qui comptent maintenant une série temporelle de 14 ans dans le secteur de Saint-Marc et de 7 ans dans le secteur de Saint-Ours, permettent aussi de suivre les populations d'autres espèces en situation précaire, dont le fouille-roche gris (*Percina copelandi*), le dard de sable (*Ammocrypta pellucida*) et le chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*). La présence du fouille-roche gris et du dard de sable a été enregistrée dans les deux secteurs couverts en 2013. Ces travaux permettent aussi de confirmer ou d'infirmer la présence et la progression d'espèces exotiques et envahissantes dans la rivière Richelieu telles que le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) et la tanche (*Tinca tinca*). Le gobie à taches noires a été détecté pour la première fois dans la rivière Richelieu en 2011 à la station la plus près de l'embouchure du fleuve Saint-Laurent. En 2012, l'espèce n'a pas été trouvée alors que trois spécimens ont été capturés en 2013, dont un adulte (LT = 79,5 mm) à une station localisée approximativement à 2 km de l'embouchure et deux jeunes de l'année (LT = 23,5 et 20 mm) à environ 1 km de l'embouchure de la rivière Richelieu. Ces données montrent que le gobie à taches noires progresse vers l'amont et se reproduit dans la rivière Richelieu. La présence de la tanche a été documentée pour la première fois dans le secteur de Saint-Marc par la capture d'un mâle coulant au printemps 2007. Bien qu'aucune capture n'ait été enregistrée en 2008 ni en 2009, l'espèce est capturée chaque année depuis 2010. Jusqu'à présent, 31 spécimens de toutes tailles (y compris des jeunes de l'année) ont été localisés et la plupart dans le secteur de Saint-Marc (70 %). Les herbiers entourant les îles de Jeannotte et aux Cerfs sont les endroits où les captures sont les plus fréquentes, puisque 42 % des tanches y ont été répertoriées. En 2013, la reproduction de l'espèce dans le secteur de Saint-Marc a été de nouveau démontrée par la capture de trois jeunes tanches de l'année à une station en rive droite de l'île de Jeannotte. Ces individus mesuraient (LT) 27,5, 28,5 et 31,5 mm. Aucune tanche n'a été capturée dans le secteur couvrant l'aval du barrage de Saint-Ours en 2013.

4 DISCUSSION

4.1 Conditions hydrologiques de la rivière Richelieu

Les observations des profils d'écoulement de la rivière au bief aval du barrage suggèrent que la répartition des ouvertures des portes ne favorisait pas, en tout temps, un écoulement permettant d'optimiser l'attraction de la passe migratoire, tel que le prévoit le manuel d'opération et d'entretien (Fournier et Desrochers, 2009). En effet, le 21 juin, l'écoulement était légèrement déplacé vers Saint-Ours, contrairement au scénario théorique recherché. Ces observations ont été corroborées par la confirmation du blocage (bris mécanique) d'une porte par les opérateurs du barrage. Celle-ci ne pouvait être abaissée au niveau voulu pour optimiser le scénario d'écoulement. Il est toutefois important de souligner que les débits de la rivière Richelieu étaient relativement élevés à partir de la mi-juin 2013 et étaient très près, sinon dépassaient légèrement la limite (700 m³/s) fixée dans Fournier et Desroches (2009) pour amorcer la gestion des portes du barrage afin de maximiser le courant d'appel pour la passe migratoire. Les observations de 2013 tendent aussi à démontrer que les manipulations, notamment les fermetures soudaines des portes du barrage, influencent notre capacité de capture dans le B-17. Ces travaux montrent également que la capture de géniteurs de chevalier

cuvré est possible au bief aval du barrage de Saint-Ours, même à des débits relativement élevés en juin (600 à 750 m³/s) de la rivière Richelieu.

