

2015

Chaire de recherche
sur les espèces
aquatiques exploitées

Confirmation d'un habitat de fraie de l'éperlan arc-en-ciel au lac Saint-Jean

Sonya Lévesque et Pascal Sirois



UQAC

Université du Québec
à Chicoutimi

Référence à citer :

Lévesque S. et Sirois P. (2015). Confirmation d'un habitat de fraie de l'éperlan arc-en-ciel au lac Saint-Jean. Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées. Université du Québec à Chicoutimi.

Rapport de recherche

Chaire de recherche
sur les espèces
aquatiques exploitées

Université du Québec à Chicoutimi

Confirmation d'un habitat de fraie de l'éperlan arc-en-ciel au lac Saint-Jean

Sonya Lévesque et Pascal Sirois

En partenariat avec :



RioTinto

Département des sciences fondamentales,
Université du Québec à Chicoutimi, 555, Boulevard de l'université, Chicoutimi,
Québec, G7H 2B1

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Corporation de LACTivité Pêche Lac-Saint-Jean (CLAP), la Conférence régionale des élus du Saguenay-Lac-Saint-Jean, la MRC de Lac-Saint-Jean-Est, la MRC de Maria-Chapdelaine, la MRC du Domaine-du-Roy, Produits forestiers Résolu et Rio Tinto pour leur contribution financière à la confirmation de la fraie de l'éperlan arc-en-ciel sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean.

Les ressources de la CLAP, du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), ainsi que de la Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées (CREAE) de l'Université du Québec à Chicoutimi ont été sollicitées aux différentes étapes du travail. Nous remercions tous ceux qui ont participé à l'une ou l'autre de ces étapes. Pour la CLAP, Marc Archer, Luc Girard, Rémi Guay, Mikael Tapp et Charles Dufour; à la Direction régionale du MFFP, Karine Gagnon, Maylinda Leclerc-Tremblay et Fannie Cartier; à la Direction de la Faune aquatique du MFFP, Michel Legault et Denis Fournier; et Anne-Lise Fortin de la CREAE.

Enfin, Sonya Lévesque remercie le Laboratoire des sciences aquatiques de l'Université du Québec à Chicoutimi de lui donner accès à un environnement de travail stimulant et à des ressources humaines et techniques précieuses.

RÉSUMÉ

La santé des stocks de ouananiche du lac Saint-Jean repose sur la disponibilité de l'éperlan arc-en-ciel, leur proie préférentielle. Un des outils de gestion de la ouananiche consiste à bonifier la production naturelle de l'éperlan par l'aménagement d'îlots de galets à proximité de secteurs de fraie, afin de favoriser la disponibilité de cette ressource alimentaire pour la ouananiche. Les frayères aménagées à proximité de frayères naturellement fréquentées ont de meilleures chances d'être utilisées par les reproducteurs, et les larves qui y seront produites atteindront facilement les aires d'alevinage usuelles.

Les travaux des dernières années ont permis de définir un foyer de fraie, c'est-à-dire un secteur de forte abondance de très jeunes larves, sur le haut-fond à proximité de l'embouchure de la rivière Mistassini. Les présents travaux avaient pour objectifs de valider l'utilisation de ce foyer de production identifié par un échantillonnage précédent et de préciser l'utilisation du secteur par l'éperlan arc-en-ciel. Pour y arriver, trois sous-objectifs distincts ont été identifiés : (1) rechercher des œufs d'éperlan arc-en-ciel dans le secteur de forte abondance de larves déjà identifié; (2) faire le suivi de la dérive des larves à plus fine échelle dans ce même secteur; et (3) qualifier l'intensité de l'ensablement sur le haut-fond.

Au terme de ces travaux, il a été possible de confirmer l'utilisation du haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean par l'éperlan arc-en-ciel lors de la fraie. Au total, douze œufs d'éperlan ont été récoltés dans le secteur à l'aide de capteurs à œufs. Le suivi de la dérive des larves a mis en évidence la présence d'un second foyer de fraie plus à l'est de l'aire d'étude. Ce constat confirme que les éperlans utilisent année après année un même secteur de fraie, à l'intérieur duquel l'utilisation des différents sites de fraie peut varier d'une année à l'autre. Par conséquent, le secteur de l'Île aux Pins et ses environs peut être considéré comme un lieu de fraie récurrent, en regard de la présence de larves en 2013-2014 et d'œufs en 2014.

Enfin, l'expérience visant à qualifier l'intensité de l'ensablement sur le haut-fond suggère que la pérennité des aménagements de fraie prévus ne sera vraisemblablement pas compromise par l'accumulation de sable. Ces observations sont corroborées par la persistance des vestiges de bois de l'Île aux Pins, érodée dans les années 80.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	i
RÉSUMÉ	ii
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES ANNEXES.....	vii
INTRODUCTION	1
MATÉRIEL ET MÉTHODES	3
SECTEUR À L'ÉTUDE	3
ÉCHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DES OEUFS	4
ÉCHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DES LARVES	8
Terrain	8
Laboratoire	8
Analyse de la distribution spatiale de l'abondance des larves	8
ÉVALUATION DE L'INTENSITÉ DE LA SÉDIMENTATION	9
RÉSULTATS	10
IDENTIFICATION ET DÉNOMBREMENT (œufs et larves).....	10
RÉPARTITION SPATIO-TEMPORELLE.....	11
Œufs	11
Larves.....	13
SÉDIMENTATION.....	15
DISCUSSION	17
CONFIRMATION DU SECTEUR DE FRAIE DE L'ÎLE AUX PINS	17
VARIABILITÉ INTERANNUELLE.....	18
PÉRENNITÉ DES AMÉNAGEMENTS - SÉDIMENTATION	20
CONCLUSION.....	22
RÉFÉRENCES.....	23
ANNEXES	25

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Grille d'échantillonnage du printemps 2014 au lac Saint-Jean. Les 16 km² identifiés comme pouvant contenir un foyer de fraie de l'éperlan arc-en-ciel ont été quadrillés de manière à offrir une définition plus fine du secteur quant à la répartition des œufs et des larves d'éperlan arc-en-ciel. Les stations d'échantillonnage des œufs, à l'aide de capteurs, sont identifiées par des points noirs. Les larves étaient échantillonnées par un trait de filet à l'intérieur des zones délimitées par les lignes noires pleines. De plus, l'intensité de la sédimentation a été évaluée pour quatre sites du secteur à l'étude identifiés par les triangles (N, O, E et S). Le regroupement de points dans les zones 16k et 28m témoignent de l'effort particulier mis sur l'ancienne Île aux Pins et ses environs. 3
- Figure 2 : Un capteur à œufs est constitué de dix plaques d'acier satiné de 30 cm de côté, reliées entre elles par des cordes de 5 m. Chaque extrémité du capteur est maintenue en place par une ancre et identifiée par une bouée. 5
- Figure 3 : Différents stades de développement de l'œuf d'éperlan arc-en-ciel. Le pédoncule, une caractéristique unique aux œufs d'éperlan, est indiqué par les flèches. Il se forme à partir de la membrane externe de l'œuf, dès que ce dernier entre en contact avec un substrat. Tiré de Cooper (1978). 7
- Figure 4 : Répartition des œufs d'éperlan arc-en-ciel sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean. Les stations planifiées mais abandonnées dès le début de l'échantillonnage sont indiquées par des « x ». Les stations échantillonnées au moins une fois (deux jours de pêche ou plus) sont indiquées par des cercles. Les cercles vides correspondent aux stations sans œuf, alors que les cercles rouges indiquent la présence d'œufs. La taille du point est fonction de la quantité d'œufs récoltés sur cette station au cours de la période d'échantillonnage..... 12
- Figure 5 : Distribution estimée de l'abondance des larves d'éperlan arc-en-ciel de moins de deux jours (larves · 1000 m⁻³) sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean. L'intensité de la couleur augmente graduellement en fonction de l'abondance cumulée des larves : les fortes abondances de larves sont représentées en bleu foncé, alors que les faibles abondances sont en bleu clair. Ce secteur avait été identifié comme un foyer de production de l'éperlan au printemps 2013..... 14
- Figure 6 : Abondance moyenne des éperlans arc-en-ciel (larves · 1000 m⁻³), par stade, au lac Saint-Jean lors du printemps 2014. Le trait discontinu noir correspond aux fluctuations de l'abondance des larves de stade A, le trait hachuré gris foncé représente l'abondance des larves de stade B, et le trait continu gris celle des larves de stades C et plus. 15
- Figure 7 : Répartition des œufs d'éperlan arc-en-ciel superposée à la distribution cumulée des larves de moins de deux jours sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean. Les cercles vides correspondent aux stations sans œuf, alors que les cercles rouges indiquent la quantité d'œufs récoltés par station en fonction de la taille du point. L'abondance cumulée des larves d'éperlan de moins de deux jours (larves · 1000 m⁻³) est représentée par l'intensité de la couleur utilisée : plus claire pour les régions de faible abondance et plus foncée pour les régions de fortes abondances de larves. 18

