

Le cisco de printemps (*Coregonus* sp.) et la communauté de poissons du lac des Écorces après sept années de retrait massif d'éperlans arc-en-ciel (*Osmerus mordax*)

Décembre 2020

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS



Référence à citer

NADON, L. (2020). *Le cisco de printemps (Coregonus sp.) et la communauté de poissons du lac des Écorces, après sept années de retrait massif d'éperlans arc-en-ciel (Osmerus mordax)*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 49 p. et annexes.

Remerciements

Le retrait massif de l'éperlan arc-en-ciel et le suivi du cisco de printemps réalisé de 2011 en 2016 a été subventionné par un programme du gouvernement fédéral géré par Pêches et Océans Canada pour la gestion des espèces en péril.

Photographies de la page 1 :

Mario Demers

© Gouvernement du Québec

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2021

ISBN (PDF) : 978-2-550-90786-2

Équipe de réalisation

Rédaction

Louise Nadon, biologiste, M. Sc., biologiste, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Équipe technique

Alexandre Raymond, technicien de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Catherine Greaves, technicienne de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Catherine St-Georges, technicienne de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Christian Beaudoin, technicien de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

François Renaud, technicien de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Loïc Germain Gingras, technicien de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Marianne Moffatt-Bergeron, technicienne de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Véronique St-Hilaire, technicienne de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Vincent Rainville, stagiaire en biologie

Virginie Boivin, technicienne de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Yan Bourque, technicien de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Soutien géomatique

Véronique St-Hilaire, technicienne de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Examen des contenus stomacaux (pêche à communauté)

Christian Beaudoin, technicien de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Correction et mise en page

Dominique St-Onge, adjointe administrative, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Révision scientifique

Julie Deschênes, Ph. D., DGSSO, Direction de gestion de la faune de l'Outaouais (MFFP)

Nathalie Vachon, M. Sc., DGSSO, Direction de la gestion de la faune de la Montérégie (MFFP)

.

Résumé

Le lac des Écorces (superficie de 658 ha) est l'habitat de la population de ciscos de printemps (*Coregonus* sp.), désignée en voie de disparition par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPA) (2009). Lors de la rédaction du plan de rétablissement du cisco de printemps, il a été reconnu que l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), qui est considéré comme une espèce envahissante dans les grands lacs et qui est responsable du déclin des corégonidés, constituait la principale menace pour le cisco sp. Le chabot de profondeur (*Myoxocephalus thompsonii*), également une espèce en péril, a été trouvé en 2005 dans le cadre d'une pêche expérimentale. Plusieurs travaux visant le rétablissement du cisco de printemps, la confirmation de la présence du chabot de profondeur et l'état de la communauté de poissons ont été effectués de 2010 à 2017. L'éperlan arc-en-ciel a été massivement retiré du ruisseau Gauvin pendant sept années consécutives (2010 à 2016) pour accroître l'abondance du cisco de printemps. Pour diverses raisons (montaison tardive, débit élevé, etc.), le retrait massif n'a pas permis de réduire la biomasse d'éperlans arc-en-ciel. En 2016, un inventaire a confirmé la présence du cisco de printemps sur un des deux sites de fraie après quelques heures de pêche. Le chabot de profondeur a fait également l'objet d'échantillonnages pendant les inventaires des ciscos de printemps géniteurs, mais seuls des chabots tachetés (*Cottus bairdi*) ont été capturés.

Puisqu'il est difficile de vérifier l'abondance de l'éperlan arc-en-ciel dans le lac des Écorces et d'évaluer son influence sur le cisco de printemps, il a été jugé nécessaire de procéder à un inventaire de la communauté en 2017 afin de mieux comprendre les interactions entre les espèces. Par la même occasion, des cages avec bâtons lumineux ont été utilisées pour la capture du chabot de profondeur qui semble toujours absent du lac des Écorces. L'examen des contenus stomacaux des différentes espèces de la communauté et la capture d'éperlans arc-en-ciel dans des filets à communautés confirment que celui-ci vit toujours dans le lac des Écorces. Il constitue la principale proie du doré jaune, tel que cela avait été observé en 2005 et 2009 et fait partie du régime alimentaire de la perchaude. Cette espèce est la plus abondante de la communauté, et ce, dans presque toutes les strates de profondeur, à l'exception de la strate la plus profonde où le cisco sp. et le chabot tacheté sont confinés. Pendant la période estivale, l'éperlan arc-en-ciel se trouve dans la section la plus froide du métalimnion, de 9 à 12 m de profondeur, et son principal prédateur, le doré jaune (*Sander vitreum*), de 6 à 9 m. Les contenus stomacaux de l'éperlan et de la perchaude indiquent que le zooplancton constitue une partie importante du régime alimentaire de ces deux espèces. L'abondance et la répartition de la perchaude dans la colonne d'eau (0 à 20 m) indiquent qu'elle pourrait être un prédateur de larves de ciscos de printemps. L'augmentation de l'abondance du doré jaune pourrait réduire les populations d'éperlans arc-en-ciel et de perchaudes et pourrait être envisagée comme un moyen alternatif pour augmenter celle du cisco de printemps.

Table des matières

Équipe de réalisation	I
Résumé	II
1. Introduction	1
2. Matériel et méthode	5
2.1 Retrait massif de l'éperlan arc-en-ciel.....	5
2.2 Présence du cisco de printemps et du chabot de profondeur.....	5
2.3 Communauté de poissons et alimentation	9
3. Résultats et discussion	14
3.1 Retrait massif de l'éperlan arc-en-ciel de 2010 à 2016	14
3.1.1 Variation de la température de l'eau et montaison des poissons dans le ruisseau Gauvin	14
3.1.2 Biomasse et poids moyen des éperlans arc-en-ciel géniteurs	16
3.1.3 Variation de l'âge et de la croissance des éperlans arc-en-ciel géniteurs.....	21
3.2 Présence du cisco de printemps et du chabot de profondeur en mai 2016	24
3.2.1 Profil physico-chimique de l'eau	24
3.2.2 Effort de pêche et description des spécimens capturés.....	25
3.3 Communauté de poissons et alimentation en juillet et août 2017.....	31
3.3.1 Paramètres physico-chimiques du lac des Écorces.....	31
3.3.2 Composition de la communauté de poissons	32
3.3.3 Recherche du chabot de profondeur à l'aide de nasses.....	34
3.3.4 Aperçu du régime alimentaire du doré jaune, de la perchaude et de l'éperlan arc-en-ciel en période estivale	34
3.3.5 Aperçu du régime alimentaire de cinq autres espèces dans le lac des Écorces au cours de la période estivale	36
3.3.6 Période d'éclosion des larves de ciscos de printemps.....	37
3.3.7 Influence du régime alimentaire du doré jaune sur la communauté	38
4. Conclusion	41
5. Liste de références	44
6. Annexes	50

Liste des figures

Figure 1. Lac des Écorces dans la région des Laurentides	2
Figure 2. Localisation des stations d'échantillonnage du cisco de printemps et du chabot de profondeur en mai 2016.....	8
Figure 3. Nasse construite selon le schéma de Sheldon (2006).....	11
Figure 4. Localisation des stations d'échantillonnage de la communauté de poissons en juillet et août 2017	12
Figure 5. Variation de la température de l'eau dans le ruisseau Gauvin pendant la montaison des éperlans arc-en-ciel en mai 2016	15
Figure 6 : Biomasse totale (kg) annuelle d'éperlans arc-en-ciel retirée du ruisseau Gauvin de 2010 à 2016	17
Figure 7. Variation du poids moyen en fonction de la biomasse prélevée de 2010 à 2016 (a) et de 2013 à 2016 (b)	20
Figure 8. Variation interannuelle de la proportion des différentes classes d'âge des d'éperlans arc-en-ciel géniteurs capturés de 2010 à 2016.....	21
Figure 9. Coefficient de détermination du poids moyen (b) des éperlans géniteurs de trois ans et les années de prélèvement	22
Figure 10. Distribution de fréquence de taille des éperlans arc-en-ciel géniteurs dans le ruisseau Gauvin en 2016.....	23
Figure 11. Profil physico-chimique du lac des Écorces le 24 mai 2016	24
Figure 12. Photographie des gonades du cisco de printemps mâle de stade 6, après l'expulsion de la laitance	26
Figure 13. Profil physico-chimique du lac des Écorces en juillet et en août 2017	31
Figure 14. Espèces de poissons capturées par unité d'effort, par engin de pêche et par strate de profondeur	33
Figure 15. Alimentation des perchaudes, des dorés jaunes et des éperlans capturés dans le lac des Écorces en juillet et août 2017	35
Figure 16. Alimentation de cinq espèces de poissons capturés dans le lac des Écorces en juillet et août 2017	37
Figure 17. Variation de la température moyenne du lac des Écorces aux profondeurs de 24, 28 et 32 m du mois de mai au mois d'août	38
Figure 18. Croissance du doré jaune dans le lac des Écorces	39

Liste des tableaux

Tableau 1. Description des engins de pêche et localisation des stations d'échantillonnage en mai 2016	7
Tableau 2. Nombre de stations par engin de pêche et strate de profondeur	10
Tableau 3. Classification des proies identifiées dans les contenus stomacaux	13
Tableau 4. Autres espèces de poisson présentes dans le ruisseau Gauvin pendant les retraits massifs	14
Tableau 5. Température moyenne de l'eau du ruisseau Gauvin et observations des éperlans durant les opérations de 2010 à 2015	16
Tableau 6. Biomasse totale quotidienne et poids moyen des éperlans arc-en-ciel retirés de la frayère du ruisseau Gauvin de 2010 à 2016	18
Tableau 7. Effort de pêche, profondeur et heure de la pose des engins de pêche et description des spécimens capturés au printemps 2016.....	27

Liste des annexes

Annexe 1. Illustration des écailles de l'âge estimé des éperlans selon la technique de Tardif (2011)...	50
Annexe 2. Description des stades de la maturité sexuelle selon Kesteven, 1960.....	51
Annexe 3. Profondeur des engins de pêche par strate de profondeur.....	52
Annexe 4. Photographie d'une écaille prélevée chez le cisco de printemps capturé le 26 mai 2016 (mâle)	53
Annexe 5. Stades de maturité des ciscos sp. capturés dans le lac des Écorces de 1994 à 2004 par le MFFP (données non publiées).....	54
Annexe 6. Stades de maturité des ciscos sp capturés dans le lac des Écorces aux mois de mai 1983 et 1984 par Hénault (1987)	55
Annexe 7. Nombre de poissons par espèce, par station de pêche et par strate de profondeur	56
Annexe 8. Illustrations de larves de ciscos de lac et comparaison avec la larve trouvée dans l'estomac d'une perchaude le 22 septembre 2005.....	57

1. Introduction

Le lac des Écorces (46° 31' 17" N. et 75° 22' 29" O.) est situé dans la région des Laurentides à 230 m d'altitude dans la municipalité de Lac-des-Écorces (figure 1). Ce plan d'eau de 658 ha contient une communauté de poissons diversifiée. Les pêches expérimentales de 1999 à 2017 (données non publiées de 1999 à 2009) ont recensé 19 espèces de poissons. La plupart ont été trouvées durant les travaux de 2010 à 2017 (tableau 4 et section 3.3.2), sauf le chabot de profondeur (*Myoxocephalus thompsonii*), le fondule barré (*Fondulus diaphanus*), le maskinongé (*Esox masquinongy*) et le museau noir (*Notropis heterolepis*).

Deux espèces en péril vivent dans le lac des Écorces, une population de ciscos de printemps (*Coregonus* sp.), une espèce inscrite à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) comme étant en voie de disparition et le chabot de profondeur, une espèce désignée comme préoccupante. Le cisco de printemps se trouve que dans le lac des Écorces. Le statut provincial de sa population est S2/S3, ce qui signifie qu'elle est en péril ou vulnérable dans la province de Québec. Le cisco de printemps figure sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) du Québec. Le cisco de printemps est un phénotype du cisco de lac (*Coregonus artedii*) qui fraie habituellement à la fin de l'automne (Scott et Crossman, 1974). Par rapport au cisco de lac (*Coregonus artedii*) qui fraie en octobre, le cisco de printemps fraie en mai. Les individus de la population de ciscos de printemps possèdent en général moins de branchicténies (moyenne de 42,7) que les ciscos de lac (moyenne de 50,5) (Hénault et Fortin, 1989).

Des inventaires de ciscos de printemps ont eu lieu pendant plusieurs années après sa découverte en 1981 (Pariseau et coll., 1983), dont une étude de maîtrise de Hénault (1987) sur le statut taxinomique de la population de « ciscos de lac frayant au printemps » (Hénault et Fortin, 1993).

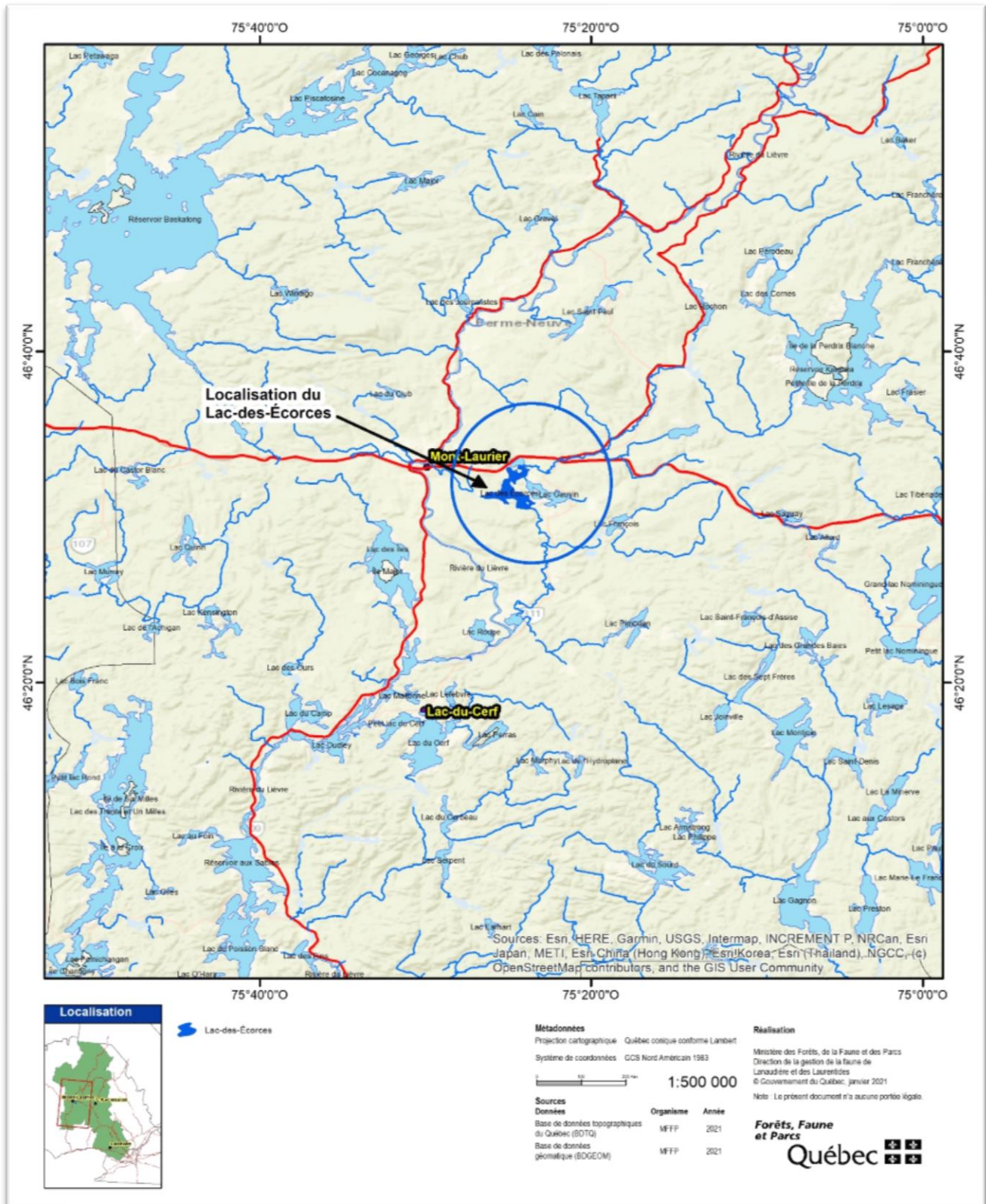


Figure 1. Lac des Écorces dans la région des Laurentides

Dans les années 1990 et 2000, des suivis du cisco de printemps aux sites de reproduction historiques ont démontré la baisse graduelle de son abondance (10,5 à 1,8) en comparant les résultats avec le même effort d'échantillonnage exprimé en heures de pêche. Durant la dernière pêche, effectuée en mai 2008 (les 14 et 23 mai), un seul cisco de printemps a été capturé pour un résultat de 0,03 cisco de printemps par heure de pêche. Avec une diminution constante de la densité des géniteurs, la population a été considérée en voie de disparition par le COSEPAC en 2009.

Le chabot de profondeur a fait également l'objet d'une évaluation de statut par le COSEPAC en 2016. Comme un chabot de profondeur (*Myoxocephalus thompsonii*) a été trouvé durant une pêche expérimentale au doré jaune et au cisco en septembre 2005 (MFFP, données non publiées), le lac des Écorces a été ciblé par le COSEPAC pour confirmer sa présence et des pêches supplémentaires ont été effectuées pour bonifier le rapport d'évaluation et de situation de cette espèce (COSEPAC, 2017).

L'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), reconnu comme une espèce envahissante lorsqu'elle est introduite dans un plan d'eau (Rooney et Paterson, 2009), a été identifié comme le principal compétiteur et prédateur du cisco de printemps (Hrabik, Magnuson et McLain, 1998; Jared T. Myers et coll., 2009). Le retrait massif de l'éperlan arc-en-ciel a été retenu comme une des mesures prioritaires pour réduire la biomasse d'éperlans arc-en-ciel dans le plan de rétablissement du cisco de printemps (tableau 2; MPO, 2014). L'éperlan arc-en-ciel aurait été introduit dans le réservoir Kiamika, situé en amont du lac des Écorces dans les années 1970 ou 1990 avec les ouananiches (*Salmo salar* ouananiche) où elles vivent toujours. En 2004, une frayère d'éperlans arc-en-ciel a été observée pour la première fois dans le ruisseau Gauvin. Selon Hrabik et coll. (1998), l'effet négatif de l'éperlan arc-en-ciel sur le cisco de lac semble plus marqué lorsque les deux espèces partagent la même zone thermique. Dans le lac des Écorces, les deux espèces occupent le même habitat préférentiel et sont confinées aux zones profondes du plan d'eau pendant la période estivale. À partir de 2010, on a procédé au retrait massif de l'éperlan arc-en-ciel. À la suite de ces travaux, la présence du cisco de printemps aux sites historiques de fraie à l'aide d'une pêche expérimentale a été vérifiée. La technologie de l'époque ne permettait pas de distinguer clairement les éperlans arc-en-ciel des ciscos sp. ou de distinguer, au moyen de l'ADN environnemental (ADNe), le cisco de lac du cisco de printemps. Il était donc difficile de vérifier l'abondance ou la présence du cisco de printemps sans les sacrifier.