4.2 Reproduction artificielle

Le bilan des activités de reproduction artificielle montre que le rapport des sexes s'est équilibré au cours des dernières années. Depuis 2004, 74 femelles et 75 mâles différents ont été croisés, ce qui a permis la production de 607 familles auxquelles s'ajoutent 8 familles issues de laitance cryopréservée. Après 10 ans, certains écarts sont observés par rapport aux objectifs théoriques définis dans le protocole de reproduction artificielle (Bernatchez, 2004). Rappelons que ce bilan représente huit années d'activités réelles, puisque la reproduction artificielle n'a pu être réalisée en 2010 ni en 2011. Les écarts quant au nombre de géniteurs auraient pu certainement être comblés, en totalité ou en partie, si des activités avaient eu lieu en 2010 et en 2011, mais ce n'est pas le cas pour le nombre de familles produites où l'écart est beaucoup plus grand (déficit de 393 familles). Tout comme le nombre de larves produites, le nombre de familles dépend du rapport des sexes, mais aussi de la séquence temporelle d'arrivée des géniteurs. En effet, malgré la présence simultanée d'individus des deux sexes en tout temps, la séquence d'entrée des géniteurs en 2013, combinée à la maturation très lente des femelles au début des activités, ne permettait pas d'optimiser le nombre de croisements. Les femelles du premier groupe ont été croisées avec un nombre beaucoup plus restreint de mâles. Le bilan global de l'ensemble des activités depuis 2004 est présenté à l'Annexe 3.

Les basses températures de l'eau de la rivière Richelieu durant la saison 2013 ont certainement eu une influence sur les processus de maturation finale des gonades, et ce, tant chez les mâles que chez les femelles. La température moyenne journalière n'a dépassé 20 °C qu'à partir du 25 juin (Figures 1 et 4). Chez les femelles, cela se traduisait principalement par une maturation très lente des gonades, des frayes partielles plus fréquentes et des taux de fécondation et d'embryons normaux un peu plus faibles au début de la saison. Par exemple, les femelles capturées en début de saison libéraient leurs ovocytes six à neuf jours après le début de l'induction alors que ce délai variait de trois à cinq jours (correspondant aux valeurs habituelles) chez celles capturées plus tard (Annexe 4). Chez les mâles, cela se manifestait surtout par une durée de motilité des spermatozoïdes plus faible.

La mort d'individus est très rare lors des activités de reproduction artificielle, mais ne peut être totalement évitée. Le bilan des activités montre que les géniteurs tolèrent très bien les manipulations, puisque des individus (mâles et femelles) sont recapturés après avoir participé à la reproduction artificielle et sont même de nouveau manipulés. La dernière fois que des individus étaient morts (n = 3) remontait à 2007.

4.3 Ensemencements

Étant donné la période de fraye très étendue en 2013, les larves n'étaient évidemment pas toutes au même stade de développement au moment de leur ensemencement en juillet. Par exemple, les larves issues des femelles du premier groupe (capturées du 4 au 9 juin) étaient écloses depuis 16 à 18 jours, avaient entièrement résorbé leur sac vitellin, amorcé l'alimentation exogène et bien développé leurs aptitudes natatoires au moment de l'ensemencement. Celles des femelles du second groupe (capturées du 17 au 21 juin) étaient écloses depuis cinq à huit jours (voir les détails à l'Annexe 4). À l'ensemencement, plusieurs larves n'avaient aucun comportement natatoire, notamment celles qui venaient à peine d'éclore cinq à six jours auparavant. Les risques de mort lors de la remise en milieu naturel de larves trop jeunes sont, à notre avis, plus élevés non seulement en raison de la prédation, mais aussi par le fait qu'elles peuvent être asphyxiées plus facilement dans le substrat fin des aires d'alevinage.

Rappelons que l'émergence des larves (début du comportement natatoire) a été observée de 12 à 16 jours après la fécondation avec un maximum d'activité après 15 jours (Branchaud et Gendron, 1993; Branchaud et coll., 1993, 1995). Ainsi, sachant que le temps d'incubation varie de 4,5 à 6,5 jours, les larves nouvellement écloses demeurent sur les sites de fraye au moins une dizaine de jours, dans un substrat grossier et bien oxygéné, le temps de résorber leur sac vitellin et de développer leur capacité natatoire avant d'être entraînées vers les sites d'alevinage en aval.