Figure 8 : Comparaison de la répartition des larves d'éperlan arc-en-ciel au nord-ouest du lac Saint-Jean en 2013 et 2014. L'abondance cumulée des larves d'éperlan de moins de deux jours (larves $\cdot 1000 \text{ m}^{-3}$) est représentée par l'intensité de la couleur utilisée : plus clair pour les régions de faible abondance et plus foncé pour les fortes abondances de larves. Le quadrillage délimite les unités d'échantillonnage (zones). La définition était plus faible en 2013 (zones de 4 km^2) qu'en 2014 (zones de $0,5$ à 1 km^2). Le rectangle rouge indique le secteur étudié avec une plus fine résolution spatiale en 2014. 20

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 : Récapitulatif de l'effort d'échantillonnage au cours du printemps 2014 au lac Saint-Jean. Dans les conditions idéales, un objectif de déploiement et de relève de 14 capteurs par jour pendant l'échantillonnage des œufs (du 15 au 30 mai), et de 16 traits de filets par jour pendant l'échantillonnage des larves (du 3 au 10 juin) était visé. 6
- Tableau 2 : Identification et dénombrement des œufs et des larves de poisson capturés au lac Saint-Jean du 15 mai au 10 juin 2014. Seuls des œufs d'éperlan ont été récoltés. Les larves ont été identifiées à l'espèce. Lorsqu'il était impossible d'atteindre cette précision, des groupes au genre ou à la famille ont été créés (le nombre d'espèces potentielles par groupe est indiqué entre parenthèses). Le stade de développement des larves d'éperlan a été déterminé d'après Cooper (1978). 10
- Tableau 3 : Distribution temporelle de la récolte des œufs pendant le printemps 2014 au lac Saint-Jean. Au total, 12 œufs ont été récoltés dans six stations différentes, pendant sept jours. Le capteur relevé le 19 mai avait été mis en place le 15 mai. La période de présence d'œufs pourrait donc atteindre 11 jours. 13
- Tableau 4 : Description de l'état des sacs de roche utilisés comme obstacles au cours de l'été dans le cadre de l'expérience visant à qualifier l'intensité des dépôts de sédiments sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean. 16

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Représentation des courants moyens dans différents secteurs du lac Saint-Jean en fonction de l'origine des vents les plus fréquents au printemps 2013. L'échelle des vecteurs de courants est indépendante de celle de la carte. Les tirets longs montrent les courants associés aux vents de l'est alors que les tirets fins montrent les courants associés aux vents du nord-ouest. Tiré de Lévesque et Sirois (2013)..... 26
- Annexe 2 : Carte bathymétrique du lac Saint-Jean (Service hydrographique du Canada, 1979-81, 1986), et compléments d'information géographique..... 27

INTRODUCTION

La pêche sportive est une activité culturelle, touristique et économique au lac Saint-Jean. Deux principales espèces de poissons sont ciblées par cette activité : la ouananiche (*Salmo salar*) et le doré jaune (*Sander vitreus*). La santé des stocks de ouananiche du lac Saint-Jean repose sur la disponibilité de sa proie préférentielle, l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*; Fortin *et al.* 2009). Par conséquent, la gestion de la ouananiche est directement reliée à celle de l'éperlan. Cette approche novatrice a été conçue sur mesure pour le lac Saint-Jean à partir des recherches scientifiques menées sur le terrain. À moyen terme, cette gestion écosystémique vise à assurer la qualité et la quantité des ouananiches disponibles pour la pêche en fonction de la capacité de support du lac. Une avenue prometteuse consiste à améliorer la production naturelle de l'éperlan arc-en-ciel par l'aménagement de frayères artificielles, afin de favoriser la disponibilité de cette ressource alimentaire pour la ouananiche. Les recherches récentes ont démontré que l'éperlan, contrairement à son prédateur, n'est pas limité par la disponibilité de sa nourriture en lac (Sirois *et al.* 2011). Sa faible productivité serait plutôt attribuable à la nature sablonneuse des frayères existantes, le sable n'offrant pas de bonnes conditions de survie aux œufs pondus (Lévesque 2012).

L'amélioration des habitats de fraie de l'éperlan arc-en-ciel par l'implantation de substrats rocheux en lac a été retenue comme une mesure réaliste qui pourrait bonifier la fraie naturelle, en augmentant la survie des œufs qui y seront déposés par le stock reproducteur. Les éperlans du lac fraient majoritairement dans la moitié nord du lac plutôt qu'en rivière (Lévesque et Sirois 2013). Ces régions très homogènes sont caractérisées par de faibles profondeurs et un substrat de sable. Or, les grains de sable offrent un piètre ancrage aux œufs adhésifs. Lorsqu'un œuf se décroche et dérive, sa membrane peut se briser sous l'effet abrasif du substrat. De plus, les œufs déposés sur un substrat de sable pourraient être plus sujets à l'asphyxie, lorsqu'associés à un substrat peu structuré comparativement à un lit rocheux. La perte de l'ancrage, tout comme le manque d'oxygène, signifient la mort de l'œuf (Fuda *et al.* 2007, résumé dans Lévesque 2012).

Des îlots rocheux aménagés à proximité de frayères naturellement fréquentées ont de meilleures chances d'être utilisés par les reproducteurs. De plus, les larves qui y seront produites pourront facilement atteindre les aires d'alevinage usuelles (Jones *et al.* 2003; Dumont *et al.* 2011). L'identification des frayères naturelles est par conséquent cruciale. Grâce à un échantillonnage réalisé au printemps 2013, il a été possible de réduire l'aire de recherche des foyers de fraie de l'éperlan de

228 km² (l'ensemble des régions peu profondes du nord du lac Saint-Jean), à environ 16 km² sur le haut-fond à proximité de l'embouchure de la rivière Mistassini (Lévesque et Sirois 2013).

Les objectifs des présents travaux étaient de valider l'utilisation du foyer de production identifié par l'échantillonnage du printemps 2013 et de préciser l'utilisation du secteur par les jeunes éperlans arc-en-ciel. Pour y arriver, trois sous-objectifs distincts ont été identifiés : (1) rechercher des œufs d'éperlan arc-en-ciel dans le secteur de forte abondance de larves identifiés en 2013; (2) faire le suivi de la dérive des larves à plus fine échelle dans ce même secteur; et (3) qualifier l'intensité de l'ensablement sur le haut-fond.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

SECTEUR À L'ÉTUDE

L'échantillonnage a eu lieu dans la portion nord-ouest du lac Saint-Jean, sur le haut-fond à l'est du chenal de la rivière Mistassini. Le foyer de fraie de l'éperlan arc-en-ciel localisé au printemps 2013 (les zones 16,17, 28 et 29; Lévesque et Sirois 2013) a été sous-échantillonné de manière à offrir une définition plus fine de la région, particulièrement dans le secteur correspondant aux vestiges de l'Île aux Pins (figure 1).

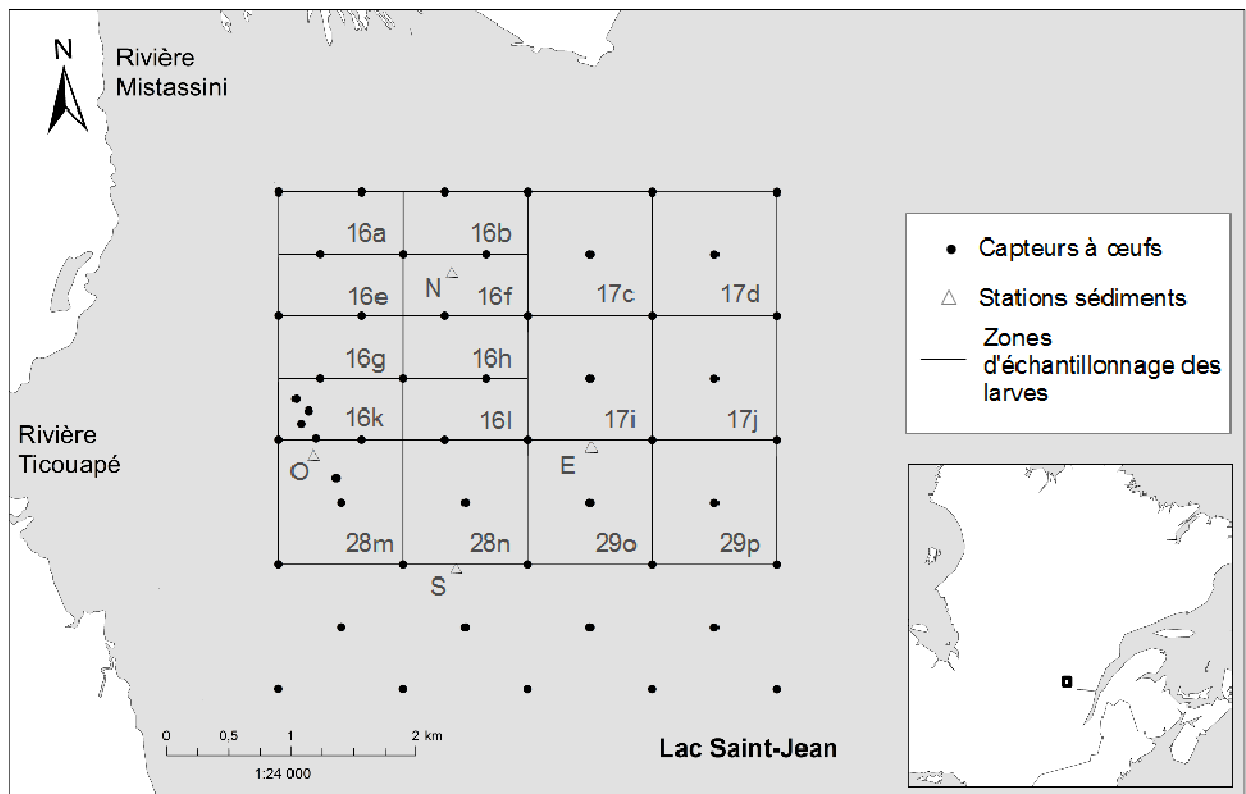


Figure 1 : Grille d'échantillonnage du printemps 2014 au lac Saint-Jean. Les 16 km² identifiés comme pouvant contenir un foyer de fraie de l'éperlan arc-en-ciel ont été quadrillés de manière à offrir une définition plus fine du secteur quant à la répartition des œufs et des larves d'éperlan arc-en-ciel. Les stations d'échantillonnage des œufs, à l'aide de capteurs, sont identifiées par des points noirs. Les larves étaient échantillonnées par un trait de filet à l'intérieur des zones délimitées par les lignes noires pleines. De plus, l'intensité de la sédimentation a été évaluée pour quatre sites du secteur à l'étude identifiés par les triangles (N, O, E et S). Le regroupement de points dans les zones 16k et 28m témoignent de l'effort particulier mis sur l'ancienne Île aux Pins et ses environs.

ÉCHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DES OEUFS

Une visite du secteur à l'étude, à sec dans les jours précédant la crue, a permis de constater *de visu* l'homogénéité du substrat. À cette période, le couvert de glace est fondu ou en cours de fonte sur le haut-fond, alors qu'il est encore présent au large. Les stations de capteurs à œufs ont été réparties également sur le secteur à l'étude, suivant des scénarios de niveau des eaux, avec une légère emphase mise sur les vestiges de bois de l'Île aux Pins, seule exception à l'homogénéité du secteur (figure 1). Initialement, 46 stations d'échantillonnage des œufs avaient été prévues, suivant trois scénarios de niveau des eaux du lac (basses, moyennes et hautes eaux). Une fois sur le terrain, les stations les plus profondes et les stations exondées ont été abandonnées. Les larves étant associées aux faibles profondeurs, ces dernières ont été ciblées pour la recherche d'œufs. Les stations ont été ajoutées ou éliminées en cours d'échantillonnage suivant la montée des eaux. De plus, cinq stations ont été ajoutées à proximité des vestiges de l'Île aux Pins.

Un capteur à œufs est constitué de dix plaques d'acier satiné de 30 cm de côté et 3,2 mm d'épaisseur (1/8"), reliées entre elles par des cordes de 5 m. Une bouée et une ancre sont attachées à chacune des extrémités des capteurs (figure 2). Ils étaient déployés pour un minimum de deux jours avant d'être relevés, inspectés, et remis en place. Les capteurs ont été déployés pendant la période attendue de la fraie de l'éperlan, c'est-à-dire quelques jours avant que l'eau du lac n'atteigne 6°C, et les déploiements ont pris fin après que l'eau ait atteint 10°C (Lévesque 2012). La relève des derniers capteurs s'est poursuivie au-delà de cette période à cause du mauvais temps. Pendant cette période, 41 stations différentes ont été échantillonnées durant deux jours ou plus selon la météo et le niveau du lac, à l'aide de 31 capteurs. L'objectif était de relever et redéployer environ 14 capteurs par jour (tableau 1). La température de l'eau et la profondeur (mesurées par le sonar de l'embarcation) étaient notées à chaque relève et déploiement.

Lors de la relève, les plaques étaient examinées une à une, des deux côtés. Les œufs d'éperlan sont petits et adhésifs. Ils se fixent aux plaques dès qu'ils entrent en contact. Étant donné la faible taille des œufs, la lecture des plaques demande minutie et attention. Lorsque présents, les œufs ont été prélevés à l'aide de pinces et conservés dans l'éthanol 95%.

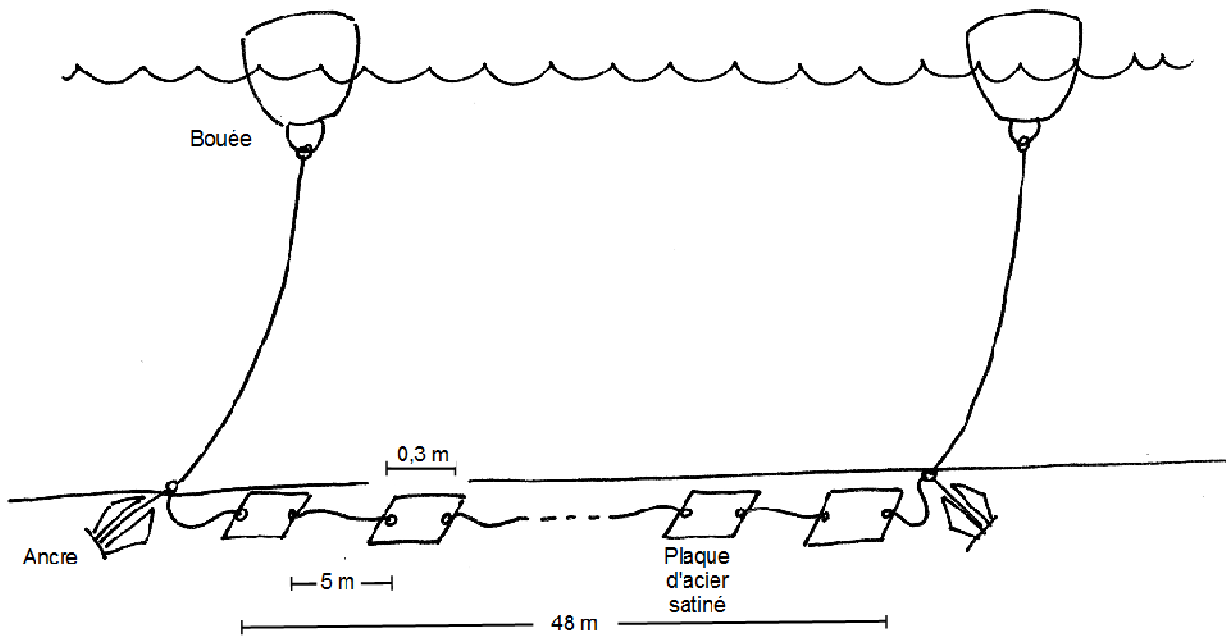


Figure 2 : Un capteur à œufs est constitué de dix plaques d'acier satiné de 30 cm de côté, reliées entre elles par des cordes de 5 m. Chaque extrémité du capteur est maintenue en place par une ancre et identifiée par une bouée.

Tableau 1 : Récapitulatif de l'effort d'échantillonnage au cours du printemps 2014 au lac Saint-Jean. Dans les conditions idéales, un objectif de déploiement et de relève de 14 capteurs par jour pendant l'échantillonnage des œufs (du 15 au 30 mai), et de 16 traits de filets par jour pendant l'échantillonnage des larves (du 3 au 10 juin) était visé.

Date	Capteurs à œufs		Push-net Traits
	Relève	Pose	
15 mai 2014		4	
16 mai 2014		15	
17 mai 2014	2	2	
18 mai 2014			
19 mai 2014	6	14	
20 mai 2014	14	14	
21 mai 2014	13	14	
22 mai 2014	14	14	
23 mai 2014	14	16	
24 mai 2014	14	15	
25 mai 2014			
26 mai 2014	16	16	
27 mai 2014			
28 mai 2014	15	15	
29 mai 2014	16		
30 mai 2014	4		
31 mai 2014			
1 juin 2014			
2 juin 2014			
3 juin 2014			4
4 juin 2014	6		16
5 juin 2014			16
6 juin 2014	5		16
7 juin 2014			16
8 juin 2014			16
9 juin 2014			3
10 juin 2014			16
Au total	139 relèves	139 poses	103 traits

Il existe très peu d'information sur les caractéristiques des œufs des poissons présents dans le lac Saint-Jean. Néanmoins, l'identification des œufs d'éperlan est simple puisqu'ils présentent une caractéristique unique : un pédoncule (figure 3, tirée de Cooper 1978). Les œufs ont été identifiés directement sur le terrain étant donné leur faible abondance. L'identification a été validée en laboratoire par la suite.

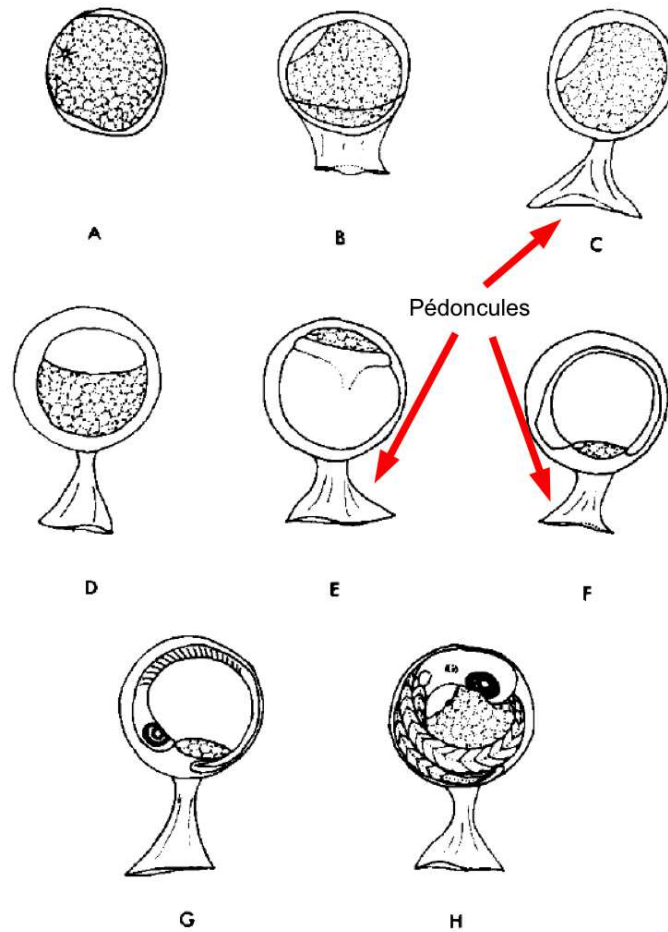


Figure 3 : Différents stades de développement de l'œuf d'éperlan arc-en-ciel. Le pédoncule, une caractéristique unique aux œufs d'éperlan, est indiqué par les flèches. Il se forme à partir de la membrane externe de l'œuf, dès que ce dernier entre en contact avec un substrat. Tiré de Cooper (1978).

ÉCHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DES LARVES

Terrain

L'échantillonnage des larves a été effectué suivant le même protocole qu'au printemps 2013 (Lévesque et Sirois 2013). Les 16 zones d'échantillonnage ont été définies à l'intérieur du secteur correspondant au foyer de production du printemps 2013 (figure 1). Étant donné la plus petite superficie à couvrir et la faible profondeur du secteur, l'échantillonnage n'a requis qu'une seule embarcation à faible tirant d'eau.

L'échantillonnage des larves a débuté le 3 juin 2014. Selon le nombre de degrés-jours nécessaires à l'incubation des œufs d'éperlan, il aurait dû être amorcé dès le 2 juin, mais la météo n'était pas favorable. Au total, 103 traits de filet (push-net) ont été effectués, au cours de huit jours de sortie sur le terrain (tableau 1).

Laboratoire

Les échantillons du filet de type « push-net » ont été triés en laboratoire au retour de l'échantillonnage. Les larves ont été identifiées à l'espèce (hormis les espèces du genre *Coregonus* et celles de la famille des Cyprinidés) et le stade des larves d'éperlan a été déterminé suivant le protocole détaillé dans Lévesque et Sirois (2013).

Analyse de la distribution spatiale de l'abondance des larves

Les données d'abondance des larves pour chaque zone ont été interpolées de manière à estimer la valeur pour un point d'intérêt non échantillonné, à partir des observations disponibles à proximité de ce point. Cette façon de faire permet de simplifier la représentation des fluctuations d'une variable sur une carte. La méthode de pondération par l'inverse de la distance (inverse distance weighted, IDW) a été retenue pour interpoler la distribution de l'abondance des stades larvaires de l'éperlan arc-en-ciel au cours de la période échantillonnée, car elle est avantageuse lorsque les sites d'échantillonnages sont réguliers. L'abondance estimée pour un point est égale à la moyenne pondérée des abondances mesurées à l'intérieur d'une zone définie (Legendre et Legendre 1998). Les interpolations ont été réalisées avec les outils Spatial Analyst d'ArcGIS 10.

ÉVALUATION DE L'INTENSITÉ DE LA SÉDIMENTATION

La sédimentation sur le haut-fond aura un impact direct sur la durée de vie des aménagements. Une expérience a été menée afin de déterminer si ce processus naturel pouvait neutraliser les efforts d'aménagement prévus dans le futur, puisque peu de données étaient disponibles sur le sujet. L'expérience consistait à déposer un obstacle aux courants au fond du lac. En cas de fort potentiel d'ensablement, il serait possible d'observer des dépôts de sable et de sédiments à proximité de l'obstacle, à la manière de la neige qui s'accumule près d'un obstacle dans un champ soufflé par les vents. Dans le cadre de cette expérience, l'obstacle était fait d'un sac de 50 cm par 76 cm rempli aux trois-quarts de roche concassée (de type sac de moulée 25 kg). Quatre sacs de roche ont été déposés sur le haut-fond au début du printemps, et marqués d'une bouée (figure 1). Les sacs ont été visités au cours de l'été et au début de l'automne, afin de vérifier s'il y avait accumulation de sable ou de sédiments. Au cours d'une visite, les sacs étaient inspectés à l'aide d'une caméra infrarouge, ou encore à l'œil lorsque le niveau du lac le permettait. Les sacs ont été enlevés lors de la visite de début d'automne.

RÉSULTATS

IDENTIFICATION ET DÉNOMBREMENT (œufs et larves)

La campagne d'échantillonnage a eu lieu du 15 mai au 10 juin 2014, avec une pause du 31 mai au 3 juin entre la fin de la ponte des œufs et le début de l'éclosion des larves d'éperlan. Au total, 12 œufs d'éperlan ont été récoltés par 139 déploiements de capteurs du 15 au 28 mai (tableau 2). Les 103 traits de filet entre le 3 et le 10 juin 2014 ont permis de récolter 1 004 larves de poisson, dont 733 éperlans arc-en-ciel. Les espèces les plus abondantes dans l'échantillonnage, hormis l'éperlan, sont la perchaude, le doré jaune et les espèces du genre *Coregonus* (grand corégone et/ou cisco de lac), avec respectivement 164, 58 et 32 larves.

Tableau 2 : Identification et dénombrement des œufs et des larves de poisson capturés au lac Saint-Jean du 15 mai au 10 juin 2014. Seuls des œufs d'éperlan ont été récoltés. Les larves ont été identifiées à l'espèce. Lorsqu'il était impossible d'atteindre cette précision, des groupes au genre ou à la famille ont été créés (le nombre d'espèces potentielles par groupe est indiqué entre parenthèses). Le stade de développement des larves d'éperlan a été déterminé d'après Cooper (1978).

Nombre d'œufs capturés		12
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	12
Nombre de larves capturées		1004
Éperlan arc-en-ciel		733
Stade A		225
Stade B		236
Stade C (D, E, F)		191
Non-stadés		81
Autres		271
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	164
Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	58
Grand corégone et/ou Cisco de lac	<i>Coregonus</i> sp. (2)	32
Lotte	<i>Lota lota</i>	14
Cyprins	<i>Cyprinidae</i> (8)	1
Indéterminé (mauvais état)		2

RÉPARTITION SPATIO-TEMPORELLE

Œufs

La campagne d'échantillonnage des œufs a mené à la récolte de 12 œufs d'éperlan arc-en-ciel. Le niveau du lac a monté de près d'un mètre pendant la fenêtre de présence des œufs (du 15 au 26 mai). Par conséquent, les stations associées au scénario de basses eaux ont été abandonnées dès le début de l'échantillonnage et les stations associées au scénario de hautes eaux n'ont été échantillonnées qu'à partir du 21 mai. Cinq stations ont été ajoutées en cours d'échantillonnage afin de fournir une meilleure définition de certaines régions, alors que d'autres ont été abandonnées lorsque trop profondes (plus de trois mètres) ou très éloignées des sites où la présence d'œufs avait été confirmée. Les travaux précédents ont démontré que les larves sont associées aux faibles profondeurs (0 à 5 m) et qu'elles sont rapidement entraînées vers le large. La recherche des œufs a donc été concentrée dans les faibles profondeurs (0 à 3 m). L'objectif premier de cet échantillonnage était de trouver des œufs. La majorité des œufs a été récoltée dans une vaste région de 3 km² limitée à l'ouest par les vestiges de l'Île aux Pins (figure 4). La répartition des œufs semble très variable à fine échelle puisque les œufs étaient rarement présents sur deux plaques du même capteur, et jamais sur deux capteurs posés à proximité l'un de l'autre (quelques centaines de mètres au minimum).