Par la même occasion, la présence du chabot de profondeur a été vérifiée au cours de cet inventaire de 2016.

Selon des résultats des pêches expérimentales effectuées en 2005 et 2009, la communauté de poissons est extrêmement variée. Ils démontraient que l'éperlan arc-en-ciel était devenu la principale proie du doré jaune et que d'autres prédateurs que l'éperlan arc-en-ciel pourraient également être problématiques pour le cisco de printemps (MFFP, données non publiées). Il a donc été envisagé de dresser un inventaire de la communauté en 2017 en procédant à l'analyse des contenus stomacaux pendant la période théorique de l'éclosion des larves de ciscos de printemps afin de mieux comprendre les interactions entre les espèces.

Par la même occasion, d'autres engins de pêche ont été déployés dans les zones les plus profondes du lac afin d'augmenter l'effort d'échantillonnage pour le chabot de profondeur, difficile à capturer.

2. Matériel et méthode

2.1 Retrait massif de l'éperlan arc-en-ciel

Les éperlans arc-en-ciel ont été massivement retirés du ruisseau Gauvin pendant sept années consécutives durant la montaison des géniteurs. Les observations et les opérations ont été réalisées en aval des ponceaux du chemin qui traverse le ruisseau. De 2011 à 2016, un thermographe a été utilisé pour enregistrer la température de l'eau (°C) à la surface du ruisseau Gauvin. Les données étaient enregistrées toutes les heures, et ce, de deux à quatre semaines avant le pic de la montaison et jusqu'à la fin du retrait massif. En 2010, seul un thermomètre de poche avait été utilisé. Avant et après la montaison des éperlans arc-en-ciel, les poissons de la frayère ont été identifiés *de visu* par espèce, et leur nombre approximatif a été inscrit sur un formulaire. Les prélèvements cessaient le plus souvent la journée suivant la disparition des derniers bancs d'éperlan arc-en-ciel de la frayère et les observations, généralement le jour suivant.

Une seine de rivage de 14 m a été utilisée pour capturer les éperlans arc-en-ciel. Des puises et des bâtons ont également été utilisés pour rabattre les poissons de l'aval des ponceaux, situés à plus de 200 m de l'embouchure, jusqu'à la seine placée à environ 60 m de l'embouchure. Après avoir rabattu la seine vers le rivage, les poissons étaient sortis avec des puises et déposés dans des chaudières pour être pesés au dixième de kilogramme près avec une balance industrielle d'une capacité de 100 kg.

Tout au long du retrait massif, des éperlans ont été conservés congelés pour les mesures en laboratoire. Au laboratoire, le sexe a été déterminé chez 150 géniteurs, répartis également entre les journées d'échantillonnage, et ceux-ci ont été pesés (g) et mesurés (mm) individuellement. L'âge a été estimé par l'examen des écailles prélevées sur certains d'entre eux (de 50 à 145 poissons) selon la technique d'estimation de l'âge chez l'éperlan arc-en-ciel de Tardif (2011). Des images des écailles, pour chacune des classes d'âge, sont présentées à l'annexe I. Parmi les poissons collectés, 150 géniteurs ont été utilisés aléatoirement pour les analyses de laboratoire. L'analyse des données biologiques a été réalisée à l'aide d'Excel et du logiciel Xlstat d'Addinsoft. Ces analyses avaient pour but de vérifier les caractéristiques de cette population et de sa réaction biologique au retrait massif.

2.2 Présence du cisco de printemps et du chabot de profondeur

Deux stations d'échantillonnage pour la capture de ciscos de printemps géniteurs ont été choisies en fonction des données historiques de capture de cette espèce durant les décennies de 1990 et 2000 et ont été visitées au cours de la troisième semaine de mai 2016. La description des engins, les

coordonnées géographiques de ces stations et les dates d'échantillonnage sont présentées dans le tableau 1.

La vérification de la présence du cisco de printemps dans l'écosystème s'est faite à l'aide de huit filets expérimentaux à omble de fontaine tels qu'ils ont été utilisés dans les années antérieures (données non publiées du MFFP de 1994 à 2004) et décrits dans le guide de normalisation (Service de la faune aquatique, 2011) et de quatre filets expérimentaux de mailles de 64 mm mesurant 30 m x 2,5 m. Aux mêmes stations de pêche, les deux filets de mailles de 64 mm ont été utilisés pendant 12 heures, durant la première journée seulement. Ils ont été remplacés par d'autres filets à omble de fontaine la deuxième journée. Les filets expérimentaux à omble de fontaine ont été installés par deux bout à bout (deux bandes) à chacune des stations d'échantillonnage. Des filets à communautés à petites mailles (Service de la faune aquatique [SFA], 2011) ont également été déployés pour trouver le chabot de profondeur pendant la période d'échantillonnage du cisco de printemps, soit au cours de la dernière semaine de mai, du 25 au 26 mai 2016. Étant donné la présence du cisco de printemps, une seule bande de cinq panneaux a été utilisée.

Les stations d'échantillonnage sont présentées dans la figure 2 avec la bathymétrie du plan d'eau et la station de physico-chimie. Les stations d'échantillonnage se situent de 20 à 30 m de profondeur pour la capture du cisco de printemps et des cottidés. Cette zone représente environ 100 ha, soit 15 % de la superficie totale du plan d'eau (658 ha). Les sites échantillonnés pour ces deux espèces ont été choisis et situés approximativement aux mêmes endroits que pour les années antérieures.

Tableau 1. Description des engins de pêche et localisation des stations d'échantillonnage en mai 2016

Date de la levée	Station	Engin de pêche	Espèce visée	Coordonnées Lat.; long. (degrés décimaux)
24 et 26 mai	Ci1(a)	Filet à omble de fontaine (2 bandes)	Cisco de printemps	46,51921; -75,41466
24 mai	Ci1(b)	Filet de 64 mm (2 bandes)	Cisco de printemps	46,51921; -75,41466
24 et 26 mai	Ci2 (a)	Filet à omble de fontaine (2 bandes)	Cisco de printemps	46,51933; -75,41407
25 et 26 mai	Co1	Filet à communautés (petites mailles)	Chabot de profondeur	46,5197; -75,4211
26 et 27 mai	Co2	Filet à communautés petites mailles (1 bande)	Chabot de profondeur	46,5216; -75,4080

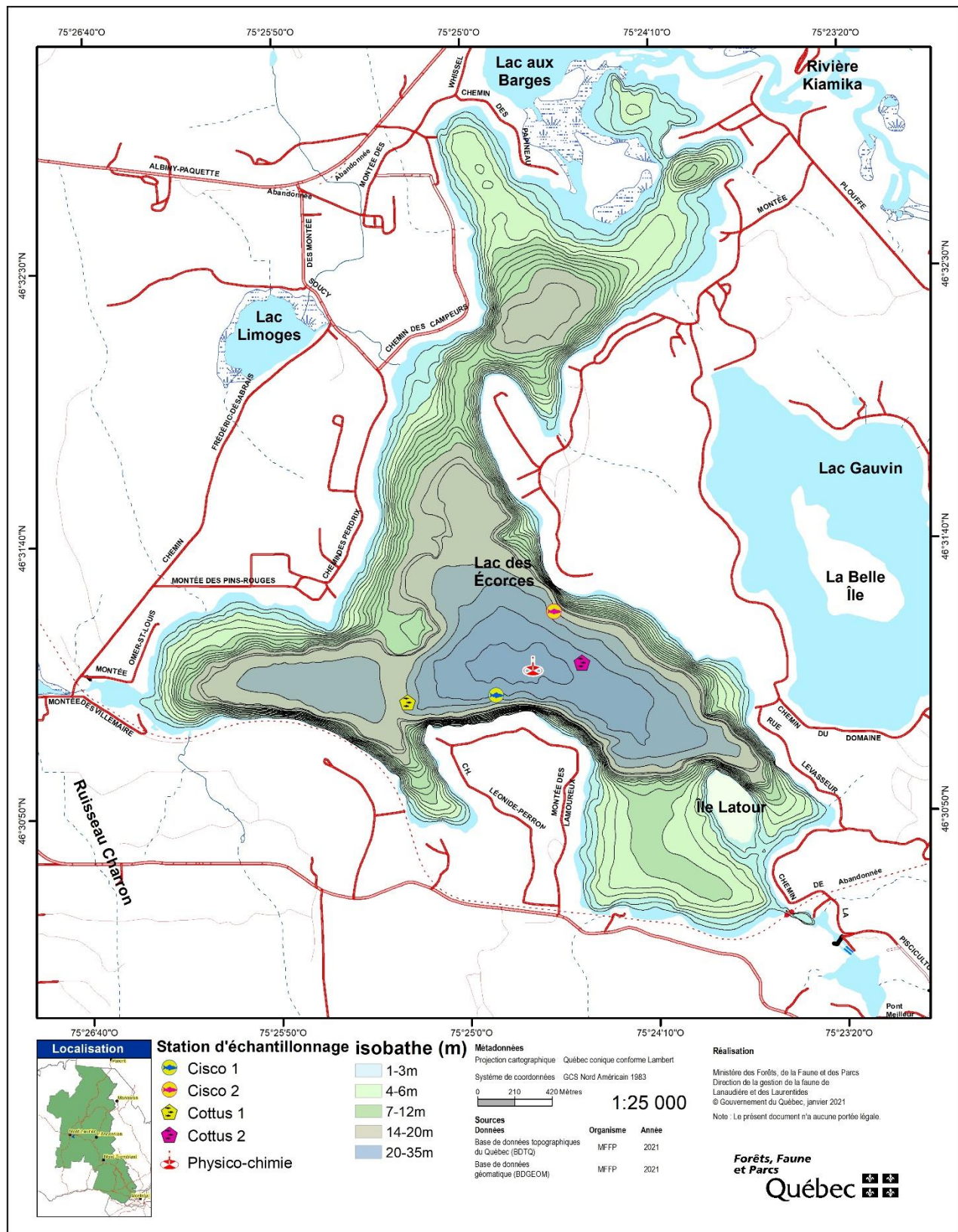


Figure 2. Localisation des stations d'échantillonnage du cisco de printemps et du chabot de profondeur en mai 2016

La durée de pêche pour chaque engin a été d'environ deux fois trois heures consécutives, soit de 9 h à 16 h du 24 au 26 mai 2016. Les pêches ont cessé dès qu'un cisco de printemps a été identifié formellement. Pour distinguer le cisco de printemps du cisco de lac, qui fréquente aussi l'écosystème, la maturité des gonades a été évaluée à l'aide de la clé de Kesteven (1960) (annexe 2). La description des gonades au stade « 6 » est définie comme « mature » : les ovocytes et le sperme s'écoulent si on exerce une légère pression. La plupart des ovocytes sont translucides et quelques-uns restent opaques. Pour confirmer la présence d'un cisco de printemps, la maturité des gonades devait être de stades 5, 6 ou 7.

Par ailleurs, les spécimens ont été apportés au laboratoire afin de recueillir les données sur le stade de maturité et sur le nombre de branchicténies afin d'en vérifier la concordance avec les données de maîtrise de Hénault (1987). En effet, le nombre de branchicténies (une différence de 7,8 en moyenne) semble un critère qui pourrait être utilisé pour distinguer les ciscos de printemps des ciscos de lac dans le lac des Écorces et les autres plans d'eau des alentours (Hénault et Fortin, 1989). Chez le cisco de printemps, le nombre de branchicténies est en moyenne de 43 ($n = 44$; min = 39; max = 50), tandis qu'on trouve en moyenne 51 ($n = 7$; min = 49; max = 52) branchicténies chez le cisco de lac pêché dans le même plan d'eau. Par ailleurs, les ciscos de printemps ne dépassent pas 270 mm de longueur totale, alors que les ciscos de lac peuvent atteindre 360 mm (Hénault et Fortin, 1989).

Les paramètres physico-chimiques du lac ont été mesurés dans sa zone la plus profonde, à 33 m, avec une sonde multiparamètre YSI pour la température, l'oxygène dissous, la conductivité et le pH. La transparence a été évaluée à l'aide d'un disque de Secchi.

2.3 Communauté de poissons et alimentation

Le nombre de stations d'échantillonnage et les filets à communautés à petites et grandes mailles ont été déployés par strate de profondeur au hasard, selon le *Guide de normalisation des méthodes utilisées en faune aquatique* (SFA, 2011) au cours des semaines de juillet et août 2017, soit pendant les périodes d'éclosion probable des larves de ciscos de printemps. L'effort de pêche requis par strate de profondeur est présenté dans le tableau 2, le nombre de filets a été modifié dans la première strate de profondeur (de 1 à 3 m) parce que, en été, les espèces de plus grande taille dans cette zone sont peu susceptibles d'interagir avec le cisco de printemps. La profondeur des stations est présentée à l'annexe 3.

La présence du chabot de profondeur a également fait l'objet d'une vérification avec des nasses fabriquées par Kilgour & Associates (2017). Les nasses ont été construites selon le schéma de Sheldon

(2006) avec de la maille en acier galvanisé de ¼ po, un cadre soudé en acier et une barre d'armature pour permettre l'immersion des pièges en profondeur appâtés avec du pain blanc et des bâtons lumineux (Cyalume 6 po Snaplight) (figure 3).

Les filets à communautés à grandes mailles ont été remplacés par des filets expérimentaux à touladi et à doré jaune comme cela est décrit dans le *Guide de normalisation des méthodes utilisées en faune aquatique* (SFA, 2011). Les filets à communautés à grandes mailles possèdent les mêmes grandeurs de maille que les filets à touladi et à doré, mais sont en désordre. Les résultats ont été jugés similaires par le MFFP.

Tableau 2. Nombre de stations par engin de pêche et strate de profondeur

Strate de profondeur (m)	Filets à communautés à petites mailles	Filets normalisés au doré jaune ⁽¹⁾	Nasses (chabot de profondeur)
1-3	4	0 ⁽²⁾	
3-6	4	4	
6-12	3	4	
12-20	2	3	
20-35		3	10
Total	13	14	10

(1) Remplacent les filets à communautés à grandes mailles; (2) Selon le guide de normalisation, le nombre de filets devrait être de 2.

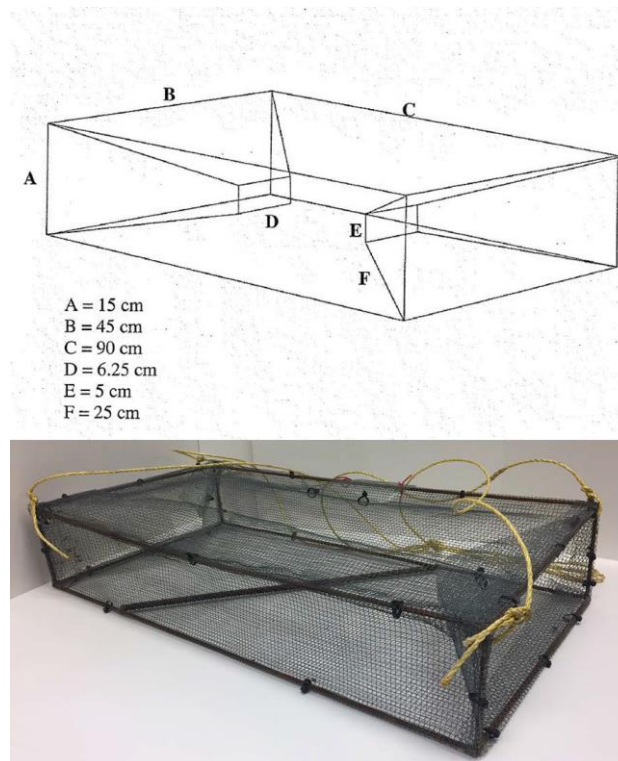


Figure 3. Nasse construite selon le schéma de Sheldon (2006)

Les stations d'échantillonnage sont présentées dans la figure 4 avec la bathymétrie du plan d'eau et la station de physico-chimie. Pour la capture des cottidés, les profondeurs des stations d'échantillonnage avec les nasses varient de 20 à 34 m. Cette zone représente environ 100 ha, soit 15 % de la superficie totale du plan d'eau (658 ha).

Des paramètres physico-chimiques du plan d'eau ont également été mesurés dans la zone la plus profonde du lac, à 33 m, avec une sonde multiparamètre YSI pour la température, l'oxygène dissous, la conductivité et le pH le 17 juillet et le 1^{er} août. La transparence a été évaluée avec un disque de Secchi.

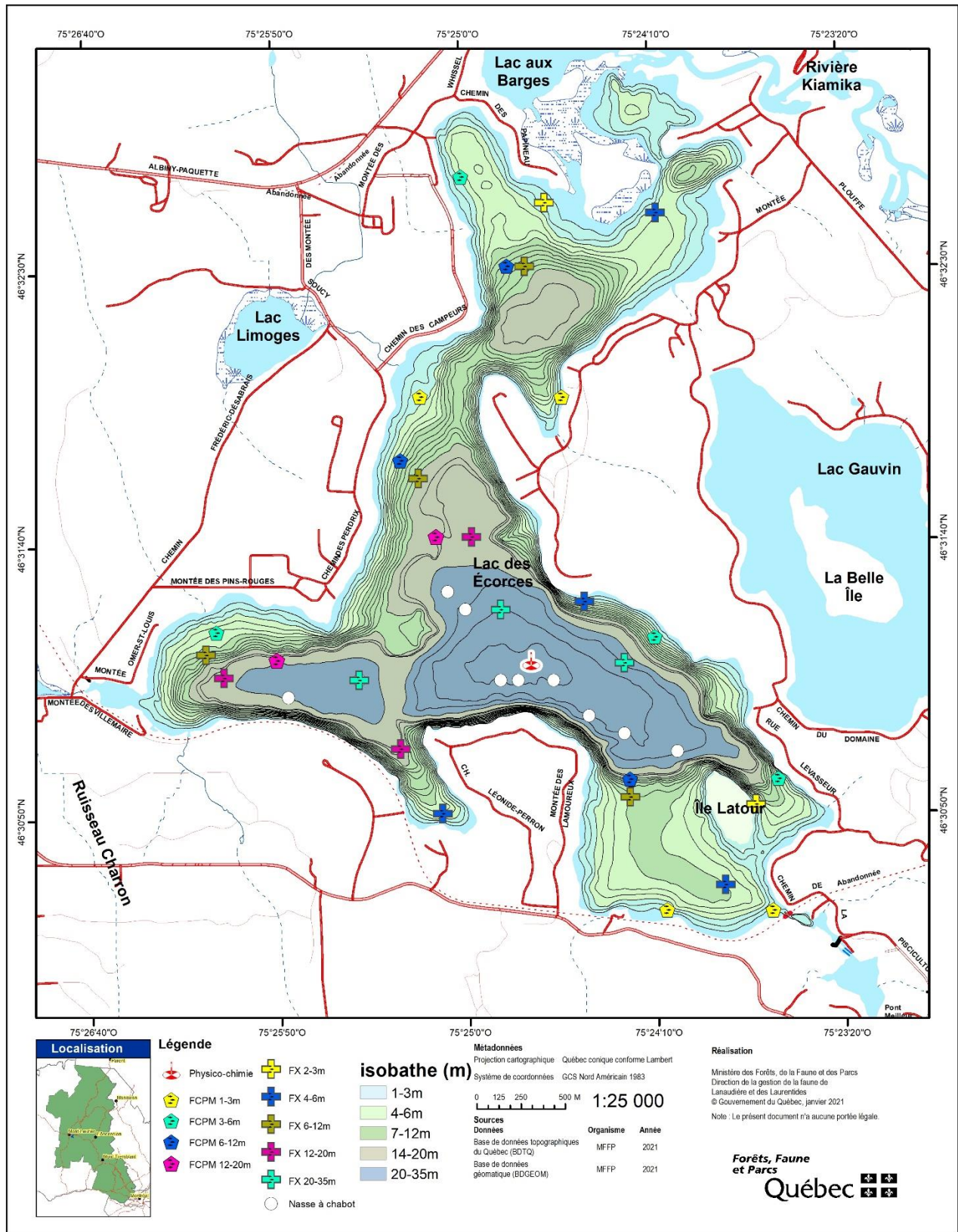


Figure 4. Localisation des stations d'échantillonnage de la communauté de poissons en juillet et août 2017

Les contenus stomacaux ont été fixés à l'aide d'une solution formol à 10 % et rapportés au laboratoire afin de les examiner. Les données ont été compilées par groupe de proies suivantes : benthos, poisson et zooplancton à l'aide d'un binoculaire. Dans chacun des groupes, les spécimens ont été identifiés soit à l'espèce, au genre, à la famille ou à l'ordre, selon la précision nécessaire ou du degré de fiabilité des observations. Les spécimens ont été identifiés avec le document de Moisan (2006).