4.4 Suivi du recrutement

Même si les CPUE moyennes de jeunes de l'année (toutes espèces confondues) sont nettement inférieures à celles de 2012, qui étaient de 96,6 et de 62,4 jeunes de l'année par station, respectivement, dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours, l'abondance de 2013 dans le secteur de Saint-Marc se classe au deuxième rang et surpasse légèrement celle enregistrée en 2001 (CPUE 24,9/station) qui était connue pour être l'année la plus productive depuis le début des travaux d'échantillonnage automnaux dans ce secteur (Vachon, 1999ab, 2002, 2007, 2010). Dans le secteur de Saint-Ours, les CPUE se sont avérées un peu plus élevées certaines autres années, notamment en 2009 (11/station) et en 2011 (8,1/station) par rapport à celles de 2013. La taille moyenne des jeunes chevaliers de l'année des différentes espèces en 2013 reflète plutôt une année de faible croissance et s'approche davantage des valeurs moyennes les plus faibles enregistrées lors des suivis qui ont été effectués dans les années antérieures (Vachon 2007, 2010).

Ces résultats témoignent de la très grande variabilité interannuelle du recrutement des chevaliers dans la rivière Richelieu qui, vraisemblablement, est influencée par les conditions hydrologiques au moment des activités de reproduction. Dans le secteur de Saint-Marc, l'abondance des jeunes chevaliers de l'année (toutes espèces confondues) est plus élevée depuis 2012. Des observations au bassin de Chambly (refuge faunique Pierre-Étienne-Fortin) montrent que les inondations de 2011 y ont modifié le régime hydrologique et remanié le substrat à plusieurs endroits. Sachant que les jeunes chevaliers de l'année trouvés dans le secteur de Saint-Marc sont produits à la frayère de Chambly, l'hypothèse voulant que les modifications engendrées dans les habitats de fraye à Chambly par les inondations de 2011 aient pu être bénéfiques ne peut être exclue, d'autant plus que des abondances plus élevées sont observées depuis deux ans. Les travaux de suivi durant les prochaines années permettront de vérifier si cette tendance se maintient.

Un grand nombre de jeunes chevaliers cuivrés ont été capturés au cours du suivi du recrutement en 2013. Cette grande abondance de jeunes chevaliers cuivrés de l'année peut difficilement s'expliquer autrement que par l'importante contribution des spécimensensemencés. En effet, un seul jeune chevalier cuivré de l'année a été capturé en 2011 et aucun en 2010, années où les activités de reproduction artificielle n'ont pas eu lieu. La capture de jeunes chevaliers cuivrés du côté de la rive droite des îles de Jeannotte et aux Cerfs ainsi qu'en rive droite de la rivière Richelieu dans le secteur de Saint-Marc (secteurs nonensemencés) est d'intérêt. En effet, si la plupart de ces individus sont d'origine artificielle, ces résultats montrent la grande capacité de dispersion des jeunesensemencés.

La présence de chevaliers cuivrés indigènes est toutefois vraisemblable, puisque certains individus présentaient une pigmentation plus typiquement observée chez les spécimens indigènes. La reproduction naturelle du chevalier cuivré en 2013 ne peut cependant pas être confirmée hors de tout doute sans le recours à des analyses génétiques d'assignation parentale, lesquelles viendront éventuellement confirmer leur origine.

La portée des travaux de suivi du recrutement dépasse le simple suivi des chevaliers et de la communauté de poissons de la rivière Richelieu. Ces données offrent la possibilité d'accroître nos connaissances sur les effets de différents régimes hydrologiques et thermiques printaniers sur le

succès du recrutement des chevaliers, les effets des inondations de 2011 et même, éventuellement, de faire progresser les recherches sur les effets des changements climatiques sur la faune. Jusqu'à présent, ces données ont été en partie analysées, mais tout leur potentiel n'a pas encore été exploité.