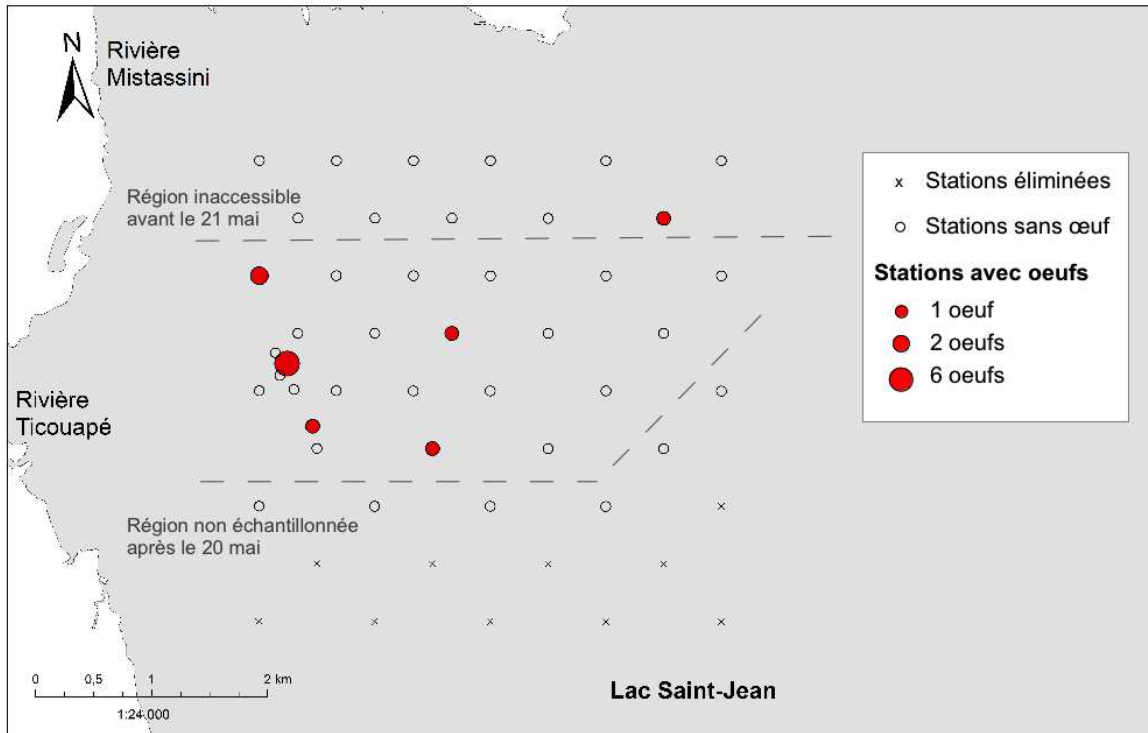


Figure 4 : Répartition des œufs d'éperlan arc-en-ciel sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean. Les stations planifiées mais abandonnées dès le début de l'échantillonnage sont indiquées par des « x ». Les stations échantillonnées au moins une fois (deux jours de pêche ou plus) sont indiquées par des cercles. Les cercles vides correspondent aux stations sans œuf, alors que les cercles rouges indiquent la présence d'œufs. La taille du point est fonction de la quantité d'œufs récoltés sur cette station au cours de la période d'échantillonnage.

Les œufs ont tous été récoltés sur une période de 7 à 11 jours (il est impossible de connaître la date exacte à laquelle l'œuf a été pondu sur le capteur posé le 15 mai et relevé le 19 mai), durant laquelle la température de l'eau est passée de 6°C le 19 mai (ou 4°C le 15 mai) à 10°C le 26 mai (tableau 3), ce qui est en accord avec la littérature existante (Lévesque 2012).

Tableau 3 : Distribution temporelle de la récolte des œufs pendant le printemps 2014 au lac Saint-Jean. Au total, 12 œufs ont été récoltés dans six stations différentes, pendant sept jours. Le capteur relevé le 19 mai avait été mis en place le 15 mai. La période de présence d'œufs pourrait donc atteindre 11 jours.

Date de relève des capteurs	Nombre d'œufs récoltés	Nombre de stations avec œufs	Température de l'eau (°C)
19 mai	1	1	6,0
22 mai	3	3	7,0
23 mai	5	1	8,3
24 mai	2	1	8,3
26 mai	1	1	10,0
Fraie sur 7 à 11 jours	12 œufs	6 stations différentes	Entre 6 et 10 °C

Larves

Les larves d'éperlan arc-en-ciel de stade A, c'est-à-dire de moins de deux jours, échantillonnées entre le 3 et le 10 juin sont réparties en deux secteurs d'abondance (figure 5). De fortes abondances de larves d'éperlan ont été capturées dans les zones 16e et 16g (figure 1). Ce signal était attendu et il est attribuable à la région de l'Île aux Pins. Un second secteur d'abondance, plus marqué et plus étendu, est associé principalement aux zones 17d et 17j.

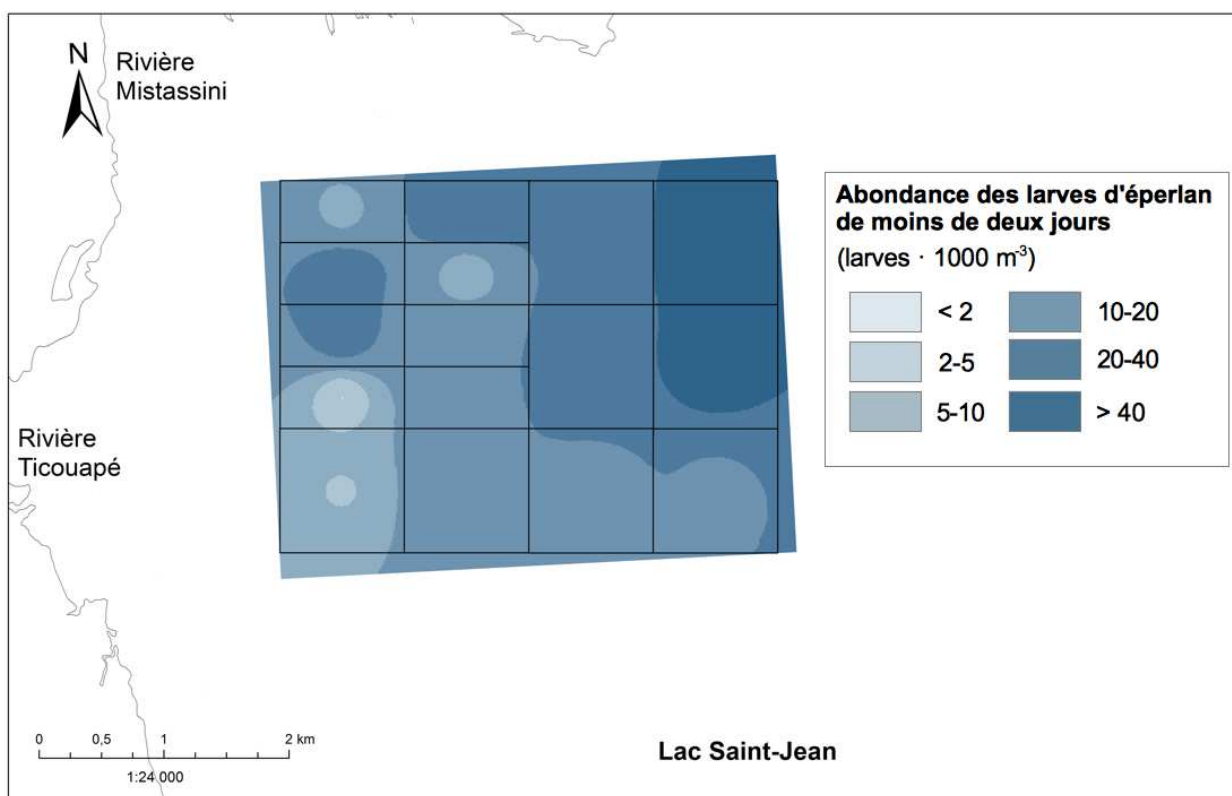


Figure 5 : Distribution estimée de l'abondance des larves d'éperlan arc-en-ciel de moins de deux jours (larves · 1000 m³) sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean. L'intensité de la couleur augmente graduellement en fonction de l'abondance cumulée des larves : les fortes abondances de larves sont représentées en bleu foncé, alors que les faibles abondances sont en bleu clair. Ce secteur avait été identifié comme un foyer de production de l'éperlan au printemps 2013.

L'échantillonnage des larves d'éperlan a débuté le 3 juin 2014, et des larves ont été détectées dès cette première journée de campagne. L'échantillonnage aurait dû débuter le 2 juin selon le calcul des degrés-jours depuis la récolte du premier œuf, mais la météo en avait décidé autrement. Les larves de stade A ont été présentes tout au long de la période d'échantillonnage : plus abondantes en début d'échantillonnage avec un pic les 4 et 5 juin, leur abondance a lentement décliné jusqu'au 10 juin. Des larves de stades plus avancés (B, C et plus) ont été capturées au début de la campagne d'échantillonnage, avec un pic d'abondance le 4 juin, et elles ont ensuite quasiment disparu des échantillons après le 6 juin (figure 6).