Les proies identifiées comme étant des poissons ont été formellement identifiées à l'espèce ou grâce à des écailles de poissons ou des ossements divers, dont la colonne vertébrale et les côtes (arêtes). Le zooplancton a été identifié comme crustacé ou crevette (amphipodes) et parfois il a été possible d'identifier les ordres (Cladocères, Cyclopes ou Daphnés). Les larves de poissons sont également classées en tant que zooplancton.

Pour chacun des groupes, la classification choisie est présentée dans le tableau 3. Les proies contenues dans un estomac étaient identifiées et colligées individuellement (occurrences).

Tableau 3. Classification des proies identifiées dans les contenus stomacaux

Benthos	Poisson	Zooplancton
Mollusque	Écaille de poisson	Amphipodes
Écrevisse	Ossements (arêtes)	Cladocères
Autres larves d'insectes	Éperlan arc-en-ciel (OSMO)	Mysidacés
Diptère	Écaille d'éperlan arc-en-ciel (OSMO)	Copépodes
Trichoptère	Perchaude (PEFL)	Daphnés
Coléoptère	Autres espèces non identifiées	Larves de poisson
Odonate		

3. Résultats et discussion

3.1 Retrait massif de l'éperlan arc-en-ciel de 2010 à 2016

3.1.1 Variation de la température de l'eau et montaison des poissons dans le ruisseau Gauvin

En 2016, six espèces ont été observées avant, pendant et après la montaison des éperlans arc-en-ciel, tandis les autres espèces ont été observées de 2010 à 2015 (tableau 4).

Tableau 4. Autres espèces de poisson présentes dans le ruisseau Gauvin pendant les retraits massifs

En 2016		Entre 2010 et 2015	
Espèces	Nom latin	Autres Espèces	Nom latin
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	Méné à nageoires rouges	<i>Luxilus cornutus</i>
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>
Crapet-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>
Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>
Méné jaune	<i>Notemigonus crysoleucas</i>	Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>
Méné à grosse tête	<i>Pimephales promelas</i>		
Achigans à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>		

Les données indiquent que la montaison de l'éperlan arc-en-ciel se fait à la mi-mai, lorsque la température de l'eau fluctue de 10 à 15 °C. La journée précédant le début des opérations, des oiseaux piscivores (sternes et goélands) sont observés lorsque l'éperlan arc-en-ciel arrive à l'embouchure du ruisseau. En 2016, la fraie a débuté quand la température maximale journalière a atteint 15 °C. Par ailleurs, la ventilation des températures par périodes (8 h, 12 h, 16 h, 24 h) semble indiquer une plus faible fluctuation de la température de l'eau (près des 15 °C) durant le pic de montaison (figure 5). En 2016, la température moyenne pendant le retrait massif a été de 10,6 °C (écart-type = 2,9). En 2016,

c'est le 11 mai que les premiers éperlans ont été aperçus. Les retraits massifs ont eu lieu du 12 au 19 mai et se sont terminés lorsque plus un seul géniteur n'a été aperçu dans la frayère.

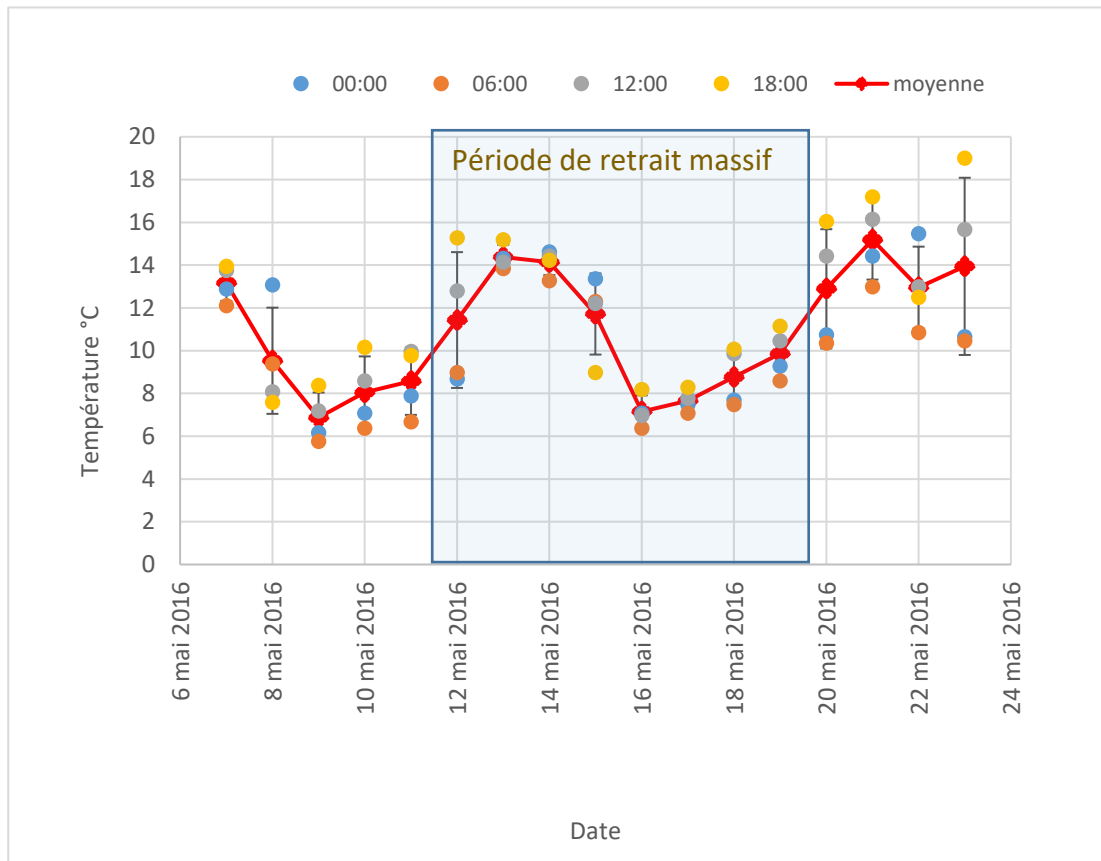


Figure 5. Variation de la température de l'eau dans le ruisseau Gauvin pendant la montaison des éperlans arc-en-ciel en mai 2016

Les données des températures moyennes des années antérieures sont présentées dans le tableau 5. Depuis le début des opérations, les retraits massifs ont eu lieu le plus souvent du 9 au 20 mai, le début de la montaison étant généralement caractérisé par l'arrivée des oiseaux ichtyophages (sternes, goélands et harles) à l'embouchure du ruisseau.

Tableau 5. Température moyenne de l'eau du ruisseau Gauvin et observations des éperlans durant les opérations de 2010 à 2015

Année	Période du retrait massif	Température moyenne °C	Écart-type	n	Notes
2010 (1)	4 et 5 mai	14,00	1,00	2	Des œufs sur le substrat et des milliers d'éperlans observés le 6 et 7 mai
2011	16 au 18 mai	11,60	0,84	6	± 100 d'éperlans présents le 19 mai et le 20 mai
2012	9 au 14 mai	12,58	2,35	18	Arrêt le 11 et 12 en absence de poissons ± 100 d'éperlans présents le 15 et le 16 mai
2013	15 au 18 mai	11,80	1,06	12	Milliers d'éperlans le 14 mai
2014	16 au 20 mai	13,39	1,31	15	Arrêt le 17 mai à cause du débit
2015	14 au 17 mai	15,70	2,66	16	
(1) thermomètre de poche vers 15:00					

(1) thermomètre de poche vers 15:00

3.1.2 Biomasse et poids moyen des éperlans arc-en-ciel géniteurs

Des fluctuations importantes de biomasse d'éperlans arc-en-ciel géniteurs retirés du ruisseau Gauvin ont été observées de 2010 à 2016 (figure 6). Les résultats montrent une évolution en dents de scie (518 à 1723 kg) jusqu'à la dernière année (2016) sans jamais amorcer une tendance à la baisse (coefficient de détermination $R^2 = 0,0036$).

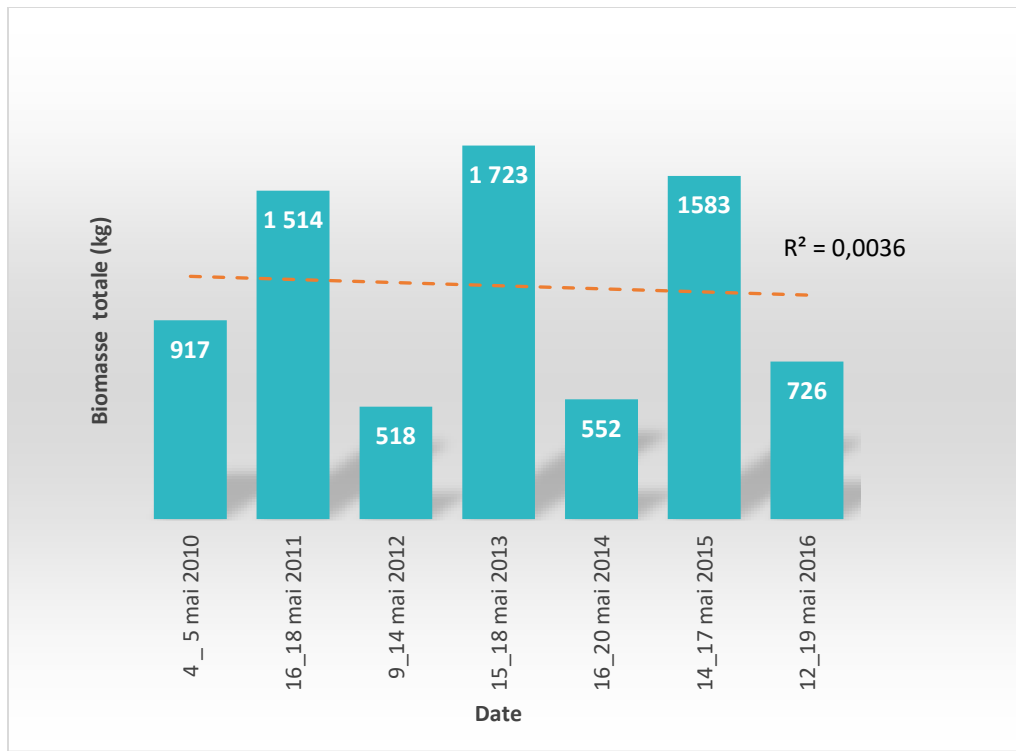


Figure 6 : Biomasse totale (kg) annuelle d'éperlans arc-en-ciel retirée du ruisseau Gauvin de 2010 à 2016

Avec le calcul du poids moyen des poissons provenant des échantillons ($n = 150$) et le résultat de la biomasse totale, le nombre total d'éperlans arc-en-ciel a été estimé chaque année de prélèvement. On remarque que, pour une biomasse semblable en 2011 et 2015 (1 514 kg vs 1 583 kg), les nombres estimés sont respectivement de 162 748 poissons et de 316 580 poissons. Des valeurs qui augmentent du simple au double (tableau 6).

Tableau 6. Biomasse totale quotidienne et poids moyen des éperlans arc-en-ciel retirés de la frayère du ruisseau Gauvin de 2010 à 2016

Année	Date	Poids (kg)	Poids moyen ⁽¹⁾ (g)	Nombre estimé
t2010	04-mai	372,9		
	05-mai	544,6		
	Total	917,5	8,56	107 135
2011	16-mai	327,1		
	17-mai	639,4		
	18-mai	547,1		
	Total	1513,6	9,28	163 041
2012	09-mai	154,5		
	10-mai	223,6		
	13-mai	130,9		
	14-mai	8,7		
	Total	517,7	8,76	59 083
2013	15-mai	257,4		
	16-mai	615,9		
	17-mai	503,3		
	18-mai	346,2		
	Total	1722,8	5,39	319 906
2014	16-mai	224,2		
	18-mai	115,9		
	19-mai	168,5		
	20-mai	43,7		
	Total	552,3	6,95	79 521
2015	14-mai	67,9		
	15-mai	331,3		
	16-mai	533,8		
	17-mai	649,9		
	Total	1582,9	5,0	314 067
2016	12-mai	135,2		
	13-mai	245,8		
	14-mai	185,5		
	15-mai	46,5		
	17-mai	104,4		
	19-mai	9,0		
	Total	726,4	6,99	103 923
⁽¹⁾ sous-échantillon (n = 150)				

Les variations de la biomasse retirée d'une année à l'autre peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs dont l'importance est difficile à quantifier. Parmi ces derniers, notons : la variation des débits en fonction des précipitations, une seconde montaison tardive (tableau 5), la présence d'obstacles dans le cours d'eau, des activités de fraie pendant la nuit et l'arrivée de nouveaux éperlans migrateurs provenant du bassin versant de la rivière Kiamika. Des observations supplémentaires pendant les opérations ont été faites dans la rivière Kiamika en amont du pont de la route 117 où quelques milliers d'éperlans arc-en-ciel ont été vus pendant la période de fraie. Les travaux de retrait massif dans le ruisseau Gauvin ont continué malgré ces nouvelles observations, puisque les populations de poissons d'une même espèce sont souvent exclusives à un cours d'eau et qu'il y avait encore un espoir de réduire significativement la biomasse du ruisseau Gauvin.

En 2012, le retrait massif a été réalisé du 9 au 14 mai, avec un arrêt des opérations au milieu de la montaison (les 11 et 12 mai). Par la suite, il y a eu une seconde montaison de quelques centaines de géniteurs observés par un témoin, qui n'ont pas été retirés. Puisque la fécondation a eu lieu et que cette cohorte a survécu, cela pourrait expliquer le grand nombre de géniteurs en 2015 (3 ans = âge à reproduction). Par ailleurs, c'est en 2015 que le poids moyen des éperlans arc-en-ciel (5 g) a été estimé le plus faible, possiblement à cause de la diminution du cannibalisme (causé par le retrait massif les années précédentes) et de la compétition intraspécifique dans cette cohorte.

Stritzel Thomson et coll. (2010) et Feiner, Zachary et coll. (2015) ont observé des variations importantes dans la croissance et le recrutement des populations d'éperlans arc-en-ciel en réponse à l'exploitation intensive, comme celles observées durant le retrait massif. Le prélèvement de géniteurs dans la frayère a causé une réaction analogue à celle engendrée par une exploitation intensive et réduisant le poids moyen des poissons. Le retrait massif équivaut à la surexploitation d'une population d'éperlans arc-en-ciel comme le montre la relation entre la biomasse retirée et le poids moyen dans la figure 7.

L'effet du prélèvement (surexploitation) sur le poids moyen et la biomasse n'était pas encore mesurable au cours des trois premières années, elles ont donc été soustraites de l'analyse dans la seconde illustration (b). Le coefficient de détermination y est beaucoup plus élevé ($R^2 = 0,9511$; $p = 0,014$ versus $R^2 = 0,1776$; $p = 0,296$).

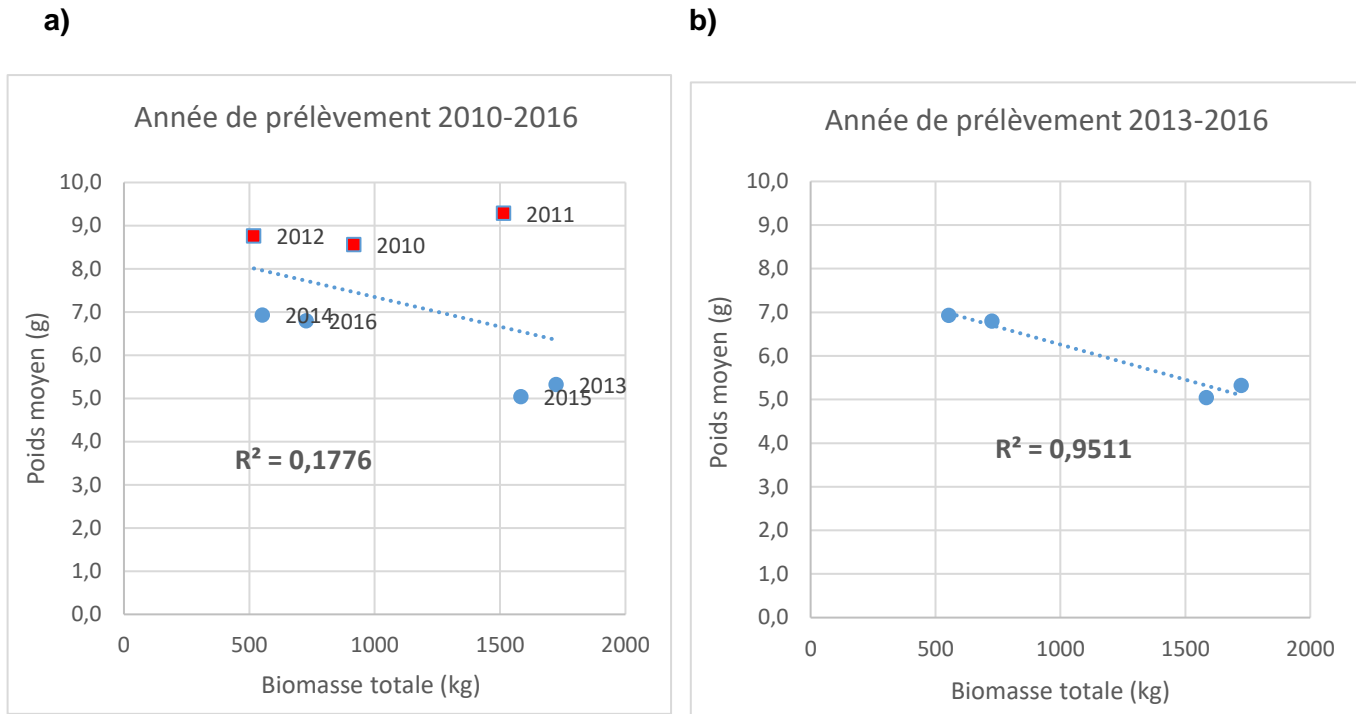


Figure 7. Variation du poids moyen en fonction de la biomasse prélevée de 2010 à 2016 (a) et de 2013 à 2016 (b)

À partir de 2013, le poids moyen suit une gradation inversement proportionnelle à la biomasse (figure 7b) avec un coefficient de détermination de 0,9511 (R^2), ce qui signifie que 95 % des variations de poids moyen sont étroitement liées à la biomasse. Cette gradation n'est pas aussi évidente lorsqu'on inclut toutes les années d'échantillonnage (figure 7a).