5 CONCLUSION

Bien que le chevalier ait pu être reproduit artificiellement en 2013, les conditions hydrologiques et météorologiques n'étaient pas optimales et ont contribué à en compliquer les activités et l'efficacité, notamment en ralentissant la maturation des gonades chez les femelles. D'autres éléments comme la sécurisation du barrage pour la navigation (installation de la barrière de sécurité) ainsi que la gestion des portes du barrage bénéficieraient d'une meilleure coordination avec nos activités afin de conserver le plus possible les conditions favorables à la capture de géniteurs. Une attention particulière quant à la gestion des portes du barrage doit être portée durant cette période cruciale de l'année pour optimiser le passage du poisson dans la passe migratoire Vianney-Legendre.

Les résultats sont, somme toute, considérés comme très bons tant par le nombre de larves et de fretins produits et remis à l'eau que par le nombre de familles viables produites. Même si l'origine (naturelle ou artificielle) des jeunes chevaliers cuivrés n'a pas encore été déterminée, les données qui résultent des activités de reproduction artificielle reflètent encore un faible effectif de géniteurs. En effet, les recaptures sont encore fréquentes et les plus grandes classes de taille sont encore les plus représentées. Le plan de reproduction artificielle ayant débuté en 2004, il devrait, en principe, y avoir de plus jeunes géniteurs dans les prochaines années. Les analyses génétiques permettront également de déterminer s'ils sont issus des activités de reproduction artificielle des années antérieures.

La cryopréservation de la laitance permet non seulement de remédier à un déficit de mâles, mais aussi de maximiser le nombre de familles, même en présence d'un nombre jugé suffisant de mâles au cours d'une année comme cela a été le cas en 2013. En outre, cette technique permet la mise en réserve du potentiel inutilisé d'un mâle lorsque les femelles ne sont pas assez nombreuses. En 2013, il a été possible de développer les techniques de manipulation pour la fécondation de plus grands volumes d'ovocytes par de la laitance cryopréservée, ce qui a permis de bonifier de 11 % le nombre de familles. La mise en charge d'un étang avec des larves produites uniquement par la laitance cryopréservée a permis de démontrer que les individus ainsi produits présentent un taux de survie comparable aux autres et peuvent se développer normalement.

Dans le but de réaliser d'autres travaux (projet sur les perturbateurs endocriniens, essais de cryopréservation), l'équipe s'est rendue plus tôt sur le terrain durant les dernières années. Ces travaux ont permis de confirmer que le chevalier cuivré se trouvait dans la passe migratoire durant les deux premières semaines de juin. Les travaux de 2013 ont aussi permis de démontrer que, lorsque les conditions sont favorables, les activités de reproduction artificielle du chevalier cuivré peuvent être réalisées avec succès plus tôt en saison. Ces observations sont d'importance sur le plan de la conservation, puisqu'elles permettent d'inclure des géniteurs qui migrent plus précocement dans le bassin de reproducteurs, favorisant ainsi une plus grande diversité. En contrepartie, l'éclosion des larves à la station piscicole est plus étalée, puisque la fraye se produit sur une plus grande période. Lors de l'ensemencement des larves surnuméraires en juillet, toutes n'ont pas atteint un stade de développement qui maximise leur survie. Considérant aussi les changements climatiques et les variations interannuelles importantes des régimes hydrologiques et thermiques de la rivière, cet élément mérite une attention particulière.

La reproduction artificielle du chevalier cuivré repose sur un plan de reproduction théorique. Son application et son optimisation requièrent toutefois autant de souplesse, de rigueur, de disponibilité, d'audace et d'ingéniosité que de persévérance.