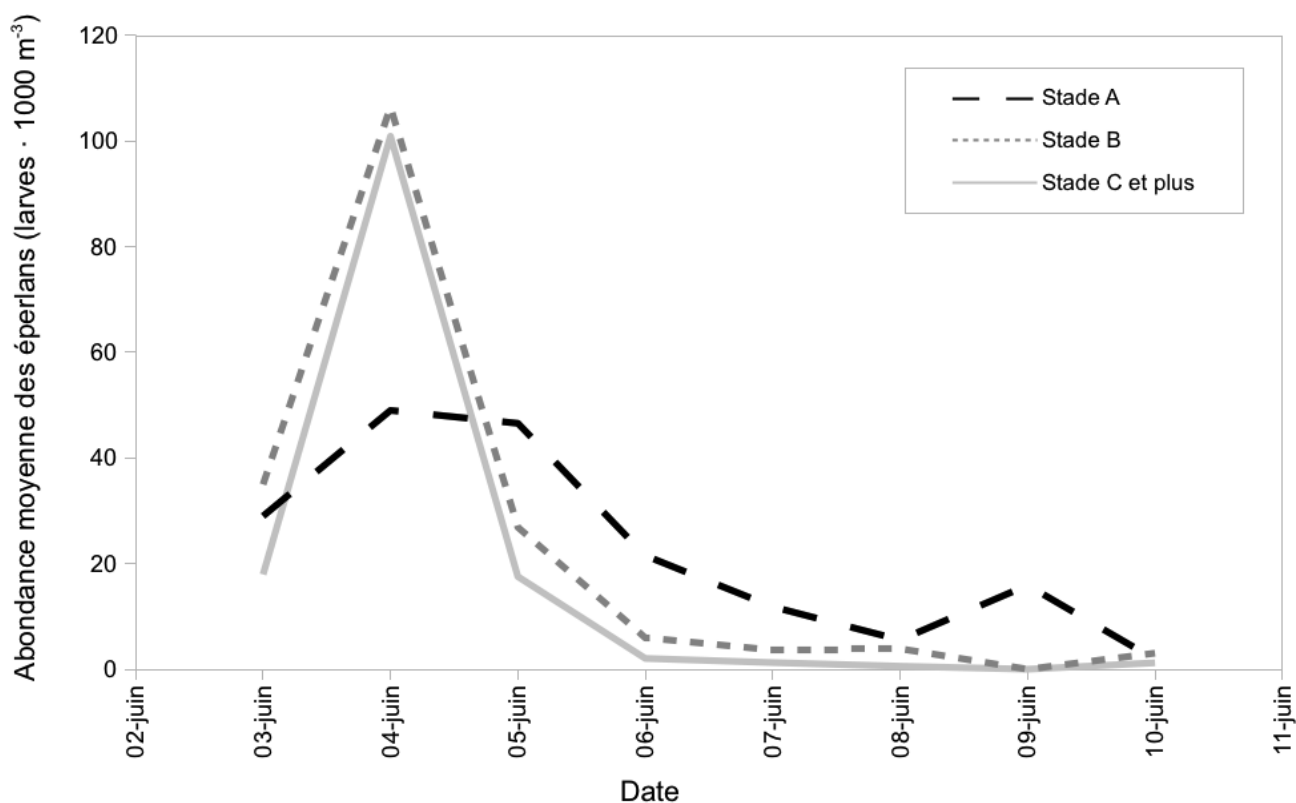


Figure 6 : Abondance moyenne des éperlans arc-en-ciel (larves · 1000 m⁻³), par stade, au lac Saint-Jean lors du printemps 2014. Le trait discontinu noir correspond aux fluctuations de l'abondance des larves de stade A, le trait hachuré gris foncé représente l'abondance des larves de stade B, et le trait continu gris celle des larves de stades C et plus.

SÉDIMENTATION

Le suivi de l'état des quatre obstacles aux courants répartis sur le haut-fond a fourni des observations intéressantes quant à l'intensité de la sédimentation dans le secteur à l'étude. Rappelons qu'il s'agit d'observations, et non de mesures. Les sacs ont été mis en place trois à quatre jours suivant le dégel du lac, peu après la remontée retour de l'eau sur le haut-fond. Aucun dépôt de sable n'était visible sur les sacs lors de la première visite, près d'un mois après leur installation (tableau 4). De la matière organique légère (un enchevêtrement d'écorce, de petites branches et de feuilles réduites en petits morceaux) était quelquefois accumulée près des sacs. De plus, des ridules plus importantes dans le sable ont été observées sur une face des obstacles Sud (S) et Ouest (O). Par contre, il est impossible de déterminer si cette petite vague de sable s'est formée au moment du dépôt du sac sur un sol plus mou, ou s'il est le fruit d'une accumulation. Lors de la seconde visite, trois mois et demi après l'installation des sacs, ces ridules n'étaient plus évidentes. Cette fois, seul l'obstacle Est (E) présentait une accumulation visible de sable sur sa face nord. Au terme de l'expérience, trois sacs sur quatre l'obstacle

présentaient une surface limoneuse et légèrement saupoudrée de sable, sauf l'obstacle Ouest. Le niveau du lac était plus bas que la moyenne estivale à cette date, et cet obstacle se trouvait à très faible profondeur (moins de 0,5 m). L'action des vagues a vraisemblablement contribué à « nettoyer » ce sac.

Tableau 4 : Description de l'état des sacs de roche utilisés comme obstacles au cours de l'été dans le cadre de l'expérience visant à qualifier l'intensité des dépôts de sédiments sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean.

	Mise en place (15 et 16 mai 2014)	Première visite (17 juin 2014)	Seconde visite et relève (1 ^{er} septembre 2014)
Ouest (O)	Niveau du lac trop bas le 15 mai, attendu au lendemain pour déposer le sac.	Sac légèrement plus enfoncé qu'ailleurs (le sable semble plus mou). Accumulation légère de matière organique sur la face nord du sac.	Pas de dépôt : ni sur le dessus, ni sur les côtés. Très peu profond à cette date.
Sud (S)		Petites ridules de sable sur la face nord du sac qui semblent récentes.	Limon vert et collant et dépôts légers sur la surface du sac, mais pas de dépôts de sable sur les côtés.
Nord (N)	Niveau du lac trop bas le 15 mai, attendu au lendemain pour déposer le sac.	Sac déposé sur des ridules de sable dur. Pas d'accumulation.	Limon vert et collant et dépôts légers sur la surface du sac, mais pas de dépôts de sable sur les côtés.
Est (E)		Petites ridules de sable. Le sable semble plus mou. Quelques feuilles mortes accumulées.	Dépôts légers sur le dessus et accumulation sur la face nord du sac.

DISCUSSION

CONFIRMATION DU SECTEUR DE FRAIE DE L'ÎLE AUX PINS

L'échantillonnage du printemps 2014 a permis la récolte d'œufs d'éperlan arc-en-ciel, confirmant ainsi un foyer de fraie de l'éperlan en lac. Ces œufs, une douzaine au total, sont les premiers observés et documentés au lac Saint-Jean. Ce nombre peut paraître faible à prime abord, mais il faut considérer l'immense territoire ciblé par l'étude (16 km²). Au plus fort de l'échantillonnage des œufs, 31 capteurs « pêchaient » simultanément, en recouvrant directement 0,00017% de la surface de fraie potentielle de l'éperlan. Même en assumant qu'un capteur rend compte d'une superficie plus vaste que la surface de ses plaques, la recherche d'œufs d'éperlan sur une aussi grande superficie est comparable à « chercher une aiguille dans une botte de foin ». Les œufs récoltés témoignent d'un effort dispersé sur un immense secteur relativement homogène. L'inspection après coup des stations avec œufs à l'aide d'une caméra infrarouge a confirmé que le substrat est essentiellement composé de sable, hormis une station où l'on retrouve les vestiges de bois de l'Île aux Pins.

La détection d'œufs d'éperlan permet d'affiner le portrait obtenu par l'étude de la distribution des larves : les œufs se déposent tout près du lieu de la ponte, alors que les larves peuvent dériver sur des distances beaucoup plus grandes. Dans une étendue d'eau aussi étendue que le lac Saint-Jean, ces deux méthodes s'avèrent complémentaires. La figure 7 en fait la démonstration. Les œufs ont été majoritairement récoltés dans la moitié ouest de l'aire d'étude, alors que deux secteurs de forte abondance de larves ont été mis en évidence : une à l'ouest de l'aire d'étude et l'autre à l'est. Les fortes abondances de larves associées à l'est de l'aire d'étude feront l'objet de discussion plus loin.

Dans la moitié ouest de l'aire d'étude, les larves ne sont pas nécessairement abondantes là où des œufs ont été récoltés. Après tout, seul un portrait partiel de la répartition des œufs est disponible. Un lien étroit entre les courants, les vents et la répartition des jeunes larves d'éperlan a été mis en évidence au printemps 2013 (voir l'annexe 1 des courants en fonction de l'origine des vents tirée de Lévesque et Sirois 2013). Les larves peuvent dériver plus ou moins loin selon la direction et l'intensité des vents qui bercent leurs premières heures de vie (< 48 h pour le stade A). Les larves de stade A ont été capturées en abondance entre le 3 et le 6 juin, avec un pic les 4 et 5 juin (figure 6). Les œufs du sud-ouest de l'aire d'échantillonnage pourraient vraisemblablement être à l'origine des larves détectées dans le nord-ouest de l'aire d'échantillonnage, en regard des vents prévalents durant cette période.