3.1.3 Variation de l'âge et de la croissance des éperlans arc-en-ciel géniteurs

Au fil des années, les variations de la croissance ont été fortement influencées par les géniteurs de trois ans, puisque ceux-ci représentaient, pour chaque année de prélèvement, de 76 à 97 % des poissons mesurés, à l'exception de 2014 où ils ne représentaient que 38 % (figure 8).

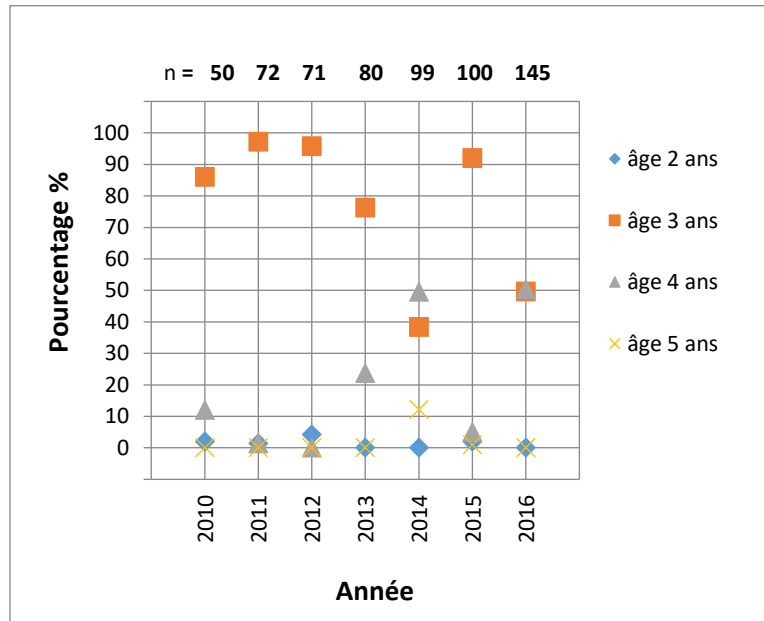


Figure 8. Variation interannuelle de la proportion des différentes classes d'âge des éperlans arc-en-ciel géniteurs capturés de 2010 à 2016

Les géniteurs de trois ans ont donc été choisis pour vérifier les variations du poids moyen entre les années de prélèvement. Cette variation est illustrée à l'aide du coefficient de détermination qui s'élève à 0,56. Cela signifie que 56 % de la diminution de la masse moyenne s'explique par l'année ou, par déduction, par l'effet du retrait massif (figure 9).

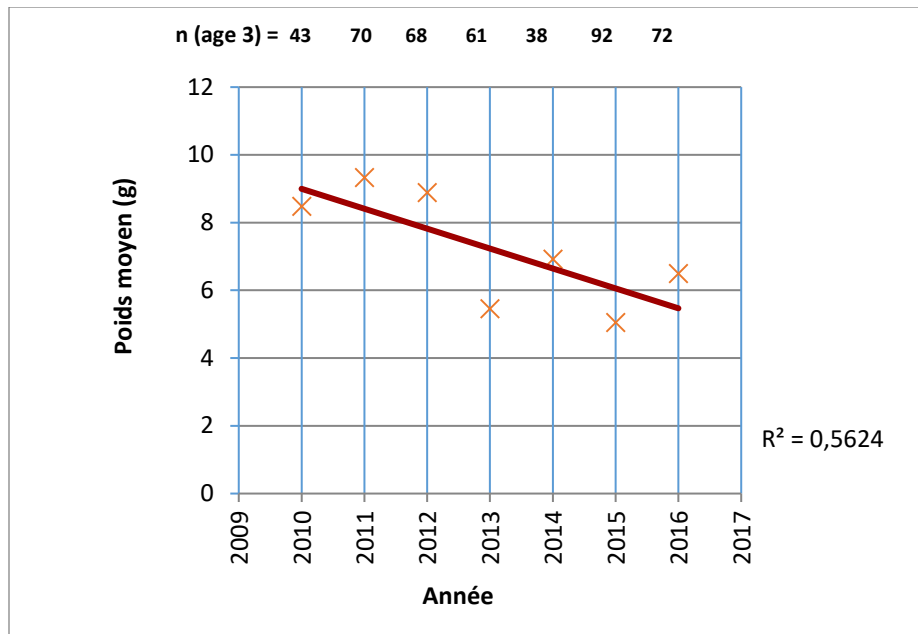


Figure 9. Coefficient de détermination du poids moyen (b) des éperlans géniteurs de trois ans et les années de prélèvement

En 2016, durant la dernière année de prélèvement, des géniteurs de plus de 145 cm ont été observés pour la première fois dans le lac des Écorces. Ces poissons n'ont pas fait l'objet d'une capture au hasard; ils ont été choisis au moment du tri. La distribution de fréquence de taille des géniteurs, dans la figure 10, illustre l'apparition des poissons de plus de 145 cm (n = 5).

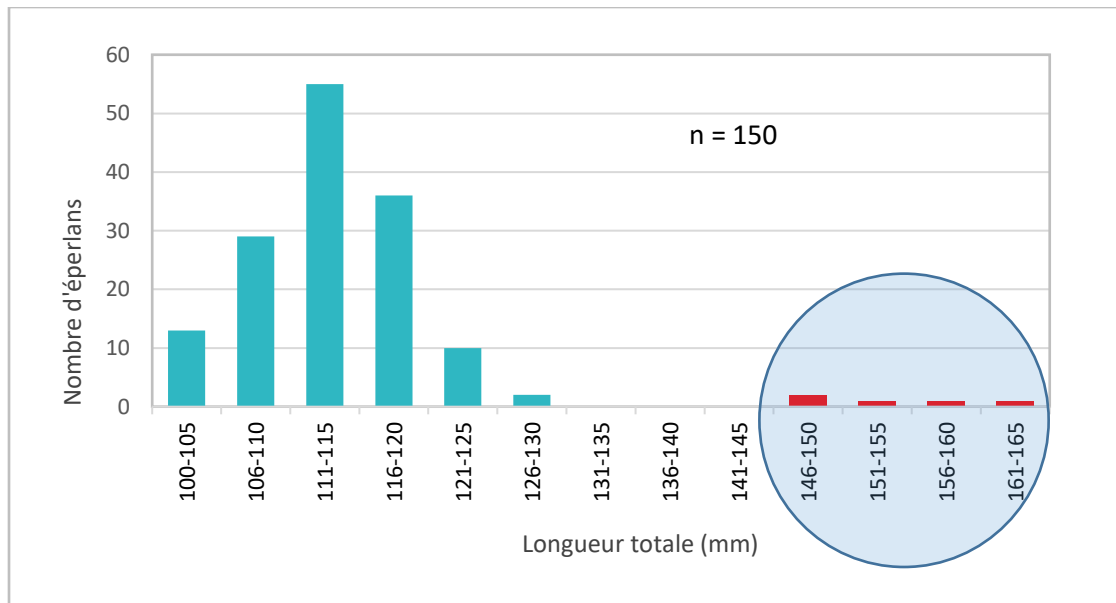


Figure 10. Distribution de fréquence de taille des éperlans arc-en-ciel géniteurs dans le ruisseau Gauvin en 2016

Selon les données de la littérature (COSEPAC, 2008), la longueur des éperlans arc-en-ciel du lac des Écorces se rapproche de celle des géniteurs des populations naines d'éperlans arc-en-ciel qui mesurent de 8 à 15 cm de longueur, tandis que les populations dites « de taille normale » atteignent de 15 à 25 cm de longueur. Il se peut donc que l'augmentation importante de la croissance de certains individus ait été attribuée à la diminution de la compétition intraspécifique au sein de cette cohorte. En effet, des divergences de taille sont souvent observées entre les populations d'éperlans arc-en-ciel dans un même plan ou cours d'eau. Ces divergences sont attribuées à la plasticité phénotypique des populations d'éperlans arc-en-ciel (Feiner, 2015; Shaw et Curry, 2011).

Comme tous ces poissons avaient quatre ans, ils ont donc été exclus des calculs faits sur les poissons de trois ans et n'ont pas influencé les résultats ni l'analyse de la croissance. Ils ont aussi été exclus du calcul du poids moyen de l'échantillon.

3.2 Présence du cisco de printemps et du chabot de profondeur en mai 2016

3.2.1 Profil physico-chimique de l'eau

Le profil physico-chimique du lac des Écorces dressé le 24 mai 2016, soit pendant la période de reproduction du cisco de printemps, démontre que le plan d'eau est très bien oxygéné jusqu'à 32 m, mais diminue dramatiquement lorsque la sonde atteint le fond du lac qui est caractérisé par un substrat limoneux (figure 11). Quoique très fréquent dans les lacs en zone profonde, ce substrat pourrait compromettre la survie des œufs de cisco de printemps. La transparence était de 3,7 m, le pH moyen, de 6,96 et la conductivité moyenne, de 46,95 $\mu\text{Ohms/cm}$.

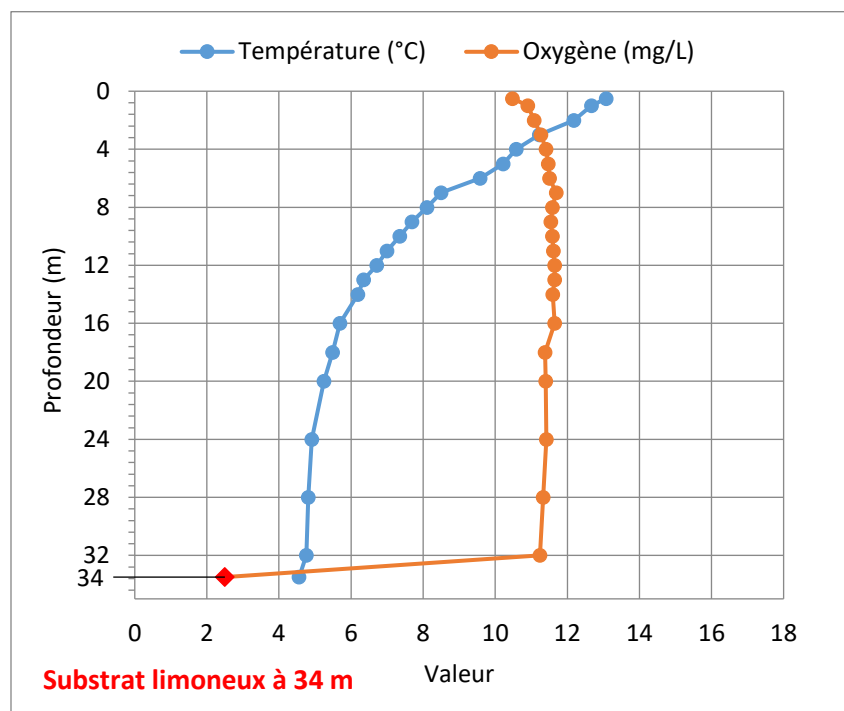


Figure 11. Profil physico-chimique du lac des Écorces le 24 mai 2016

3.2.2 Effort de pêche et description des spécimens capturés

Un effort total de 25 heures 20 minutes a été nécessaire pour capturer le premier cisco de printemps avec quatre filets à omble de fontaine la première journée et huit filets la deuxième journée (tableau 6).

L'effort de pêche total déployé avec les filets à communautés pour la capture des cottidés du 25 au 26 mai a été de 2 nuits-filet ou 38 heures 15 minutes, à deux stations de pêche (tableau 6).

Deux ciscos sp. (cisco de lac et cisco de printemps) ont été capturés pendant cet inventaire. Le premier a été capturé le 24 mai durant la première journée, après 5,5 heures de pêche. Ce spécimen était une femelle de 217 mm, de stade de maturité « 4 », puisque les gonades remplissaient aux trois quarts la cavité abdominale (annexe 2). Étant donné le stade de la maturité sexuelle, le spécimen a été considéré comme un cisco de lac et l'échantillonnage s'est poursuivi le surlendemain.

Le second cisco capturé le 26 mai après 6,7 heures de pêche était un mâle de 226 mm et de stade de maturité « 6 », qui, lors de la capture, a laissé échapper le reste de sa laitance lorsqu'une légère pression a été exercée sur son abdomen (annexe 2). Au moment de la dissection du poisson, ses gonades étaient presque entièrement vides (figure 4). L'âge de ce poisson a été estimé à 5 ans selon l'écaille prélevée (annexe 4).

L'échantillonnage s'est donc terminé après la confirmation de la capture de ce cisco de printemps. Les deux ciscos ont été capturés dans les filets à ombles de fontaine à la station 1 (Ci1), dans les mailles de 38 mm. Cette station est située au nord, en bordure de la zone profonde du lac dans une zone très escarpée. La station 2 (Ci2) n'a donné aucun résultat. Au total, il a fallu 25 heures et 45 minutes pour récolter un cisco de printemps, ce qui donne un succès de 0,04 cisco par heure de pêche.

À titre de comparaison, les résultats des captures avec des filets à omble de fontaine de 1994 à 2004 ont été de 10,5, de 5,5, de 3,6 et de 1,8 ciscos de printemps par heure de pêche (MFFP; données non publiées).



Figure 12. Photographie des gonades du cisco de printemps mâle de stade 6, après l'expulsion de la laitance

L'abondance du cisco de printemps pourrait être évaluée par cette méthode et comparée aux années antérieures même si les engins de pêche visaient à s'assurer de la présence de l'espèce. En effet, les engins de pêche et leur disposition ont été similaires de 1994 à 2004. Ainsi, le 18 mai 1994, deux filets ont été déployés aux deux stations pour un total de 7,8 heures de pêche, et 82 spécimens ont été capturés (succès de 10,5 ciscos de printemps par heure de pêche). Le stade de maturité de 97 % des poisson était de 6 à 7. Le 28 mai 1997, seule la station 1 a donné des résultats avec 88,1 % (n = 40) dont les stades de maturité des spécimens variaient de 5 à 7, la majorité (69 %) étant au stade de maturité 6 (MFFP, données non publiées; annexe 5).

Tableau 7. Effort de pêche, profondeur et heure de la pose des engins de pêche et description des spécimens capturés au printemps 2016

Espèce visée	N° station	Heure de la pose (hh:mm)	Heure de la levée (hh:mm)	Nombre d'heures de pêche	Profondeur début (m)	Profondeur fin (m)	Premières mailles en rive	Espèce capturée	Sexe	Stade de maturité	Maille (mm)	Masse totale (g)	Longueur totale (mm)
DATE	24 MAI 2016												
Filet expérimental à ombre de fontaine (2 fois bout à bout)													
STATION SUD = 1													
CRSP	Ci1	10:0	12:48	2:48	18,0	32,0	76	RIEN					
		13:13	16:00	2:47			76	COBA	Ind.	Ind.	32	14,0	113
								CRSP	F	4	38	70,0	217
STATION NORD = 2													
CRSP	Ci2	9:15	12:10	2:55	20,0	23,5	25	RIEN					
		12:32	15:35	3:03			25	RIEN					
Filet expérimental 2,5 po ou 64 mm (2 fois bout à bout) = b													
STATION SUD = 1													
CRSP	Ci1b	9:45	12:45	3:00	19,0	28,0		RIEN					
CRSP	Ci1b	13:5	16:15	3:10	20,2	32,1	-	RIEN					
STATION NORD = 2													
CRSP	Ci2b	9:30	12:22	2:52	20,0	26,0	-	RIEN					
CRSP	Ci2b	12:37	15:40	3:03	20,1	26,7	-	RIEN					
CRSP : <i>Coregonus</i> sp. COBA : <i>Cottus bairdi</i>													

Espèce visée	N° station	Heure de la pose (hh:mm)	Heure de la levée (hh:mm)	Nombre d'heures de pêche	Profondeur début (m)	Profondeur fin (m)	Premières mailles en rive	Espèce capturée	Sexe	Stade de maturité	Maille (mm)	Masse totale (g)	Longueur totale (mm)
DATE	26 MAI 2016												
Filet expérimental à omble de fontaine (2 fois bout à bout)													
STATION NORD = 1													
CRSP	Ci1	9:30	12:45	3:15	19,0	31,0	76	CRSP	M	6	38	94,2	226
CRSP	Ci1	9:40	13:3	3:23	20,0	32,0	25	RIEN					
STATION SUD = 2													
CRSP	Ci2	9:15	12:35	3:20	20,0	24,5	76	RIEN					
CRSP	Ci2	12:30	13:5	0:35	20,0	25,5	76	RIEN					
CRSP	Ci2	9:20	12:24	3:04	20,0	26,0	76	RIEN					
CRSP	Ci2	12:40	13:15	0:35	20,0	24,5	76	RIEN					
Filet à communautés (petite maille) 1 X													
COBA	Co1	14:45	09:50	19:05	23,0	32,0	-	COBA	Ind.	Ind.	32	15,0	109
COBA	Co2	14:35	9:45	19:10	33,0	33,0	-	RIEN				-	-

Au moins un cisco de printemps a été capturé dans le lac des Écorces au cours de la campagne printanière de 2016, et les observations effectuées chez ce mâle semblent confirmer que ce dernier était en période de reproduction. Cette observation permet également de confirmer que le lac des Écorces présenterait encore des conditions d'habitats propices à la fraie du cisco de printemps.

La distinction du cisco de lac et du cisco de printemps représente une difficulté supplémentaire, car les deux phénotypes utilisent le même habitat. En effet, le décompte du nombre de branchicténies des deux ciscos capturés dans le cadre de cette étude a été de 47 pour la femelle et de 41 pour le mâle. Ces résultats ne permettent pas de discriminer les deux phénotypes. En effet, le nombre de branchicténies (une différence de 8 en moyenne) semble un critère qui pourrait être utilisé pour distinguer les ciscos de printemps des ciscos d'automne dans le lac des Écorces et d'autres plans d'eau (Hénault et Fortin, 1989). Chez le cisco de printemps, le nombre de branchicténies est en moyenne de 43 ($n = 44$; min 39; max 50), tandis qu'on trouve en moyenne 51 ($n = 7$; min 49; max 52) branchicténies chez le cisco de lac dans le même plan d'eau.

En se basant sur ce seul critère, les deux spécimens auraient été classés comme des ciscos de printemps, puisque le nombre de branchicténies était inférieur à 49. Cette donnée doit être interprétée avec prudence, car le nombre de ciscos de lac dans le lac des Écorces durant l'étude de Hénault (1987) était de sept seulement. Le nombre de branchicténies n'a pas été comptabilisé durant les inventaires du cisco de printemps de 1994 à 2004.