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 n'ont pas été aussi fructueux qu'en 2012, car cette technique peut permettre d'accroître le bassin de géniteurs certaines années.
2. Poursuivre la récolte d'échantillons de tissu de chevalier cuivré lors de la reproduction artificielle et du suivi de la population, et ce, afin que les analyses génétiques puissent être réalisées dès que des budgets seront disponibles. Les réponses attendues de ces analyses sont très importantes.
3. Poursuivre la cryopréservation de la laitance ainsi que la mise en réserve de laitance de chevalier cuivré suivant les méthodes qui donnent les meilleurs résultats qui auront été déterminés après l'analyse complète des résultats de 2013 et de la comparaison interannuelle avec ceux de 2012.
4. Explorer les avenues logistiques permettant l'ensemencement des larves issues de fraye plus tardives à des stades de développement plus avancés dans le but d'optimiser leur survie.
5. Développer les techniques liées à la décongélation de la laitance cryopréservée pour maximiser la survie des spermatozoïdes.
6. Développer les techniques de manipulation des échantillons de laitance cryopréservée pour permettre la fécondation de plus grands volumes d'ovocytes.
7. Procéder à la comparaison de la concentration de la laitance et du taux d'anomalie des spermatozoïdes du chevalier cuivré avec les autres chevaliers de la rivière Richelieu afin de mettre en contexte les données préliminaires récoltées en 2012 et en 2013 (non présentées dans le présent rapport) chez quelques chevaliers cuivrés et de rivière, et ce, en vue de préciser si la fertilité des mâles pourrait être une cause supplémentaire liée au déclin du chevalier cuivré.
8. Poursuivre les démarches pour assurer le financement à long terme et récurrent des activités de reproduction artificielle, de suivi de la population de chevalier cuivré ainsi que pour les analyses génétiques, et ce, jusqu'à ce que les objectifs de rétablissement de la population aient été atteints, et prévoir des sommes supplémentaires pour les activités de cryopréservation de la laitance, qui ne peuvent être réalisées entièrement par le personnel déjà sur place en raison des manipulations supplémentaires requises.

PARTENAIRES

Ce projet a été rendu possible grâce à la participation financière de Pêches et Océans Canada, de la Fondation de la faune du Québec (FFQ) ainsi que par une contribution en nature de Parcs Canada. Le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs⁴ contribue également financièrement au projet et assume la plus grande partie des ressources humaines qui y sont associées.