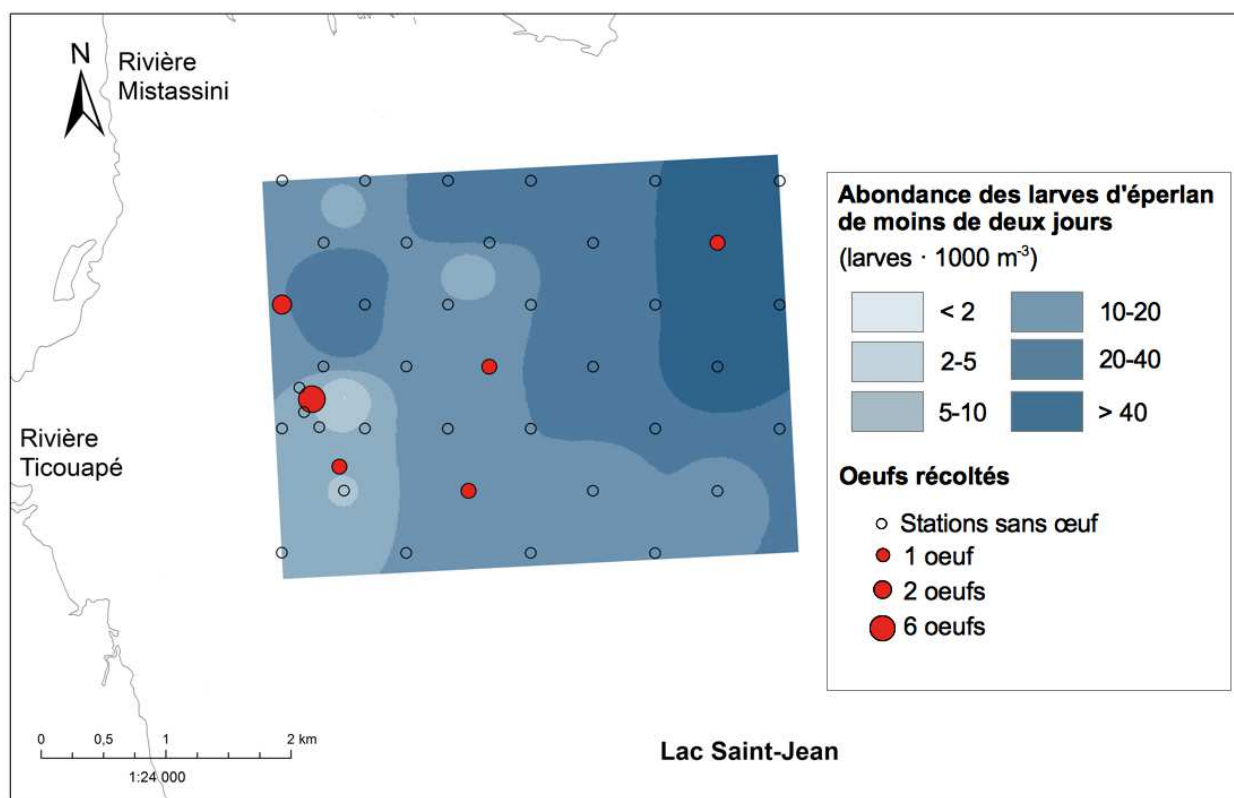


Figure 7 : Répartition des œufs d'éperlan arc-en-ciel superposée à la distribution cumulée des larves de moins de deux jours sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean. Les cercles vides correspondent aux stations sans œuf, alors que les cercles rouges indiquent la quantité d'œufs récoltés par station en fonction de la taille du point. L'abondance cumulée des larves d'éperlan de moins de deux jours (larves · 1000 m⁻³) est représentée par l'intensité de la couleur utilisée : plus claire pour les régions de faible abondance et plus foncée pour les régions de fortes abondances de larves.

VARIABILITÉ INTERANNUELLE

Les larves d'éperlan de stade A étaient légèrement moins abondantes dans le même secteur en 2014 qu'en 2013 (une moyenne de 22 larves · 1000 m⁻³ en 2014, comparativement à 41 larves · 1000 m⁻³ en 2013). Plusieurs indices indiquent qu'un foyer de fraie supplémentaire très productif était actif à l'est de la zone d'échantillonnage au printemps 2014, alors qu'il n'y avait aucune trace de ce foyer en 2013. La répartition des œufs ne peut expliquer la forte abondance des jeunes larves dans la moitié est de l'aire d'étude (figure 7).

La comparaison de la répartition spatiale des larves d'éperlan de stade A entre 2013 et 2014 démontre clairement que le foyer de production de larves d'éperlan identifié en 2013 a été moins productif en

2014 (figure 8). Par ailleurs, la distribution temporelle des larves d'éperlan montre que des larves de stade avancé (B, C et plus) étaient présentes dès le début de l'échantillonnage et qu'elles ont atteint un pic d'abondance en même temps que celle des stades A (figure 6). Les larves de stade avancé ne peuvent provenir que d'un secteur où l'eau était légèrement plus chaude. Au cours d'un échantillonnage exploratoire à l'est de l'aire d'échantillonnage (vers la plage Vauvert) le 7 juin 2014, la température de l'eau était de 16,7°C, alors qu'elle était en moyenne de 13,1°C dans l'aire d'échantillonnage à pareille date.

Ces observations supportent l'hypothèse selon laquelle les éperlans ne sont pas fidèles à un site de fraie, mais plutôt à un secteur de fraie (Lévesque 2012). Le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean est utilisé pour la fraie d'année en année, mais les sites exacts de fraie varient d'une année à l'autre. Par exemple, des éperlans adultes portant les caractéristiques physiques de la fraie et des larves ont été capturés un peu au nord de notre aire d'échantillonnage à la fin des années '90 (Michel Legault, comm. pers.; Gagnon 2005). Alors qu'en juin 1999 et 2001, des larves furent capturées en abondance tout juste au sud-est de notre aire d'échantillonnage (LASA, données non publiées).

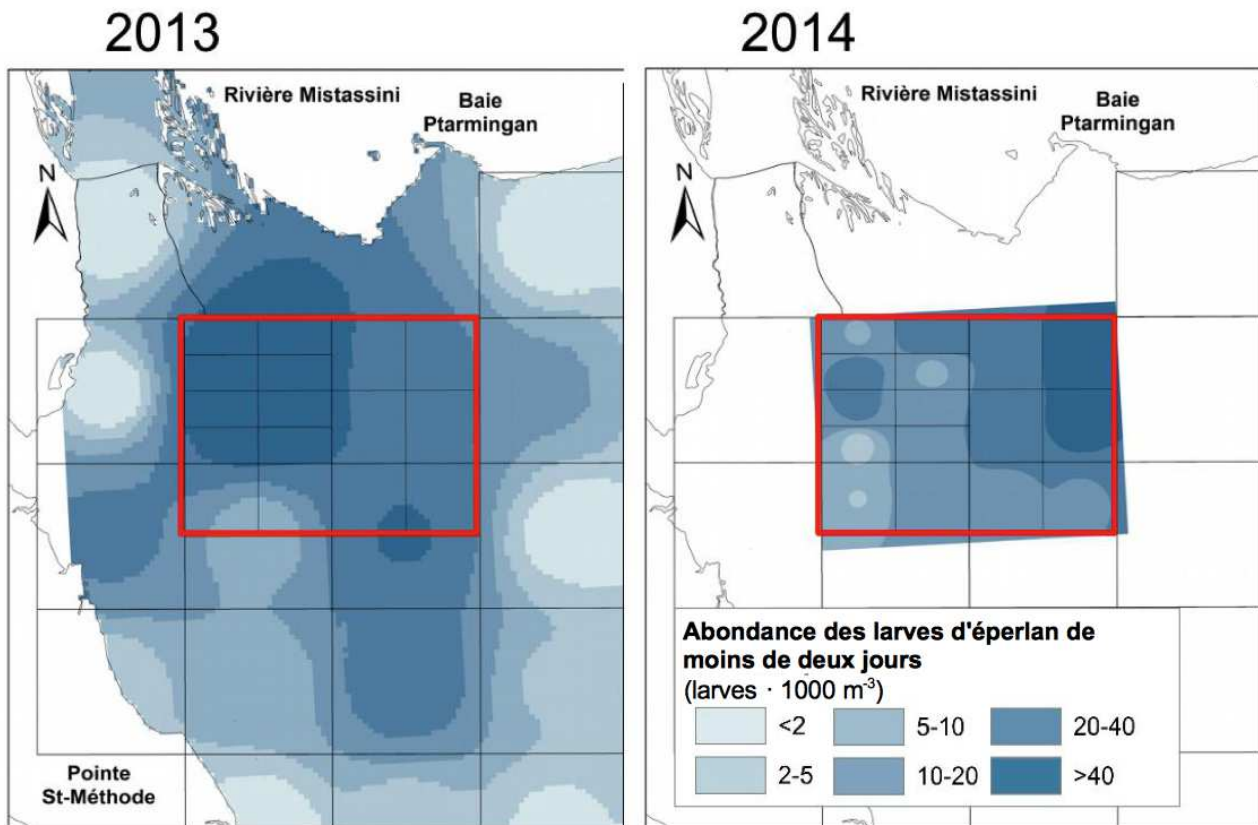


Figure 8 : Comparaison de la répartition des larves d'éperlan arc-en-ciel au nord-ouest du lac Saint-Jean en 2013 et 2014. L'abondance cumulée des larves d'éperlan de moins de deux jours (larves · 1000 m⁻³) est représentée par l'intensité de la couleur utilisée : plus clair pour les régions de faible abondance et plus foncé pour les fortes abondances de larves. Le quadrillage délimite les unités d'échantillonnage (zones). La définition était plus faible en 2013 (zones de 4 km²) qu'en 2014 (zones de 0,5 à 1 km²). Le rectangle rouge indique le secteur étudié avec une plus fine résolution spatiale en 2014.

PÉRENNITÉ DES AMÉNAGEMENTS - SÉDIMENTATION

L'expérience, menée de mai à septembre 2014, visant à qualifier l'intensité de la sédimentation sur et autour de sacs de roche faisant obstacle aux courants en différents points du haut-fond, a permis d'explorer la dynamique sédimentaire du secteur. Il ne s'est pas formé de remblai de sable évident le long des obstacles au cours de cette période. De plus, le sac posé à plus faible profondeur était propre au moment de la relève (et dernière visite), vraisemblablement nettoyé sous l'effet combiné des vagues et de la diminution du niveau du réservoir en fin d'été. Le niveau du lac est généralement abaissé en septembre et relevé par la suite. Ce processus de « nettoyage » a probablement lieu sur l'ensemble du haut-fond. Par conséquent, la sédimentation potentielle dans la région des aménagements prévus semble faible.