Le stade de maturité de la femelle ne concordait pas avec celui d'un cisco de printemps. À titre de comparaison, les stades de maturité des gonades des femelles capturées sur les mêmes sites de fraie en 1983 et 1984 (Hénault, annexe 6, données non publiées) étaient soit de stade 5, 6 ou 7 ($n = 73$; 87,9 %), quelques spécimens seulement étaient de stade 4 ou 8 ($n = 10$). Autres faits importants, les femelles de 1994 à 2004 étaient presque toutes absentes des échantillons et représentaient à peine 2,4 % des captures (annexe 5). En 1983 et 1984, le rapport mâle-femelle (M:F) était de 0,96 (80:83) comparativement à 40,2 (201:5) de 1994 à 2004. Toutes les femelles ($n = 5$) étaient de stades de maturité 3 et 4 ou de stade 8, aucune n'était de stades 5 et 7. La profondeur des filets influence peut-être le résultat des captures des femelles. En effet, les années antérieures, les engins étaient déployés de 10 à 28 m, tandis que, durant cette étude, les engins étaient installés de 19 à 32 m de profondeur (tableau 7).

Turgeon et Bernatchez (2003) ont démontré que le nombre de branchicténies est un polymorphisme associé à l'un des aspects de la diversification de cet écomorphotype de *Coregonus artedii*, tout comme

la période de reproduction, qui est une expression des gènes associée à la profondeur de l'habitat préférentiel. Les caractéristiques du cisco de printemps sont donc fortement dépendantes de son environnement et l'expression des gènes pourrait être modifiée avec celle de l'environnement. Il serait difficile de reproduire cet écomorphotype dans n'importe quel plan d'eau. Par ailleurs, les femelles ne semblent pas encore au bon stade de maturité pour se reproduire en mai. Il semble ardu de trouver des femelles prêtes pour la fraie en même temps que des mâles.

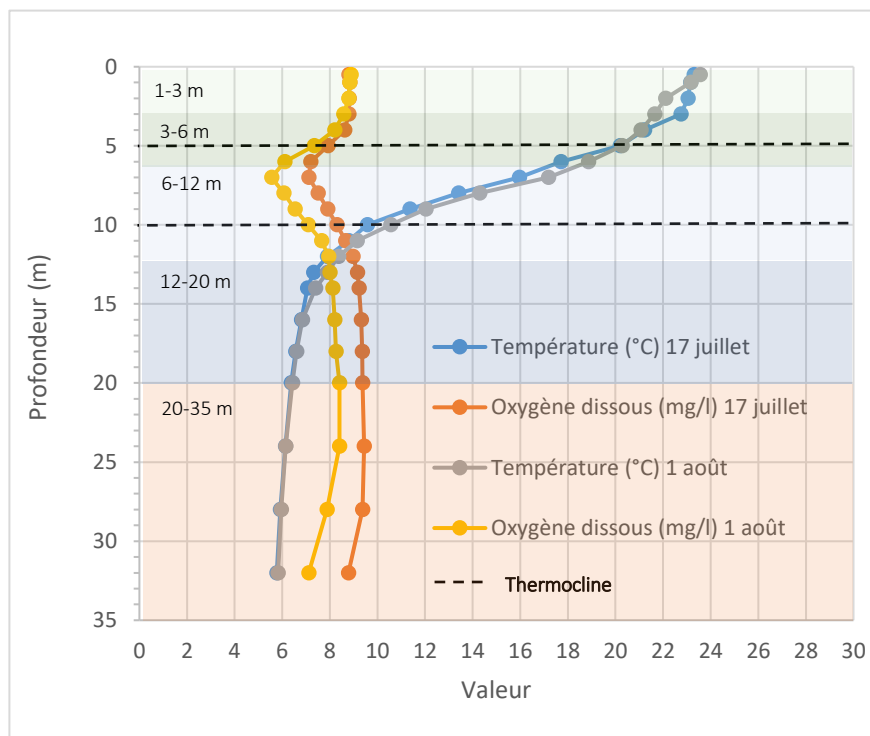
Un chabot tacheté a également été capturé dans le même engin de pêche que le cisco de printemps femelle le 24 mai, mais dans une grandeur de maille de 32 mm. Le second chabot tacheté a également été capturé dans une maille de 32 mm, mais dans le filet à communautés à petites mailles à la station Co1, située à 23 m de profondeur, le 26 mai après 19 heures de pêche (une nuit-filet). Aucun chabot de profondeur n'a été capturé durant cet inventaire.

3.3 Communauté de poissons et alimentation en juillet et août 2017

3.3.1 Paramètres physico-chimiques du lac des Écorces

Le profil physico-chimique du lac des Écorces en juillet et août, soit pendant la période d'éclosion théorique des larves de ciscos de printemps, montre que le plan d'eau est très bien oxygéné (plus de 6 mg/l) jusqu'en zone profonde (figure 3). La transparence varie de 3,3 à 5,0 m, le pH, de 6 à 7 et la conductivité, de 42 à 48 µOhms. Le pH est plus acide en profondeur, mais demeure au-dessus de 6.

Figure 13. Profil physico-chimique du lac des Écorces en juillet et en août 2017



Les engins situés de 1 à 6 m sont dans une gamme de température supérieure à 17 °C avec un maximum de 24 °C. À partir de 6 m, la température baisse rapidement de 17 à 8 °C. À partir de 13 m, la température est plus stable (7 et 6 °C), jusqu'à une profondeur de 32 m. De 24 à 32 m, la température est stable et les données de température moyenne durant les deux pêches (17 juillet et 1^{er} août) étaient de 6,2 à 5,8 °C. L'oxygène dissous est supérieur à 6 mg/l jusqu'à 32 m. Le substrat du fond du lac est limoneux et semble d'une bonne épaisseur selon les renseignements obtenus d'une équipe de Pêches et Océans Canada durant une exploration en plongée sous-marine en 2020 (communication personnelle). Ce substrat, de 32 à 34 m, fait baisser la concentration d'oxygène sous 3 mg/l (figure 11).

Par ailleurs, les données historiques (de 2004 à 2017) de températures mesurées aux strates de 24, 28 et 32 m (figure 17) montrent que les températures moyennes historiques entre la fin du mois de mai (soit au début de la période d'incubation des œufs de cisco de printemps) et la fin du mois d'août varient peu (moyenne de 5,8 à 5,5 °C; écart-type de 0,8 à 0,5).

3.3.2 Composition de la communauté de poissons

La distribution des espèces capturées par strate de profondeur est illustrée dans la figure 14, et les données détaillées pour chacune des stations de pêche sont présentées à l'annexe 7. La distribution spatiale et l'abondance des espèces de la communauté démontrent que la perchaude (*Perca flavescens*) domine la communauté de poissons dans toutes les strates de profondeur, sauf celle de 20 à 35 m, dans les deux types d'engins de pêche. Les captures par unité d'effort (CPUE), soit le nombre de poissons par nuit-filet chez la perchaude, varient de 8 à 56, les plus grandes abondances se situant de 1 à 12 m de profondeur (CPUE de 33 à 56). Le crapet-soleil (*Lepomis gibbosus*) et le méné jaune (*Notropis crysoleucas*) sont les deux autres espèces qui dominent la communauté (CPUE de 9 et 10), mais ces espèces sont confinées dans la zone littorale (1 à 6 m). Le doré jaune (*Sander vitreum*) est concentré dans la zone 3 à 12 m, il vient au troisième rang avec le meunier noir (*Catostomus commersoni*) et l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*). Ces deux dernières espèces préfèrent le métalimnion (6 à 12 m). Les sept autres espèces les moins abondantes sont l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*), le chabot tacheté (*Cottus bairdi*), le cisco sp. (*Coregonus* sp.; cisco de printemps ou de lac), le grand corégone (*Coregonus clupeaformis*), la barbotte brune (*Ameiurus nebulosus*), le grand brochet (*Esox lucius*) et l'achigan à grande bouche (*Micropterus salmoides*). D'autres espèces vivent dans le lac, mais elles n'ont pas été capturées durant cet inventaire (voir le tableau 4 de la section 3.1 sur le retrait massif).

Le doré jaune occupe la zone littorale et la première section du métalimnion, soit au-dessus de 9 m (CPUE de 4 et 1,5). L'éperlan arc-en-ciel (CPUE de 7) utilise tout le métalimnion avec la perchaude (CPUE de 54,3) et se retrouve également jusqu'à 20 m de profondeur avec celle-ci. Les éperlans arc-en-ciel capturés mesuraient en moyenne 100 mm (étendue de 88 à 109 mm) et pesaient en moyenne 6 g (min. de 4 et max. de 7 g). À titre de comparaison, les poids moyens des géniteurs durant le retrait massif ont varié de 5,2 à 9,3 g (section 3.1, tableau 6).

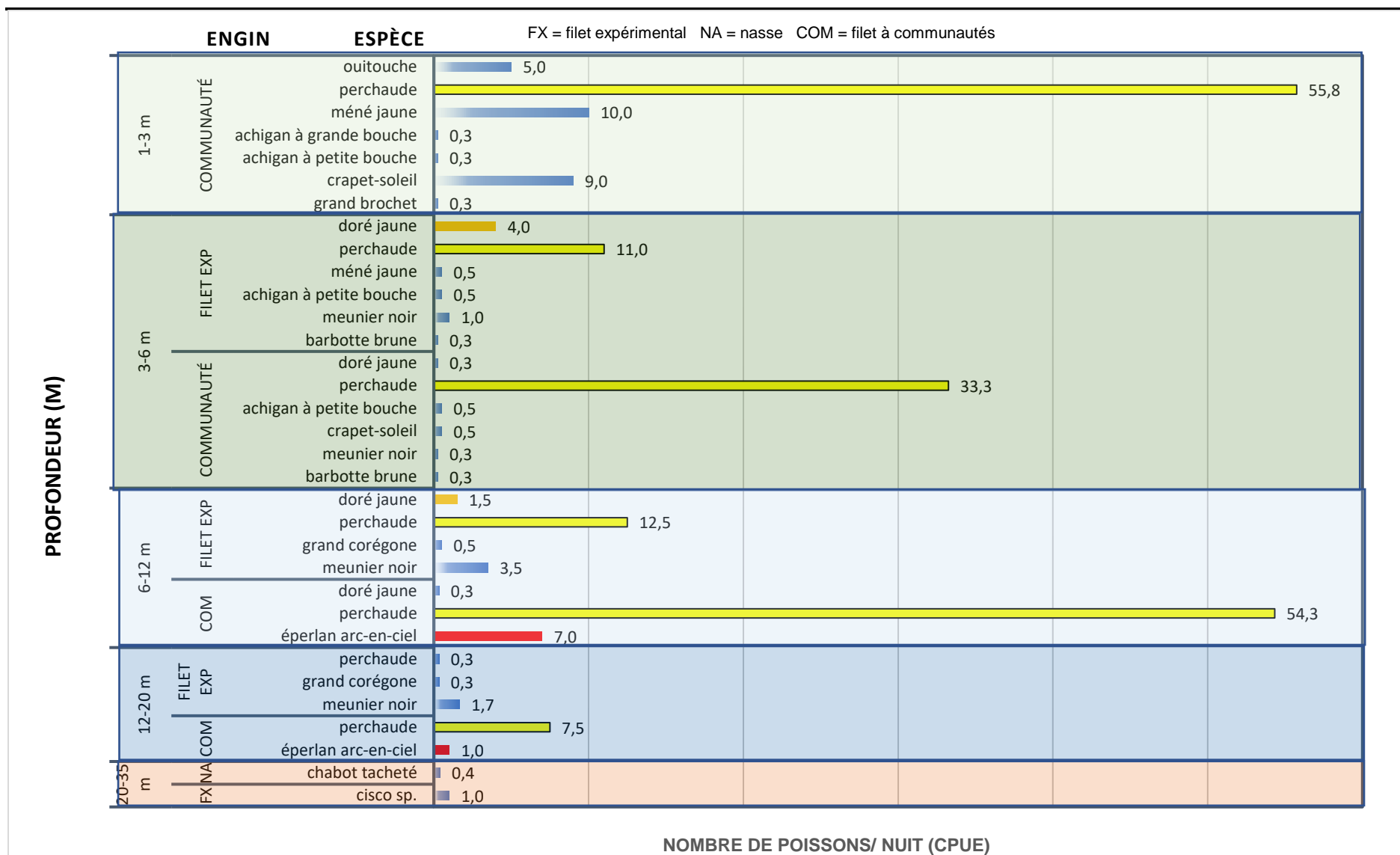


Figure 14. Espèces de poissons capturées par unité d'effort, par engin de pêche et par strate de profondeur

Le grand corégone occupe encore la zone de 6 à 20 m de profondeur (CPUE de 0,5 et 0,3) et a été capturé avec les filets expérimentaux seulement. Le cisco sp. est confiné dans la zone la plus profonde et la plus froide du lac, soit de 20 à 35 m, et ont été capturés avec les filets expérimentaux (maille de 38 mm) comme le cisco sp. en 2016 (section 3.2, tableau 7).

Avec le cisco sp., on trouve le chabot tacheté qui a également été capturé en profondeur, mais uniquement dans les nasses modifiées pour le chabot de profondeur.

3.3.3 Recherche du chabot de profondeur à l'aide de nasses

En 2016, des filets à communautés à petites mailles et à omble de fontaine avaient également été déployés aux mêmes stations d'échantillonnage pour trouver cette espèce pendant la période d'échantillonnage du cisco de printemps. Seul le chabot tacheté avait été capturé dans les filets expérimentaux (maille étirée de 32 mm). Cette fois-ci, 10 nasses visant spécialement le chabot de profondeur n'en ont pas capturé. Par ailleurs, aucun cisco de printemps n'a été capturé avec ces engins.

3.3.4 Aperçu du régime alimentaire du doré jaune, de la perchaude et de l'éperlan arc-en-ciel en période estivale

Les occurrences (fréquences) des proies observées sont présentées dans les figures en pourcentage, et le nombre d'observations (n) représente le nombre d'estomacs. Tel que l'illustre la figure 14, les contenus stomacaux de la perchaude se composent principalement de benthos (49 % de larves d'insectes) et de zooplancton (23 %), les quelques poissons (13 %) identifiés étaient de l'éperlan arc-en-ciel. L'éperlan contribue donc également au régime alimentaire de la perchaude tout comme à celui du doré jaune. En effet, 58 % des contenus stomacaux de dorés jaunes contenaient des poissons. Les poissons identifiables par leur morphologie étaient des éperlans arc-en-ciel. Un seul estomac contenait de la perchaude (figure 14). Dans les communautés de percidés, la proie préférentielle du doré jaune est généralement la perchaude, dont la position trophique (p. t. = 3,7) est la plus élevée parmi les proies consommées (tableau 8,4; Barton, 2011). En dépit du fait que l'éperlan arc-en-ciel occupe la même position trophique que la perchaude, soit 3,7 (tableau 8,4; Barton, 2011), elle est devenue la proie préférentielle du doré jaune parce que le gain énergétique est plus élevé et, par conséquent, la croissance, supérieure (Graeb et coll., 2008; Barton, 2011). La modification du régime alimentaire du doré jaune explique la dominance de la perchaude dans l'écosystème.

Les contenus stomacaux de l'éperlan arc-en-ciel étaient constitués de zooplancton à près de 70 % (figure 14). Il est donc possible que les larves de poissons puissent être les proies des éperlans arc-en-ciel après les périodes critiques d'éclosion et augmentent encore plus lorsque le benthos (larves d'insectes) est moins abondant ou moins accessible.

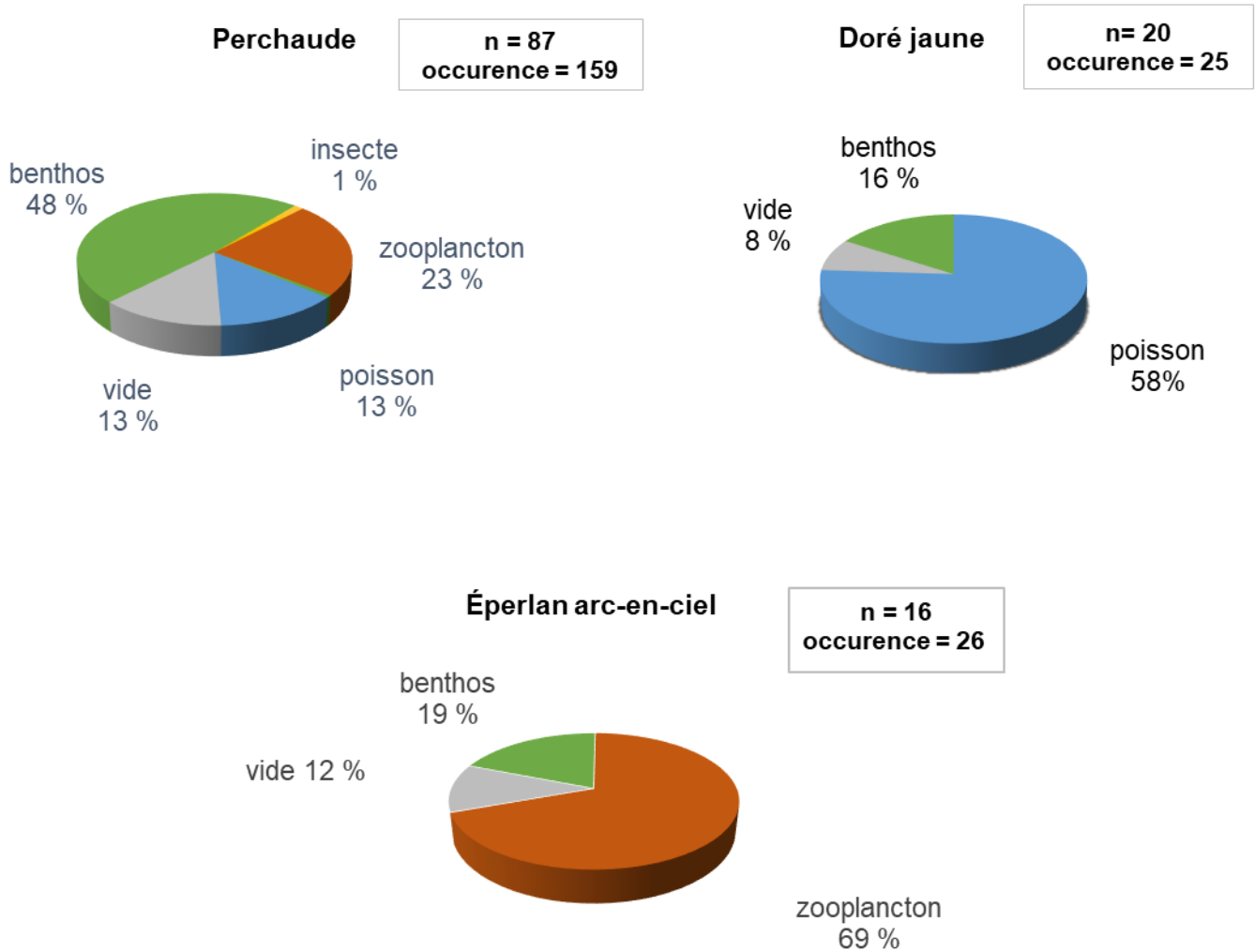


Figure 15. Alimentation des perchaudes, des dorés jaunes et des éperlans capturés dans le lac des Écorces en juillet et août 2017

Comme la perchaude se nourrit également de zooplancton (23 %) et qu'elle est très abondante dans l'écosystème, cette espèce n'est pas à négliger au moment d'évaluer son influence sur les populations de cisco sp. En effet, après l'été, il y aurait théoriquement une augmentation de l'abondance de zooplancton dans son régime alimentaire lorsque le volume de larves d'insectes (benthos) diminue (Devine et Vanni, 2002; Wu et Culver, 1992). La diminution de benthos pourrait correspondre à

l'apparition des larves de ciscos de printemps. La diète de la perchaude se compare à celle décrite dans l'étude de Linzmaier et coll. (2018) avec une proportion de 26 à 42 % de zooplancton, de 31 à 49 % de benthos et de 16 à 25 % de poissons pour des perchaudes de 150 à 270 mm, la proportion de zooplancton étant supérieure à 55 % pour les perchaudes de moins de 150 mm. Vander Zander et coll. (1997) ont analysé la diète des perchaudes (n = 8 075) du littoral de 91 lacs, et les proportions étaient de 13 % de zooplancton, de 54 % de benthos et de 17 % de poissons (table 2; Vander Zander et coll., 1997). Cependant, les amphipodes et les mysidacés étaient classés dans le zoobenthos omnivore et non dans le zooplancton. Par ailleurs, les comparaisons ont été faites en pourcentage du volume de proies par estomac. La proportion en zooplancton de Vander Zander et coll. est donc sous-estimée par rapport à cette étude.