REMERCIEMENTS

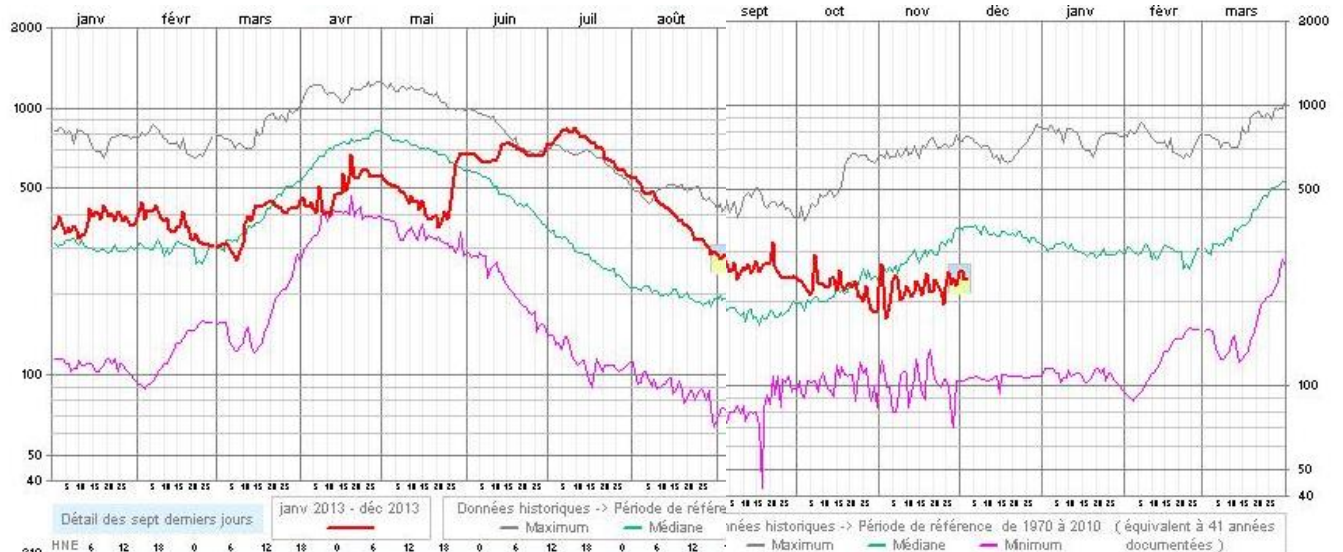
Nous tenons à souligner la très grande implication du personnel de la station piscicole de Baldwin-Coaticook. Nous remercions également le COVABAR (Comité de concertation et de valorisation du bassin de la rivière Richelieu) pour son soutien. Nos remerciements s'adressent également à Jean-Claude Petit et à sa famille qui nous ont encore aimablement accueillis sur leur propriété (Camping Bellevue) lors des échantillonnages dans le secteur de Saint-Marc-sur-Richelieu. Deux personnes de la Direction de la faune aquatique de Québec ont accompagné ponctuellement l'équipe de terrain lors des activités de suivi de la population et nous tenons à les remercier. Il s'agit de Daniel Pouliot et d'Isabelle Gauthier. Merci à Sandra Velásquez et à Pierre Bilodeau pour la révision initiale du rapport ainsi qu'à Chantal Côté pour la révision finale.

⁴Direction régionale de l'Estrie, de Montréal et de la Montérégie, Secteur de la faune;
Direction de la faune aquatique, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats;
Station piscicole de Baldwin-Coaticook.

ANNEXES

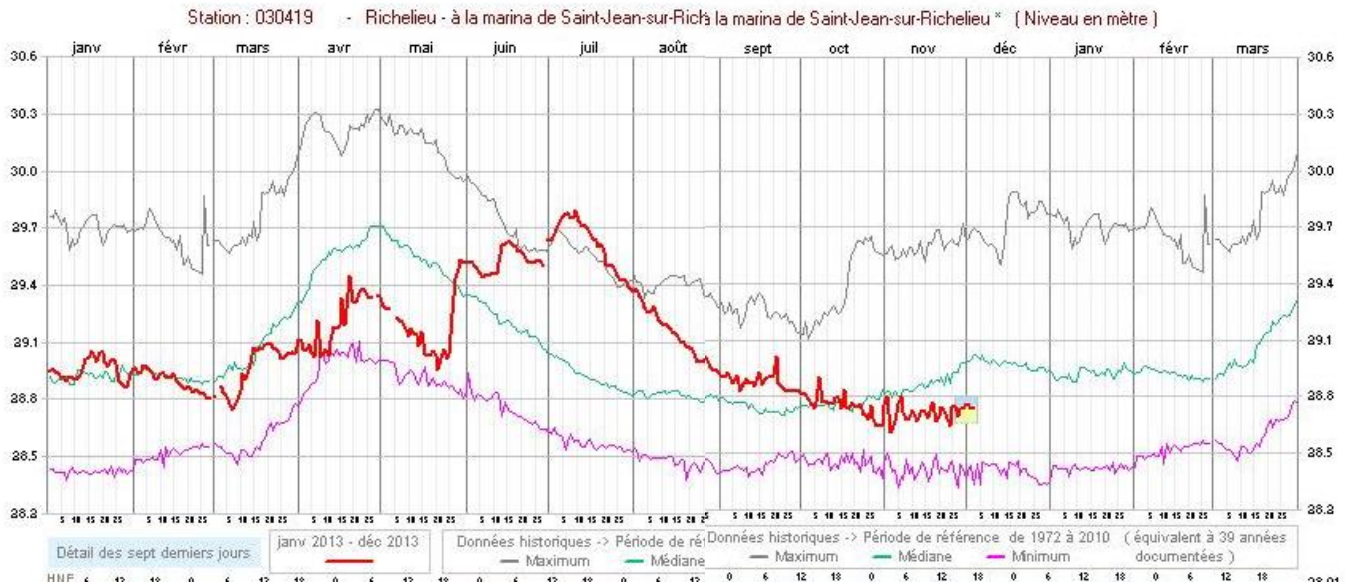
ANNEXE 1 : Aperçu du débit moyen (m³/s) de la rivière Richelieu enregistré aux rapides de Fryers à Carignan (Station 030401) de janvier à novembre 2013. Dans le but de conserver la séquence temporelle complète à partir de janvier, ce graphique résulte de la superposition de deux images prises à différents moments au site du Centre d'expertise hydrique.