D'autres observations suggèrent que l'ensablement est faible sur le haut-fond. À l'extrémité ouest du haut-fond se trouvent les vestiges de l'Île aux Pins, disparue par érosion dans les années '80. Des souches et des troncs sont toujours intacts et ne paraissent pas en voie de s'ensabler, malgré les années passées. Ce constat peut être fait à pied sec très tôt au printemps, alors que le réservoir est encore bas et que les glaces sont disparues.

Enfin, une étude des courants en fonction des vents a été menée en 2013, en parallèle avec celle de la distribution des larves d'éperlan (Lévesque et Sirois 2013). Elle a démontré une circulation lente des courants sur le haut-fond vers l'ouest en cas de vents du sud-est et vers le sud en cas de vents du nord-ouest, distincte de la circulation forte et unidirectionnelle vers le sud de la masse d'eau du chenal de la rivière Mistassini. Le sable transporté par la rivière Mistassini n'atteint vraisemblablement pas le haut-fond à l'est du chenal.

CONCLUSION

L'étude du printemps 2014 a permis de valider l'utilisation du foyer de production de l'éperlan arc-en-ciel sur le haut-fond du nord-ouest du lac Saint-Jean, identifié par l'échantillonnage du printemps 2013. Cette campagne d'échantillonnage a contribué à améliorer notre compréhension de la dynamique reproductive de l'éperlan arc-en-ciel dans ce secteur du lac.

L'échantillonnage des œufs à l'aide de capteurs, une technique qui a fait ses preuves dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, a mené à la première capture répertoriée d'œufs d'éperlan arc-en-ciel dans le lac Saint-Jean. La présence d'œufs confirme l'utilisation du haut-fond par les éperlans lors de la fraie.

Par la suite, le suivi de la dérive des larves a mis en évidence la présence d'un second foyer de fraie plus à l'est de l'aire d'étude. Les travaux du printemps 2014 confirment que les éperlans utilisent année après année un même secteur de fraie, à l'intérieur duquel l'utilisation des différents sites de fraie peut varier d'une année à l'autre. Néanmoins, on peut considérer le secteur de l'Île aux Pins et ses environs comme étant un lieu de fraie récurrent, en regard de la présence de larves en 2013-2014 et d'œufs en 2014.

Enfin, l'expérience visant à qualifier l'intensité de l'ensablement sur le haut-fond suggère que la pérennité des aménagements de fraie prévus ne sera pas compromise par la sédimentation. Aucune accumulation n'a perduré à proximité des obstacles installés, et les minces dépôts sur la surface des obstacles sont vraisemblablement nettoyés sous l'action des vagues lorsque le niveau du lac diminue à l'automne. Ces observations sont corroborées par la persistance des vestiges de bois de l'Île aux Pins, érodée dans les années '80.

RÉFÉRENCES

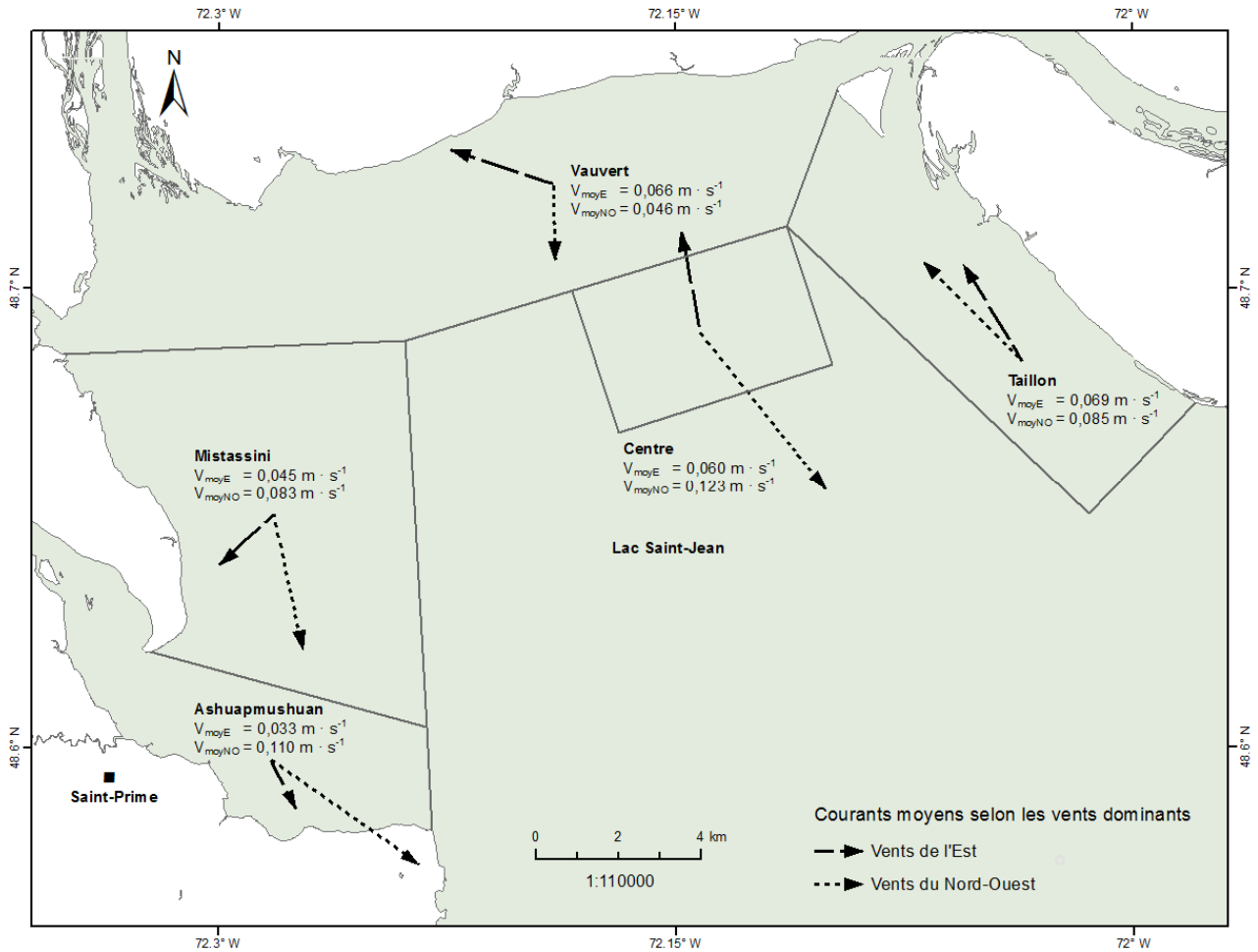
- Cooper, J. E. 1978. Identification of eggs, larvae, and juveniles of the rainbow smelt, *Osmerus mordax*, with comparisons to larval alewife, *Alosa pseudoharengus*, and gizzard shad, *Dorosoma cepedianum*. Transactions of the American Fisheries Society 107(1): 56-62.
- Dumont P., D'Amours J., Thibodeau S., Dubuc N., Verdon R., Garceau S., Bilodeau P., Mailhot Y. et R. Fortin. 2011. Effects of the development of a newly created spawning ground in the Des Prairies River (Quebec, Canada) on the reproductive success of lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*). Journal of Applied Ichthyology 27(2): 394-404.
- Fortin A.-L., Sirois P. et M. Legault. 2009. Synthèse et analyse des connaissances sur la ouananiche et l'éperlan arc-en-ciel du lac Saint-Jean. Québec, Université du Québec à Chicoutimi, Laboratoire des sciences aquatiques, et Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats: 137.
- Fuda, K. M., B. M. Smith, M. P. Lesser, B. J. Legare, H. R. Breig, R. B. Stack et D. L. Berlinsky. 2007. The effects of environmental factors on rainbow smelt *Osmerus mordax* embryos and larvae. Journal of Fish Biology 71(2): 539-549.
- Jones M. L., Netto J. K., Stockwell J. D. et J. B. Mion. 2003. Does the value of newly accessible spawning habitat for walleye (*Stizostedion vitreum*) depend on its location relative to nursery habitats? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 60(12): 1527-1538.
- Legendre, P. et Legendre, L. 1998. Numerical Ecology. Second English Edition. Developments in Environmental Modelling, 20. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 853 p.
- Lévesque, S. 2012. La reproduction de l'éperlan arc-en-ciel : étude de cas de l'éperlan du lac Saint-Jean. Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées. Université du Québec à Chicoutimi. 111 p.

Lévesque, S. et P. Sirois. 2013. Production et dérive des larves d'éperlan arc-en-ciel au lac Saint-Jean, Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées. Université du Québec à Chicoutimi.

Sirois P., Marion A., Plourde J., Plourde S. et M. Legault. 2011. Carrying capacity of Lake Saint-Jean for rainbow smelt. Proceedings of the Fourth North American workshop on rainbow smelt, Portland, Maine, Maine Department of Marine Resources, New Hampshire Department of Fish and Game and Massachusetts Division of Marine Fisheries.

ANNEXES

Annexe 1 : Représentation des courants moyens dans différents secteurs du lac Saint-Jean en fonction de l'origine des vents les plus fréquents au printemps 2013. L'échelle des vecteurs de courants est indépendante de celle de la carte. Les tirets longs montrent les courants associés aux vents de l'est alors que les tirets fins montrent les courants associés aux vents du nord-ouest. Tiré de Lévesque et Sirois (2013).



Annexe 2 : Carte bathymétrique du lac Saint-Jean (Service hydrographique du Canada, 1979-81, 1986), et compléments d'information géographique.