Par ailleurs, en raison d'un régime alimentaire opportuniste et souvent planctonophage, on soupçonne que la perchaude, en plus de l'éperlan arc-en-ciel, exerce une prédation importante sur les œufs ou les larves de poissons, dont ceux du doré jaune (Wolfert et col., 1975; Schneider et Leach, 1977). Dans un sous-chapitre du livre de Barton (2011), on mentionne d'ailleurs l'importance de la prédation des larves de dorés jaunes par l'éperlan arc-en-ciel (Colby et col., 1987; Evans et Loftus, 1987; Hrabik et Magneson, 1999).

3.3.5 Aperçu du régime alimentaire de cinq autres espèces dans le lac des Écorces au cours de la période estivale

Les contenus stomacaux des autres espèces dont le nombre de captures est inférieur à 10 spécimens (de 3 à 6) sont présentés dans la figure 16. Le chabot tacheté se nourrit également de zooplancton et est confiné dans la zone profonde avec le cisco sp. On ne connaît pas l'influence de cette espèce sur les œufs et les larves de ciscos de printemps. Les autres espèces se nourrissent surtout de benthos. Des écrevisses ont été trouvées dans deux estomacs d'achigan à petite bouche uniquement. On a trouvé des écailles de poisson dans un estomac de cisco (*Coregonus* sp.; cisco de lac ou de printemps). Cependant selon l'étude d'Engel (1976) qui a analysé 501 estomacs de ciscos de lac (12 à 260 mm) au cours des mois d'avril à novembre 1969 dans un lac de 69 ha, le cisco se nourrit presque essentiellement de zooplancton.

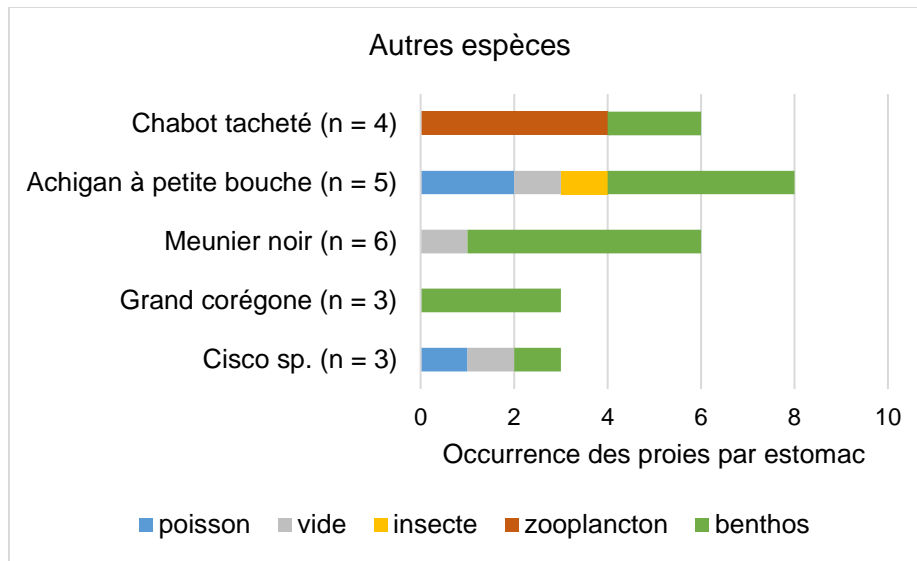


Figure 16. Alimentation de cinq espèces de poissons capturés dans le lac des Écorces en juillet et août 2017

3.3.6 Période d'éclosion des larves de ciscos de printemps

La période d'éclosion et la distribution des larves de ciscos dans la colonne d'eau ne sont pas bien connues. Il n'y a eu que très peu de larves capturées durant les inventaires réalisés par Hénault (1987). Les éclosions semblent se produire pendant l'été, de la fin juillet à la fin août. Cependant, des larves ont été identifiées à la suite de l'inventaire du 22 septembre 2005 dans l'estomac d'une perchaude, dont les caractéristiques morphologiques étaient analogues à celle d'une larve de cisco de printemps (annexe 8) malgré la période tardive. D'après l'information obtenue dans la littérature sur le développement larvaire du cisco de lac (*Coregonus artedii*), l'éclosion varie en fonction de la température. Par ailleurs, les larves de ciscos de fumage (*Coregonus hoyi*) peuvent survivre plusieurs dizaines de jours avant de s'alimenter (Colby et Brooke, 1973; Rice et coll., 1987), ce qui pourrait être possible également chez le cisco de printemps. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons compilé les données de la température du lac des Écorces en zone profonde (de 24 à 32 m de profondeur). Les températures se maintiennent de 5 à 6 °C (moyenne de 5,6 °C) au cours des mois de mai, juin, juillet et août, selon les données de 2004 à 2017 (figure 17), ce qui nous donne 93 jours de développement selon le modèle de Colby et Brooke (1973) au lieu de 72 jours, tel que le mentionne Hénault (1987) qui se réfère au même modèle.

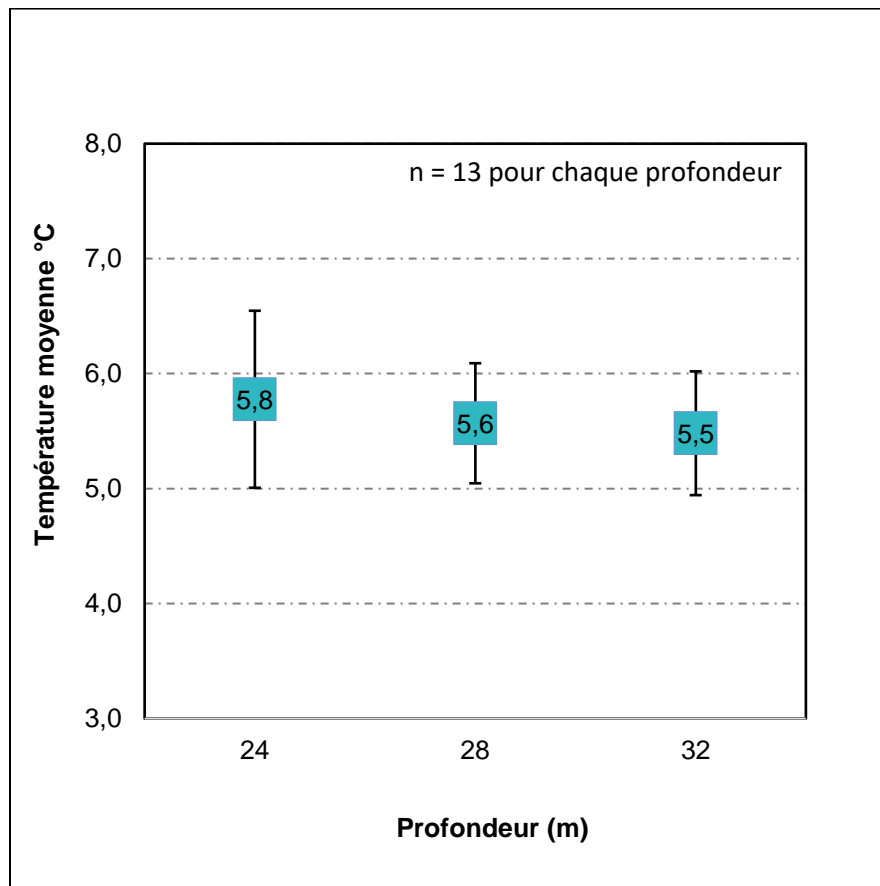


Figure 17. Variation de la température moyenne du lac des Écorces aux profondeurs de 24, 28 et 32 m du mois de mai au mois d'août

3.3.7 Influence du régime alimentaire du doré jaune sur la communauté

Les éperlans arc-en-ciel sont reconnus comme étant les prédateurs ou les compétiteurs de plusieurs larves de poissons (Loftus et Hulsman, 1986; Evans et Loftus, 1987), mais ils sont également reconnus comme étant la proie de plusieurs prédateurs (Kirn, 1996), dont le doré jaune (Rooney et Paterson, 2009)

vivant dans le lac des Écorces. Déjà, en 2005, les résultats des pêches expérimentales (MFFP, données non publiées) montraient que l'éperlan arc-en-ciel était devenu la principale proie du doré jaune.

Selon Henderson et coll. (2004) cités dans Barton (2011), le gain énergétique de la consommation du cisco de lac est supérieur à celui de la perchaude qui devient alors la proie préférentielle du doré jaune. Le même phénomène est constaté avec l'éperlan arc-en-ciel qui est également désigné par Jones et coll. (1994) (cité dans Barton, 2011) comme étant responsable de la forte croissance du doré jaune. En effet, les proies habituelles du doré jaune (écrevisses, salmonidés, bars) avaient presque disparu des contenus stomacaux au profit des éperlans (Jones et col., 1994; cités dans Hartman, 2009).

Les longueurs moyennes des dorés jaunes capturés dans le lac des Écorces en 2005, 2009 et 2017, en fonction de l'âge, sont illustrées dans la figure 18. Selon ce modèle de croissance (Von Bertalanffy pondérée; Guy et Brown, 2007), la taille maximale de 663 mm est atteinte vers l'âge de 8 ans. La croissance des immatures (h) a été estimée à 163 mm par année selon la méthode de ASR (Arc-Sinus Root; Chen et Paloheimo, 1994). Cela correspond à une croissance semblable à celle des populations du sud de l'Amérique du Nord (Barton, 2011) avec un degré-jour de croissance (DJC) de 2 500. Au Québec, on considère que les populations de dorés croissent rapidement, la croissance des immatures (h) étant supérieure à 85 mm par année (Arvisais et coll., 2012).

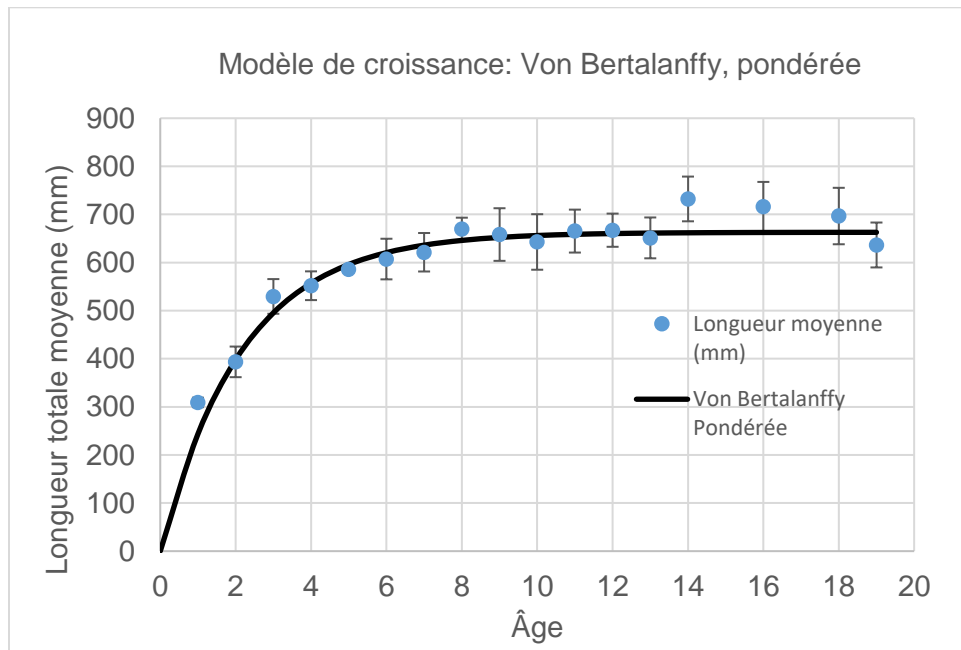


Figure 18. Croissance du doré jaune dans le lac des Écorces

Enfin, en ce qui a trait à l'importance de la prédation de l'éperlan arc-en-ciel par le doré jaune, il a été démontré que la diminution de la pression de pêche sportive sur le doré jaune dans deux lacs du Wisconsin aurait entraîné le déclin des populations d'éperlans arc-en-ciel. En effet, les populations de dorés jaunes se sont accrues, parallèlement à un déclin de l'éperlan arc-en-ciel et à une augmentation de ciscos de lac (Krueger et Hrabik, 2005). La densité accrue de doré jaune permet un accroissement parallèle à la densité du cisco de lac. D'après les résultats obtenus, les auteurs concluent que les règlements de pêche qui visent la restauration des fortes densités de doré dans les lacs envahis par l'éperlan arc-en-ciel peuvent rétablir les planctonophages indigènes.

Il a également été mentionné que les éperlans arc-en-ciel (Mercado-Silva et coll., 2007; cités dans Barton, 2011) ainsi que la perchaude (Wolfert et coll., 1975; cités dans Barton, 2011) peuvent devenir les prédateurs des premiers stades de vie du doré jaune. Cette hypothèse reste à valider.

4. Conclusion

Avant de voir les effets d'une opération destinée à réduire une population de poissons, le prélèvement des géniteurs doit se faire intensivement pendant le même nombre d'années que l'âge correspondant à leur maturité sexuelle. Chez l'éperlan arc-en-ciel, il faut faire des prélèvements pendant au moins trois ans. Par ailleurs, les géniteurs doivent être capturés avant le relâchement des gamètes.

En 2013 et 2015, soit après les premières années de retrait massif, il n'y a pas eu de baisse de la biomasse; au contraire, la récolte d'éperlans a été encore plus élevée qu'au cours des années précédentes. Il s'agit probablement de la réunion de plusieurs conditions ou influences complémentaires — comme une diminution de l'efficacité de la récolte en raison des conditions hydrauliques du ruisseau, ou une seconde montaison tardive ou nocturne — qui aurait contribué à rendre les prélèvements inefficaces. Si les géniteurs expulsent leurs gamètes en dehors des heures où se déroulent les opérations, il faut intervenir pendant la nuit ou mécaniquement pour éliminer les œufs et les larves. La roténone qui est utilisée pour empoisonner des poissons nuisibles n'est pas envisageable dans une zone de villégiature et n'est pas non plus exclusive à l'éperlan arc-en-ciel.

La diminution du cannibalisme, le facteur de gestion le plus important des populations d'éperlans arc-en-ciel (Stritzel Thomson, et coll., 2010; Lachance, 1995; Timothy P. O'Brien, 2014), aurait fait augmenter le taux de survie des juvéniles et celle de la compétition intraspécifique pour la ressource alimentaire, ce qui s'est traduit par une diminution de la croissance.

Il s'est avéré difficile de réduire la biomasse d'éperlan arc-en-ciel du lac des Écorces, puisque des éperlans arc-en-ciel géniteurs ont été observés également dans la rivière Kiamika (principal tributaire), de même qu'à l'émissaire. De plus, certains sites se sont avérés potentiellement intéressants plus en amont dans le bassin versant du réservoir Kiamika.

Après les opérations de retrait massif des éperlans arc-en-ciel, la population de ciscos de printemps géniteurs aurait dû augmenter. Une vérification de la présence des ciscos de printemps géniteurs dans les frayères a donc été recommandée en 2016. Ces travaux ont permis de confirmer la persistance du cisco de printemps, et ce, dès la deuxième journée d'échantillonnage. Étant donné la précarité du cisco de printemps, les échantillonnages ciblés de l'espèce limitent, pour le moment, la capacité d'obtenir un profil plus précis de l'état de la population, comme c'est le cas pour plusieurs espèces en situation

précaire. Ces travaux montrent également le grand défi relatif à l'identification que peut poser la diversification chez *Coregonus artedii*. Le nombre de branchicténies est un des critères les plus discriminants, mais pourrait ne pas convenir pour distinguer hors de tout doute les deux écomorphotypes du lac des Écorces, puisqu'il y a chevauchement entre les nombres maximum et minimum de branchicténies.

La capture des chabots tachetés en 2016 et 2017 avec trois engins de capture à la place du chabot de profondeur semble indiquer qu'il s'agit probablement d'une erreur d'identification en 2005. On trouve habituellement le chabot de profondeur à partir de 50 m de profondeur dans les lacs intérieurs (COSEPAC, 2016). Le chabot tacheté (*Cottus bairdi*) est le cottidé le plus souvent observé dans les plans d'eau des Laurentides (occurrence de 13), suivi du chabot visqueux (*Cottus cognatus*) (occurrence de 7).

Des observations récentes (MFFP, données non publiées 2005, 2009) nous indiquent que l'éperlan arc-en-ciel est devenu la principale proie du doré jaune. Par conséquent, il influence la dynamique des populations par l'augmentation de l'abondance de la perchaude et la croissance du doré jaune. Cette modification des interactions entre les espèces a certainement une influence, directe ou indirecte, sur la population de ciscos de printemps.

Même si la physico-chimie est propice aux salmonidés, c'est la famille la moins représentée du lac. La perchaude constitue la principale espèce de la communauté de poissons jusqu'à 20 m de profondeur et son régime alimentaire estival se compose de larves d'insectes, de zooplancton et d'éperlans arc-en-ciel.

Le doré jaune se nourrit presque exclusivement d'éperlans arc-en-ciel, parfois de perchaudes. On le trouve dans les engins installés de 3 à 12 m de profondeur dans le lac des Écorces; c'est d'ailleurs dans cette même gamme de profondeurs qu'on situe l'habitat préférentiel du doré jaune selon Barton et coll. (2011), quoiqu'on trouve aussi les plus gros spécimens dans les plus grandes profondeurs.