[\[http://www.cehq.gouv.qc.ca/suivihydro/graphique.asp?NoStation=030401\]](http://www.cehq.gouv.qc.ca/suivihydro/graphique.asp?NoStation=030401)



ANNEXE 2 : Aperçu du niveau d'eau (m) de la rivière Richelieu enregistré à la marina de Saint-Jean-sur-Richelieu (Station 030419) de janvier à novembre 2013. Dans le but de conserver la séquence temporelle complète à partir de janvier, ce graphique résulte de la superposition de deux images prises à différents moments au site du Centre d'expertise hydrique.

[\[http://www.cehq.gouv.qc.ca/suivihydro/graphique.asp?NoStation=030419\]](http://www.cehq.gouv.qc.ca/suivihydro/graphique.asp?NoStation=030419)



ANNEXE 3 : Bilan général des géniteurs, du nombre de familles produites et du nombre de larves et de fretinsensemencés depuis 2004.

An	Mâles	Femelles	Nombre de familles produites		Ensemencements		
			Laitance de l'année	Laitance cryopréservée	Larves	Fretins	Juveniles 1+
2004	10	10	83	0	282 377	22 217	0
2005	7	13	76	0	491 795	39 784	0
2006	13	5	50	0	184 300	33 460	0
2007	12	8	80	0	100 600	14 420	0
2008	6	17	90	0	1 154 440	24 000	0
2009	9	16	125	0	725 306	5 005	86
2010	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0
2012	11	5	37	0	353 000	29 300	0
2013	13	12	66	8	199 465	35 416	3
TOTAL	81	86	607	8	3 491 283	203 602	89
Géniteurs différents	75	74					
Objectifs annuels	10	10	100	0	500 000	15 000	0
Objectifs après 10 ans	100	100	1000	0	5 000 000	150 000	0
Écart par rapport aux objectifs du protocole de reproduction artificielle (2004-2013)	-25	-26	-393	8	-1 508 717	53 602	89

BIBLIOGRAPHIE

- BERNATCHEZ, L. (2004). Considérations génétiques et protocole de reproduction relatifs au plan de rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), document présenté à la Société de la faune et des parcs du Québec et à Pêches et Océans Canada, 43 p.
- BRANCHAUD, A. et A. D. GENDRON (1993). "Artificial spawning and rearing of the copper redhorse, *Moxostoma hubbsi* (Teleostei: Catostomidae)", *Can. Field. Nat.*, 107: 279-282.
- BRANCHAUD, A., M. BOULET, S. PÉPIN et R. FORTIN (1993). Essais de reproduction artificielle du suceur cuivré entrepris au cours de l'été 1993, Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Rapport de travaux 06-34, 34 p.
- BRANCHAUD, A., D. HATIN, P. CAYER, L. CÔTÉ, P. DUMONT et R. FORTIN (1995). Reproduction artificielle et élevage du suceur cuivré, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de Montréal, Laval, Lanaudière, Laurentides, Montérégie, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, Rapport de travaux 06-34, 49 p.
- COMITÉ D'INTERVENTION (1995). Plan d'intervention pour la survie du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*), Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 40 p.
- COSEPAC (2004). Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Canada — *Mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, vii+ 43 p. [www.registrelep.gc.ca/Status/Status_f.cfm].
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CHEVALIER CUIVRÉ (2005). Plan de rétablissement pour la survie du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) 2004-2008, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction du développement de la faune, Québec, 77 p.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU CHEVALIER CUIVRÉ DU QUÉBEC (2012). Plan de rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Québec — 2012-2017, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Faune Québec, 55 p.
- FOURNIER, A. et D. DESROCHERS (2009). Manuel d'opération et d'entretien des passes à poissons au lieu historique national du Canal-de-Saint-Ours, rapport final préparé pour Parcs Canada par Milieu inc., 116 p.
- GROOOCK G. H., R. G. GETCHELL, E. R. CORNWELL, S. A. FRATTINII, G. H. WOOSTER, P. R. BOWSER, S. R. LAPAN (2013) "Iodophor Disinfection of Walleye Eggs Exposed to Viral Hemorrhagic Septicemia Virus Type IVb", *North American Journal of Aquaculture*, 75: 25-33.
- 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 ltée pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 50 p.
- LESSARD, M. (2013). Comparaison des méthodes de dénombrement des œufs de chevaliers cuivrés à la station piscicole de Baldwin-Coaticook à l'été 2013, note technique, 5 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.

- MONGEAU, J.-R., P. DUMONT, L. CLOUTIER et A.-M. CLÉMENT (1988). Le statut du chevalier cuivré, *Moxostoma hubbsi*, au Canada, *Can. Field. Nat.*, 102: 132-139.
- MPO (2012). Programme de rétablissement du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Canada, série de programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa, xi + 64 p.
- VACHON, N. (1999a). 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. (1999b). Suivi de l'abondance relative des chevaliers 0 + dans le secteur Saint-Marc de la rivière Richelieu en septembre 1999 avec une attention particulière portée au chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), Société de la faune et des parcs du Québec, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Longueuil, Rapport technique 16-05, vii + 25 p.
- VACHON, N. (2002). Variations interannuelles de l'abondance des chevaliers 0 + dans le secteur Saint-Marc de la rivière Richelieu de 1997 à 2001 avec une attention particulière portée au chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), Société de la faune et des parcs du Québec, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Longueuil, Rapp. tech. 16-08.
- VACHON, N. (2007). Bilan sommaire du suivi du recrutement des chevaliers dans le secteur Saint-Marc de la rivière Richelieu de 2003 à 2006 avec une attention particulière portée au chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune de l'Estrie, de Montréal et de la Montérégie, Longueuil. Rapp. tech. 16-34, vii + 31 pages + 1 annexe.
- VACHON, N. (2010). Reproduction artificielle, ensemencements et suivi du recrutement du chevalier cuivré en 2009, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Unité de gestion des ressources naturelles et de la faune de Montréal-Montérégie, Longueuil, Rapp. tech. 16-44, vii + 28 p. + 5 annexes.
- VACHON, N., S. VELÁSQUEZ, P. GRONDIN et H. MASSÉ (2013). Premiers essais de cryopréservation de la laitance du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), résumé de la conférence présentée à l'atelier sur la faune aquatique, Québec, 19-21 février 2013, dans Fournier, D. et V. Cauchon (éd.) 2013, *Compte rendu de l'atelier sur la faune aquatique 2013*, document de régie interne, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 77 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, 33 p., Rapport 16-47.
- VON BAYER, H. (1910). "A method of measuring fish eggs", Paper presented before the Fourth International Fishery Congress held at Washington, U. S. A., September 22 to 26, 1908, *Bulletin of the bureau of Fisheries*, 1009-1014.

*Forêts, Faune
et Parcs*

Québec 