On a constaté que l'éperlan arc-en-ciel n'utilise pas le même habitat que les ciscos sp., qui semble confiné à la zone la plus profonde du lac (20 à 35 m). La distribution spatiale de l'éperlan et du cisco ne semble donc pas la même en été et pendant la période d'éclosion théorique des œufs de cisco de printemps (juillet et août). Cependant, le profil est très fragmentaire et concerne une courte période. On s'attendait à un chevauchement spatial plus évident entre les deux espèces. Il faut noter que l'éperlan arc-en-ciel ne se récolte qu'avec les filets à communautés, aucun n'a été trouvé dans les filets

expérimentaux. Par ailleurs, cet engin n'a pas été utilisé en zone profonde (plus de 20 m) pour réduire le taux de mortalité du cisco de printemps.

Il subsiste un doute au sujet de la période d'éclosion des larves de ciscos de printemps, puisque, avec une température moyenne de 5,6 °C, cela prendrait environ 93 jours d'incubation, ce qui engendrerait une éclosion larvaire théorique le 25 août de la même année. Comme la distribution spatiale de l'éperlan au mois de septembre n'a pas été vérifiée, il se pourrait que ce prédateur migre plus en profondeur à la fin de la période estivale.

Par ailleurs, les modifications des interactions entre les espèces à cause de l'éperlan arc-en-ciel pourraient influencer indirectement la population de ciscos de printemps, car l'éperlan n'est plus le seul prédateur potentiel. Une vérification des contenus stomacaux des perchaudes et des éperlans arc-en-ciel, seulement en septembre, après la réduction de la biomasse de larves d'insectes (Devine et Vanni, 2002; Wu et Culver, 1992), pourrait jeter un éclairage supplémentaire sur l'importance relative de la prédation de larves de ciscos de printemps après l'éclosion.

En plus de valider la période d'éclosion des larves de ciscos de printemps, il serait approprié de vérifier non seulement l'identité des prédateurs des larves, mais également la concentration de zooplancton pour leur alimentation. Il y aurait peut-être matière à faire des analyses isotopiques telles qu'elles sont utilisées par Vander et coll. (1997) afin d'évaluer la structure trophique des espèces de la communauté de poissons du lac des Écorces et de déterminer les causes les plus probables du déclin.

De plus, une pêche expérimentale normalisée au doré jaune serait requise à l'automne afin de statuer sur l'état de la population.

Selon les observations de Krueger et Hrabik (2005), il semble possible que l'augmentation de la densité de doré jaune puisse réduire celle de l'éperlan arc-en-ciel et accroître celle du cisco de lac. Par ailleurs, l'augmentation de la densité de zooplancton pour le cisco est attendue selon les observations de Johnson et Goetti (1999), ce qui est un facteur qui pourrait contribuer à améliorer son taux de survie.

Pour ce faire, une modification réglementaire de la pêche sportive pourrait être envisagée afin de réduire la pression de pêche sur le doré jaune.

5. Liste de références

- ARVISAIS, M., D. NADEAU, M. LEGAULT, H. FOURNIER, F. BOUCHARD et Y. PARADIS (2012). *Plan de gestion du doré au Québec 2011-2016*, Québec, 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, 73 p.
- BARTON, B. A. (2011). *Biology, management, and culture of walleye and sauger*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 600 p.
- CHEN, Y. et J. E. PALOHEIMO (1994). "Estimating fish length and age at 50% maturity using a logistic type model", *Aquatic Sciences – Research Across Boundaries*, 56(3): 206-219.
- COLBY, P. J. et coll. (1987). "Interactions in north-temperate lake fish communities", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44 (Supplement 2): 104-128.
- COLBY, P. J. et L. T. BROOKE (1973). "Effects of temperature on embryonic development of Lake Herring (*Coregonus artedii*)", *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1973, Vol. 30, No. 6: 799-810.
- COSEPAC (2008). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'éperlan arc-en-ciel, paires sympatriques du lac Utopia (Osmerus mordax) au Canada — Mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, vii + 31 p. [www.registrelep.gc.ca/Status/Status_f.cfm].
- COSEPAC (2009). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le cisco de printemps (Coregonus sp.) au Canada — Mise à jour*, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, vii + 38 p. [www.registrelep.gc.ca/Status/Status_f.cfm].
- COSEPAC (2017). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le chabot de profondeur (Myoxocephalus thompsonii), populations des Grands Lacs et du haut Saint-Laurent, populations du sud de la baie d'Hudson et de la baie James, populations de la rivière Saskatchewan et du fleuve Nelson, population du lac Waterton, populations de l'ouest de la baie d'Hudson et populations de*

l'ouest de l'Arctique au Canada, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa, xxxix + 71 p. [<http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=24F7211B-1>].

DEVINE, JENNIFER A. et MICHAEL J. VANNI (2002). "Spatial and seasonal variation in nutrient excretion by benthic invertebrates in a eutrophic reservoir" *Freshwater Biology*, 47: 1107-1121.

ENGEL, SANDY (1976). "Food habits and prey selection of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and Cisco (*Coregonus artedii*) in relation to zooplankton dynamics in Palette Lake, Wisconsin", *Trans. Am. Fish. Soc.*, no. 5: 607-614.

EVANS, D. O. et D. H. LOFTUS (1987). "Colonization of Inland lakes in the Great lakes region by rainbow smelt (*Osmerus mordax*): their freshwater niche and effects on indigenous fishes", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44 (Suppl. 2): 249-266.

FEINER, ZACHARY S. et coll. (2015). "Non-stationary recruitment dynamics of rainbow smelt: The influence of environmental variables and variation in size, structure and length-at-maturation", *Journal of Great Lakes Research*, 41 (2015): 246-258.

GUY, CHRISTOPHER S. et MICHAEL L. BROWN (2007). *Analysis and Interpretation of Freshwater Fisheries Data*, American Fisheries Society, 961 p.

HARTMAN, G. F. (2009). "A biological synopsis of walleye (*Sander vitreus*)", *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 2888: v + 48 p.

HÉNAULT, M. (1987). *Statut taxonomique et bio-écologie de la population de Cisco de lac (Coregonus artedii) frayant le printemps au lac des Écorces*, Université du Québec à Montréal pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la faune aquatique, Service des espèces d'eau fraîche, Rapp. tech. 87-01, 164 p.

HÉNAULT, M. et R. FORTIN (1993). « Statut de la population de cisco de printemps, *Coregonus* sp., au lac des Écorces, Québec, Canada », *Canadian Field-Naturalist*, 107 (4) : 402-409.

HÉNAULT, M., et R. FORTIN (1989). "Comparison of meristic and morphometric characters among spring- and fallspawning ecotypes of cisco (*Coregonus artedii*) in southern Quebec, Canada", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 166-173.

- HENDERSON, B. A., G. E. MORGAN et A. VAILLANCOURT (2004). "Growth, ingestion rates and metabolic activity of walleye in lakes with and without lake herring", *Journal of Fish Biology*, 65: 1270-1282.
- HRABIK T. R., J. J. MAGNUSON et A. S. McLAIN (1998). "Predicting the effects of rainbow smelt on native fishes in small lakes: evidence from long-term research on two lakes", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 1364-1371.
- HRABIK, T. R. et J. J. MAGNUSON (1999). "Simulated dispersal of exotic rainbow smelt (*Osmerus mordax*) in a northern Wisconsin lake district and implications for management", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56: 35-42.
- MYERS, JARED T., MICHAEL L. JONES, JASON D. STOCKWELL et DANIEL L. YULE (2009). "Reassessment of the Predatory Effects of Rainbow Smelt on Ciscoes in Lake Superior", *Transactions of the American Fisheries Society*, 138: 6, 1352-1368, DOI: [10.1577/T08-131.1](https://doi.org/10.1577/T08-131.1).
- JOHNSON, B. M. et J. P. GOETTL (1999). "Food web changes over fourteen years following introduction of rainbow smelt into a Colorado reservoir", *N. Am. J. Fish. Manag.*, 19: 629-642.
- KESTEVEN, G. L. (1960) "Manual of field methods in fisheries biology", FAO (FAOUN), *Man. Fish. Sci.*, 1 :1-152.
- KILGOUR & ASS. Ltd. (2017). *Évaluation de la présence d'une espèce en péril au Canada, le chabot de profondeur (Myoxocephalus thompsonii), dans l'aire de répartition historique au Québec*, rapport soumis à Gestion des espèces en péril, Pêches et Océans Canada, 22 p. et annexes.
- KIRN, R. A. et GEORGES W. LABAR (1996). "Growth and survival of rainbow smelt, and their role as prey for stocked salmonids in Lake Champlain", *Transactions of the American Fisheries Society*, 125: 87-96.
- KRUEGER, M. DAMON et THOMAS R. HRABIK (2005). "Food web alterations that promote native species: the recovery of cisco (*Coregonus artedii*) populations through management of native piscivores", *Journal canadien des sciences halieutiques*, 62 (10): 2177-2188.

- LACHANCE, S. (1995). *L'éperlan arc-en-ciel (Osmerus mordax) : facteurs influençant les populations et importance dans la communauté ichthyenne*, Direction de la faune et des habitats, ministère de l'Environnement et de la Faune, 35 p.
- LINZMAIER, STEFAN M., LAURA A. TWARDOSCHLEB, JULIAN D. OLDEN, THOMAS MEHNER, ROBERT ARLINGHAUS (2018). "Size-dependent foraging niches of European Perch (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758) and North American Yellow Perch (*Perca flavescens*, Michill, 1814)", *Environmental Biology of Fishes*, January 2018.
- LOFTUS, D. H. et P. F. HULSMAN (1986). "Predation on Larval Lake Whitefish (*Coregonus clupeaformis*) and Lake Herring (*C. artedii*) by Adult Rainbow Smelt (*Osmerus mordax*)", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 812-818.
- MERCADO-SYLVA, N., G. SASS et coll. (2007). "Impact of rainbow smelt (*Osmerus mordax*) invasion on walleye (*Sander vitreum*) recruitment in Wisconsin lakes", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 64: 1543-1550.
- MOISAN, J. (2006). *Guide d'identification des principaux macro-invertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 82 p.
- MPO (2014). *Programme de rétablissement du cisco de printemps (Coregonus sp.)*, série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*, Pêches et Océans Canada, Ottawa, vi + 24 p.
- PARISEAU, R., P. DUMONT et J.-G. MIGNEAULT (1983). « Découverte, dans le sud-ouest du Québec, d'une population de cisco de lac, *Coregonus artedii*, frayant au printemps », *Canadian Journal of Zoology*, 61: 2365-2368.
- RICE, J. A., L. B. Crowder et F. P. Binkowski (1987). "Evaluating potential sources of mortality for larval bloater (*Coregonus hoyi*): starvation and vulnerability to predation", *Can. J. fish. Aquat. Sci.*, 44: 467-472.
- ROONEY, R. C. et M. J. PATERSON (2009). "Ecosystem effects of rainbow smelt (*Osmerus mordax*) invasions in inland lakes: a literature review", *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 2845: iv + 33 p.

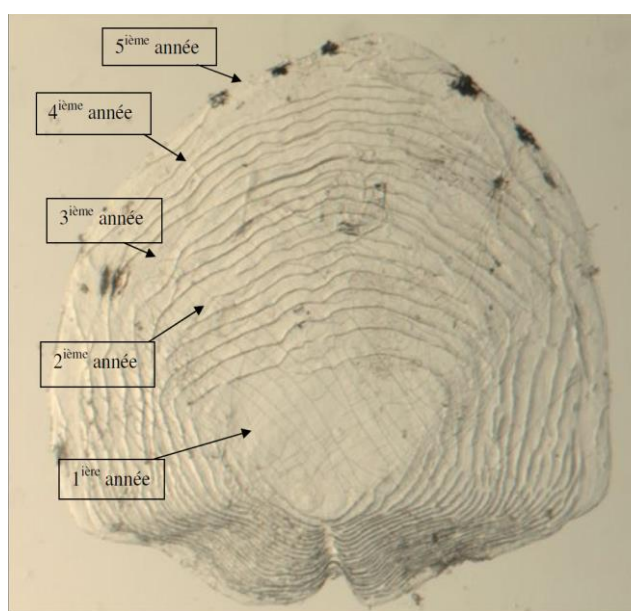
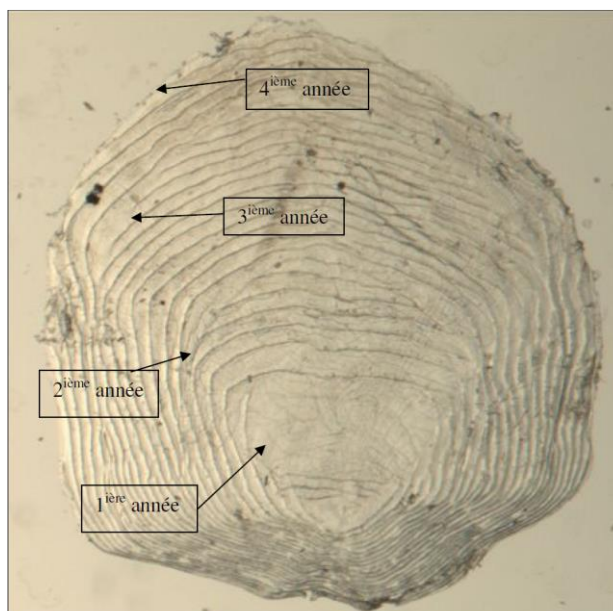
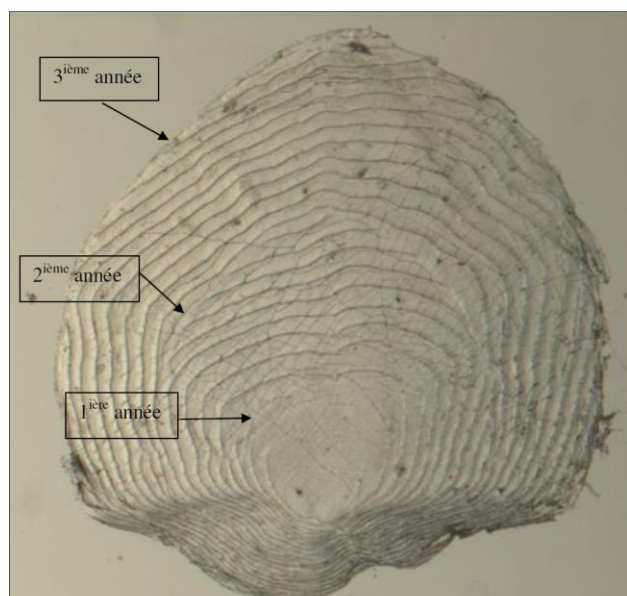
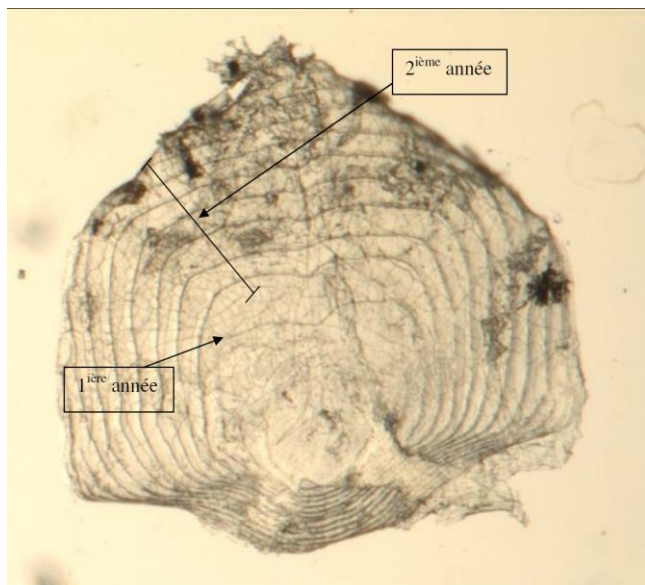
- SCHNEIDER, J. C. et J. H. LEACH (1977). "Walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) fluctuations in the Great lakes and possible causes, 1800-1975", *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34: 1878-1889.
- SERVICE DE LA FAUNE AQUATIQUE (2011). *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures*, Tome 1, Acquisition de données, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 137 p.
- SHAW, J. L., et R. A. CURRY (2011). "Ontogenetic divergence of growth among rainbow smelt morphotypes", *Environ Biol Fish*, 92: 217.
- SHELDON, T. A. (2006). *Ecology and evolution of the deepwater sculpin (Myoxocephalus thompsonii): conservation of a glacial relict*, Department of Zoology, University of Manitoba, 135 p.
- STRITZEL THOMSON, J. L., D. L. PARRISH, S. L. PARKER-STETTER, L. G. RUDSTAM et P. J. SULLIVAN (2010). "Growth rates of rainbow smelt in Lake Champlain: effects of density and diet", *Ecology of Freshwater Fish*.
- TARDIF, R. (2011). *Technique d'estimation de l'âge chez l'éperlan arc-en-ciel*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire, Direction générale du Bas-Saint-Laurent, 9 p.
- TIMOTHY P. O'BRIEN, WILLIAM W. TAYLOR, EDWARD F. ROSEMAN, CHARLES P. MADENJIAN et STEPHEN C. RILEY (2014). "Ecological Factors Affecting Rainbow Smelt Recruitment in the Main Basin of Lake Huron, 1976–2010", *Transactions of the American Fisheries Society*, 143: 3, 784-795, DOI: [10.1080/00028487.2014.880736](https://doi.org/10.1080/00028487.2014.880736).
- TURGEON, J. et L. BERNATCHEZ (2003). "Reticulate evolution and phenotypic diversity in North American ciscoes, *Coregonus* ssp. (Teleostei: Salmonidae): implications for the conservation of an evolutionary legacy", *Conservation Genetics*, 4: 67-81.
- VANDER ZANDER, M. J., G. CABANA et J. B. RASMUSSEN (1997). "Comparing the trophic position of littoral fish estimated using stable nitrogen isotopes ($\delta^{15}\text{N}$) and dietary data", *Can. J. fish. Aquat. Sci.*, 54: 1142-1158.

WOLFERT, D. R., W. D. N. BUSCH et C. T. BAKER (1975). "Predation by fish on walleye eggs on a spawning reef in western Lake Erie, 1969-71", *Ohio Journal of Science*, 75: 118-125.

WU, LIN et DAVID A. CULVER (1992). "Ontogenetic diet shift in Lake Erie age-0 yellow perch (*Perca flavescens*): a size-related response to zooplankton density", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 1932-1937.

6. Annexes

Annexe 1. Illustration des écailles de l'âge estimé des éperlans selon la technique de Tardif (2011)



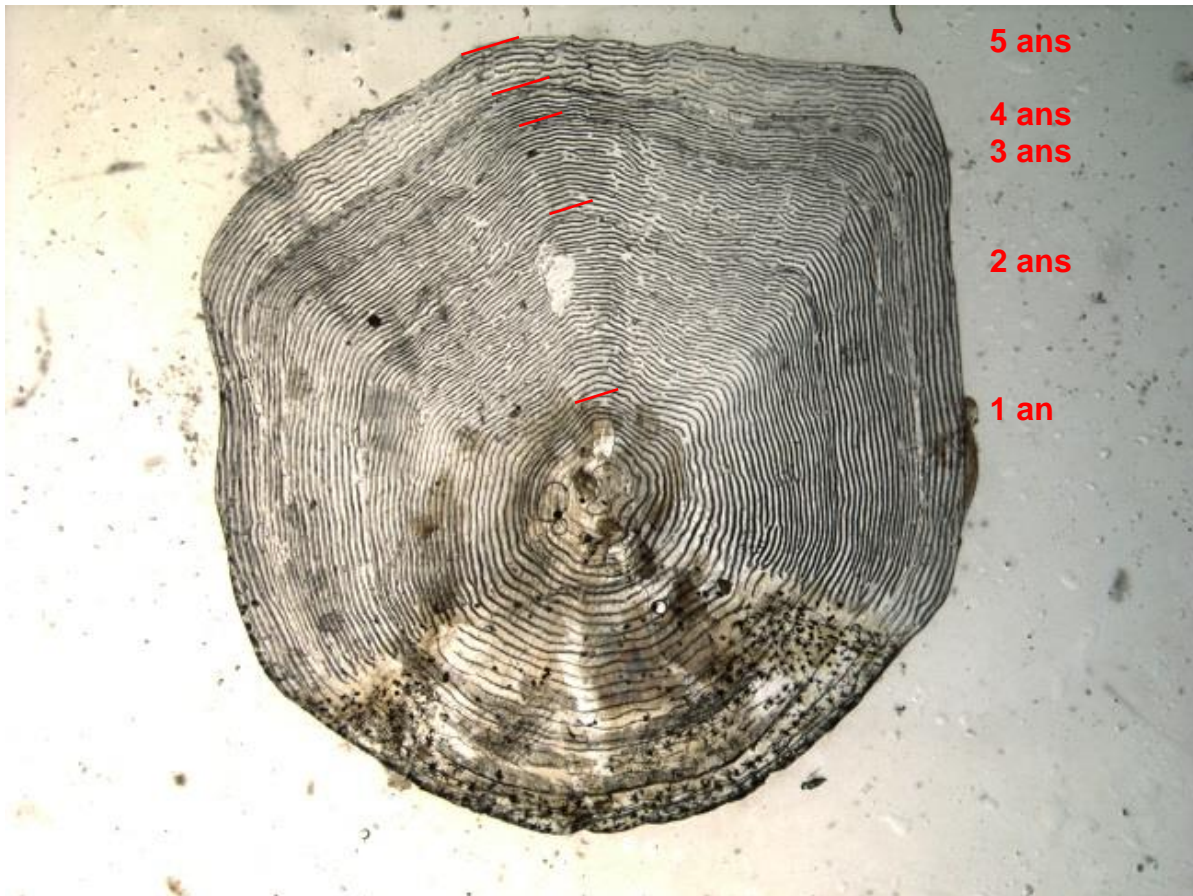
Annexe 2. Description des stades de la maturité sexuelle selon Kesteven, 1960

STADE	TESTICULE	OVAIRE
1 : Vierge	Très petit, transparent, jusqu'à gris	Très petit, transparent, jusqu'à gris
2 : Début de maturation	Rouge-gris, moitié longueur de la cavité ventrale	Idem, œufs visibles avec une loupe
3 : Maturation	Opaque, capillaires de sang (rougeâtre)	Idem, œufs visibles à l'œil nu comme des grains blancs
4 : Maturation	Rougeâtre blanc, $\frac{2}{3}$ de la cavité ventrale	Orange-rouge, $\frac{2}{3}$ de la cavité ventrale, œufs opaques
5 : Maturation avancée	Cavité ventrale remplie, blanc	Cavité ventrale remplie, œufs ronds, quelques-uns déjà matures et translucides
6 : Mature	Laitance éjectée avec une légère pression de l'abdomen	Œufs éjectés avec une légère pression de l'abdomen, tous les œufs sont translucides
7 : Après la ponte	Vide, rougeâtre	Idem, quelques œufs réabsorbés
8 : Repos sexuel	Translucide, gris-rouge, $\frac{1}{2}$ cavité ventrale	Idem, œufs visibles avec une loupe

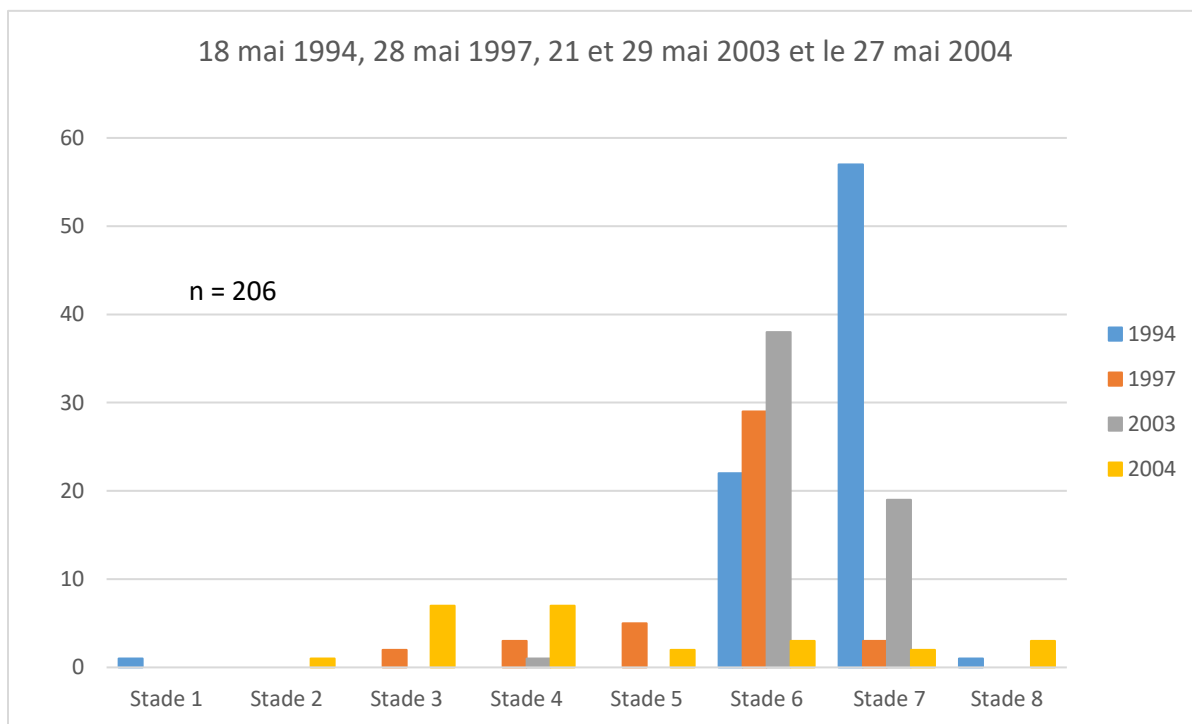
Annexe 3. Profondeur des engins de pêche par strate de profondeur

Date de la levée de l'engin	Type d'engin	Strate de profondeur	N° de la station	Profondeur minimale (mètres)	Profondeur maximale (mètres)	
18/07/2017	Filet à communautés petite maille	1-3 m	C1	2,1	2,4	
18/07/2017			C2	2,0	3,5	
19/07/2017			C3	1,2	1,6	
19/07/2017				C4	1,5	2,0
20/07/2017			3-6 m	C5	4,5	5,5
20/07/2017				C6	4,5	5,7
18/07/2017				C7	3,8	4,2
20/07/2017				C8	5,2	5,5
19/07/2017			6-12 m	C9	7,0	7,6
19/07/2017				C10	8,4	8,8
20/07/2017				C11	11,8	11,0
19/07/2017			12-20 m	C12	18,0	19,0
18/07/2017				C13	13,5	14,0
03/08/2017	Filet expérimental à doré jaune	3-6 m	E3	4,1	6,0	
02/08/2017				E4	3,6	7,3
02/08/2017				E5	3,7	5,2
01/08/2017				E6	5,3	6,1
02/08/2017			6-12 m	E7	6,5	7,1
03/08/2017				E8	6,0	8,0
02/08/2017				E9	8,5	11,6
01/08/2017				E10	9,8	10,3
01/08/2017			12-20 m	E11	17,0	18,2
02/08/2017				E12	12,6	16,3
03/08/2017				E13	17,5	18,7
02/08/2017			20-35 m	E14	24,0	27,7
03/08/2017				E15	30,1	29,8
02/08/2017				E16	23,5	22,9
21/07/2017		Nasse	20-35 m	CB1	22,4	22,4
21/07/2017	CB2			23,0	23,0	
21/07/2017	CB3			26,3	26,3	
21/07/2017	CB4			35,2	35,2	
21/07/2017	CB5			35,3	35,3	
21/07/2017	CB6			34,8	34,8	
21/07/2017	CB7			31,9	31,9	
21/07/2017	CB8			31,0	31,0	
21/07/2017	CB9			27,6	27,6	
21/07/2017	CB10			21,0	21,0	

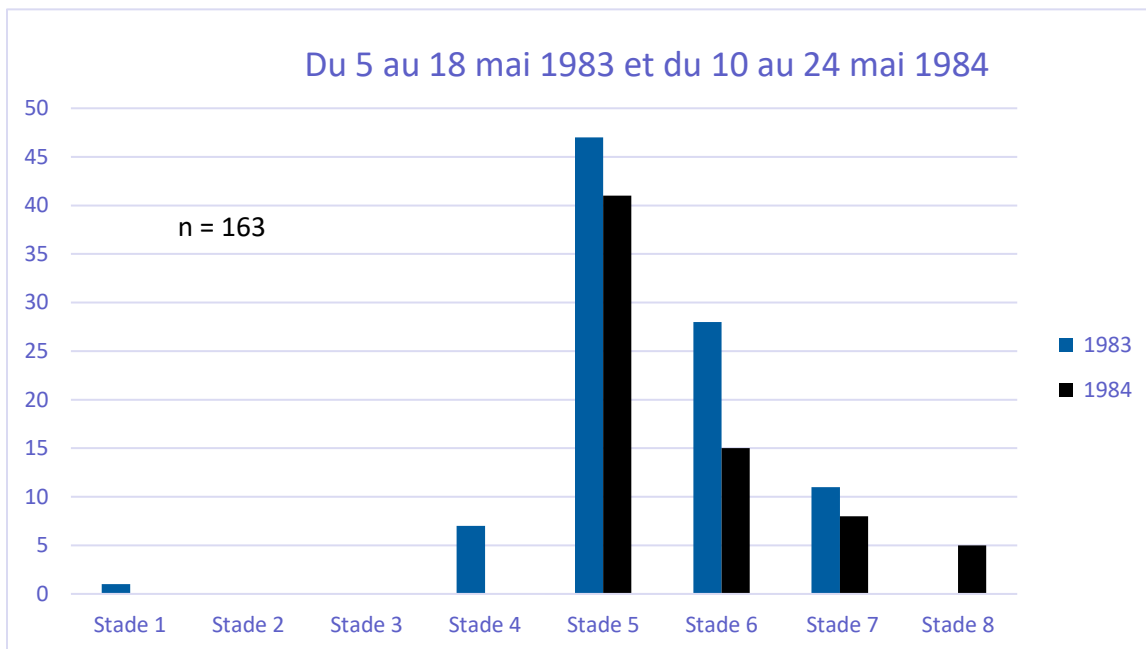
Annexe 4. Photographie d'une écaille prélevée chez le cisco de printemps capturé le 26 mai 2016 (mâle)



Annexe 5. Stades de maturité des ciscos sp. capturés dans le lac des Écorces de 1994 à 2004 par le MFFP (données non publiées)



Annexe 6. Stades de maturité des ciscos sp capturés dans le lac des Écorces aux mois de mai 1983 et 1984 par Hénault (1987)



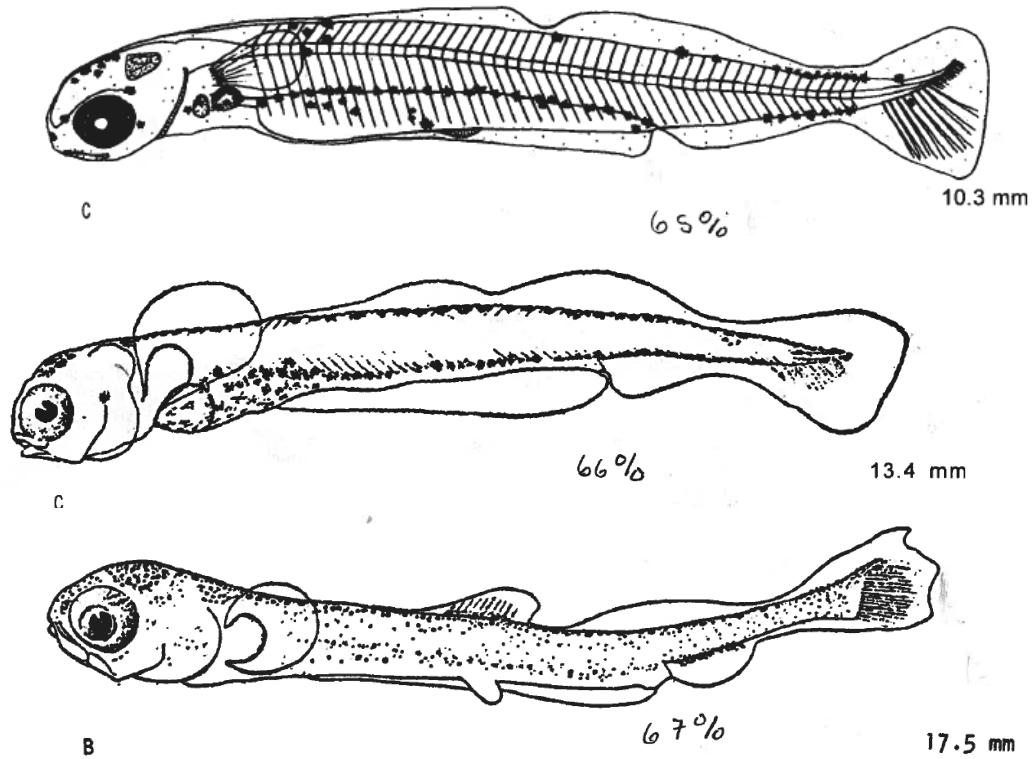
(Communication personnelle : données brutes de Hénault remises en 2004)

Annexe 7. Nombre de poissons par espèce, par station de pêche et par strate de profondeur

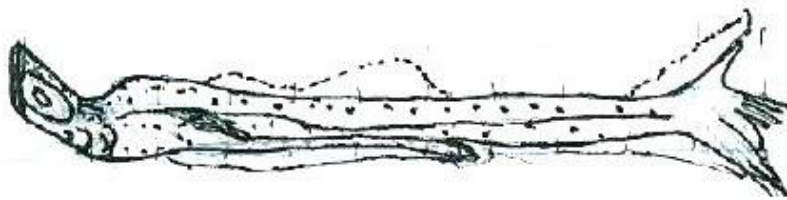
Zone littorale (entre 23 et 17 °C)				Thermocline (entre 17 et 8 °C)				Zone profonde (entre 7,5 et 5,5 °C)			
Strate de profondeur	Station de pêche	Espèce	Nombre de captures	Strate de profondeur	Station de pêche	Espèce	Nombre de captures	Strate de profondeur	Station de pêche	Espèce	Nombre de captures
1-3 m	C1	LEGI	8	6-12 m	C10	OSMO	15	12-20 m	C12	RIEN	0
	C1	MISA	1	6-12 m	C10	PEFL	54	12-20 m	C13	OSMO	2
1-3 m	C1	NOCR	33	6-12 m	C10	SAVI	1	12-20 m	C13	PEFL	15
1-3 m	C1	PEFL	113	6-12 m	C11	OSMO	3	12-20 m	E11	CACO	1
1-3 m	C1	SECO	11	6-12 m	C11	PEFL	54	12-20 m	E12	CACO	3
	C2	LEGI	13	6-12 m	C9	OSMO	3	12-20 m	E12	PEFL	1
1-3 m	C2	NOCR	7	6-12 m	C9	PEFL	55	12-20 m	E13	CACO	1
1-3 m	C2	PEFL	74	6-12 m	E10	CACO	9	12-20 m	E13	COCL	1
1-3 m	C2	SECO	1	6-12 m	E10	PEFL	9	20-35 m	CB1	RIEN	0
	C3	ESLU	1	6-12 m	E7	PEFL	17	20-35 m	CB10	RIEN	0
1-3 m	C3	LEGI	5	6-12 m	E7	SAVI	1	20-35 m	CB2	RIEN	0
1-3 m	C3	MIDO	1	6-12 m	E8	PEFL	15	20-35 m	CB3	COBA	2
1-3 m	C3	PEFL	16	6-12 m	E8	SAVI	5	20-35 m	CB4	RIEN	0
1-3 m	C3	SECO	4	6-12 m	E9	CACO	5	20-35 m	CB5	RIEN	0
1-3 m	C4	LEGI	10	6-12 m	E9	COCL	2	20-35 m	CB6	RIEN	0
1-3 m	C4	PEFL	20	6-12 m	E9	PEFL	9	20-35 m	CB7	RIEN	0
1-3 m	C4	SECO	4					20-35 m	CB8	RIEN	0
3-6 m	C5	LEGI	1					20-35 m	CB9	COBA	2
3-6 m	C5	PEFL	33					20-35 m	E14	RIEN	0
3-6 m	C6	LEGI	1					20-35 m	E15	COAR	1
3-6 m	C6	MIDO	1					20-35 m	E16	COAR	2
3-6 m	C6	PEFL	21								
3-6 m	C6	SAVI	1								
3-6 m	C7	AMNE	1								
3-6 m	C7	CACO	1								
3-6 m	C7	MIDO	1								
3-6 m	C7	PEFL	49								
3-6 m	C8	PEFL	30								
3-6 m	E3	CACO	3								
3-6 m	E3	NOCR	2								
3-6 m	E3	PEFL	14								
3-6 m	E3	SAVI	1								
3-6 m	E4	CACO	1								
3-6 m	E4	MIDO	2								
3-6 m	E4	PEFL	5								
3-6 m	E4	SAVI	5								
3-6 m	E5	AMNE	1								
3-6 m	E5	PEFL	14								
3-6 m	E5	SAVI	9								
3-6 m	E6	PEFL	11								
3-6 m	E6	SAVI	1								

AMNE : barbotte brune; CACO : meunier noir; COAR : cisco de lac; COBA : chabot tacheté; COCL : grand corégone; LEGI : crapet-soleil; MIDO : achigan à petite bouche; MISA : achigan à grande bouche; OSMO : éperlan arc-en-ciel; PEFL : perchaude; SAVI : doré jaune; SECO : outouche.

Annexe 8. Illustrations de larves de ciscos de lac et comparaison avec la larve trouvée dans l'estomac d'une perchaude le 22 septembre 2005



Développement larvaire de ciscos de lac selon leur taille et proportion de la longueur tête-anus/longueur totale (réf. : Auer, Nancy A., décembre 1982)



**Dessin d'une larve trouvée dans l'estomac d'une perchaude le 22 septembre 2005 par Louise Nadon (longueur tête-anus/longueur totale = 62 %)
Fixation dans le formol 10 % et préservation dans l'alcool (taille de 11 mm)**



**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec 