

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE
EN RESSOURCES RENOUVELABLES

par
Karine Gagnon

Distribution et abondance des larves d'éperlan arc-en-ciel
(*Osmerus mordax*) au lac Saint-Jean

Août 2005



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

RÉSUMÉ

La pêche à la ouananiche (*Salmo salar*) au lac Saint-Jean génère une activité économique importante au Saguenay – Lac-Saint-Jean, ayant même été désignée emblème animalier régional. Malheureusement, les succès de pêche, le nombre de reproducteurs remontant les rivières et la croissance de la ouananiche varient énormément d'une année à l'autre. L'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), qui représente la majorité des proies de la ouananiche, est la principale cause des fluctuations d'abondance de ce saumon d'eau douce, durant sa phase lacustre. L'abondance de l'éperlan influence la croissance et la survie de la ouananiche, particulièrement durant sa première année en lac.

Afin de mieux connaître la biologie de l'éperlan, un programme de recherche a été mis sur pied. Avant 1995, aucun site de fraie d'éperlan n'était connu au lac Saint-Jean. Un volet du programme a donc porté sur la localisation et la caractérisation des sites de reproduction de l'éperlan. Les objectifs de cette étude sont de (1) décrire la dérive des larves de façon spatio-temporelle dans les rivières Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka afin d'y localiser les sites de reproduction, (2) de décrire la distribution spatiale et temporelle des larves dans le lac Saint-Jean en fonction de différents facteurs et (3) de vérifier si la dispersion des larves dans le lac Saint-Jean concorde avec les patrons de distribution des courants de surface, engendrés par les vents dominants.

Pour rencontrer nos objectifs nous avons échantillonné les larves d'éperlan dans trois rivières (Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka) et sur toute la superficie du lac Saint-Jean (15 stations riveraines et 10 pélagiques), en 1998 et 1999. Au laboratoire, les larves d'éperlan ont été mesurées, comptées et triées par stade de développement (A à G, où les larves de stades A et B sont encore vésiculées et âgées entre zéro et deux jours).

Selon nos résultats, il existe trois principaux sites de fraie, situés dans la partie nord du lac Saint-Jean, plus spécifiquement, dans les rivières Péribonka, Ashuapmushuan et Mistassini. Nous avons observé que la dérive des larves est rapide, puisqu'elles n'ont pas une capacité natatoire développée. Elles sont entraînées au gré des courants et un à deux jours après l'éclosion, les larves ont quitté leur rivière natale. D'une année à l'autre, l'emplacement du site de fraie dans la rivière Ashuapmushuan peut varier quelque peu. L'incubation dans la rivière Péribonka est la plus longue et elle est la plus importante rivière en terme de production de larves. Nous avons aussi observé que la température de l'eau peut faire varier l'arrivée des premières larves au lac Saint-Jean. Une fois dans le lac Saint-Jean, le déplacement latéral des larves d'éperlan est fonction des courants du lac, qui eux sont fonction des vents dominants. En 1998, une dominance des vents nord-ouest auraient rapidement dispersé les larves du nord, où on retrouve les sites de reproduction, vers le sud du lac. En 1999, les premières larves arrivées au lac Saint-Jean étaient également situées au nord, près des sites de reproduction et durant la période qui a suivi leur apparition dans le lac, on a enregistré des vents dominants du sud-est, ce qui aurait

confiné les larves des stades de développement A à C dans le secteur nord. Ensuite les vents se sont inversés (ouest et ouest-nord-ouest), dispersant rapidement les larves vers le sud et sur toute la superficie du lac. En 1998, des protolarves furent capturées au sud-ouest du lac; à ce moment on enregistrait des vents d'est-sud-est, suggérant alors que ces larves proviendraient d'un site de reproduction dans ce secteur et non du nord, en référence à la rivière Ashuapmushuan. D'ailleurs, en 1996 et 1997, des rassemblements de reproducteurs ont été capturés près de l'embouchure de la rivière Ouatichouane.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements sont d'abord dédiés à mes directeurs, Raynald Côté (Ph. D), professeur à l'UQAC et Michel Legault, M. Sc, (biologie) du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) pour avoir accepté de me superviser dans ce projet.

J'aimerais aussi souligner la remarquable aide technique reçue de MM. Omer Gauthier, Gilles Mercier, Philippe Thibault, Alain Lapointe, Robert Dumont, Robert Saint-Laurent et Guillaume Dallaire lors de l'échantillonnage sur le terrain.

Je remercie également le professeur Pascal Sirois (Ph. D) pour ses judicieux commentaires et Madame Anne-Lise Fortin, M. Sc, (ressources renouvelables) avec qui j'ai échangé sur mes résultats pour son support moral et technique.

La présente étude a été rendue possible grâce à la participation financière de l'UQAC, du MRNF, de la Corporation de LACTivité Pêche Lac-Saint-Jean (CLAP), de l'Université Laval et de la Fondation de la faune du Québec (FFQ). Merci à tous ces précieux partenaires.

TABLES DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	i
REMERCIEMENTS.....	iii
TABLES DES MATIÈRES	iv
Liste des figures	v
Liste des tableaux.....	viii
Liste des annexes	ix
Avant-propos	1
1. Introduction	2
1.2 Importance de l'éperlan comme poisson fourrage	5
1.3 Biologie de l'éperlan	8
1.3.1 Distribution	8
1.3.2 Fraie	8
1.3.3 Incubation.....	10
1.3.4 Éclosion et dérive larvaire.....	11
1.4 Objectifs	13
2 Matériel et méthodes	14
2.1 Description du site d'étude	15
2.2 Échantillonnage en rivières	17
2.3 Échantillonnage en lac	20
2.4 Travail en laboratoire	23
3. Résultats	26
3.1 Caractéristiques physiques	27
3.1.1 Température de l'eau	27
3.1.2 Vents	30
3.2 Caractéristiques des larves d'éperlan	32
3.3 Distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan en rivières.....	37
3.4 Distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan en lac	44
3.5 Abondance temporelle des larves d'éperlan en lac versus en rivières	56
3.6 Estimé des dates de fraie dans les rivières	58
4. Discussion	60
4.1 Caractéristiques des larves d'éperlan	61
4.2 Dérive des larves d'éperlan en rivières	64
4.2.1 Localisation des sites de fraie en rivières.....	64
4.2.2 Comparaison de l'abondance entre rivières	67
4.2.3 Estimé des dates de fraie dans les rivières	67
4.3 Dispersion des larves d'éperlan en lac	68
4.3.1 Localisation de nouveaux sites potentiels de reproduction.....	73
5. Conclusion	75
Références.....	79
Annexes.....	86

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation géographique et bathymétrie du lac Saint Jean.....	16
Figure 2 : Localisation des secteurs échantillonnés en 1998 et en 1999 dans les rivières Péribonka 1998 (a), Mistassini 1999 (b) et Ashuapmushuan 1998 et 1999 (c). La ligne et les points représentent la longueur (km), du secteur échantillonné à partir de l'embouchure de la rivière.....	18
Figure 3: Localisation des stations d'échantillonnage au lac Saint-Jean en 1998 (a) et en 1999 (b).	20
Figure 4 : Filets à plancton utilisés pour l'échantillonnage.	22
Figure 5: Stades de développement des larves d'éperlan arc-en-ciel (Tirée avec permission de Cooper, 1978).....	25
Figure 6 : Évolution de la température des eaux de surface en 1998 (a) et en 1999 (b et c); mesurée dans les rivières Ashuapmushuan, Péribonka, Mistassini et dans le lac Saint-Jean.	28
Figure 7 : Température moyenne des eaux de surface mesurée aux mêmes stations et durant les 20 jours suivant l'apparition des premières larves, en fonction de l'année d'échantillonnage. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 % et les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre d'échantillons.	29
Figure 8 : Caractéristiques des vents mesurés au lac Saint-Jean (station Mistouk), pour la période du 15 mai au 15 juin 1998 (a) et du 25 mai au 25 juin 1999 (b).....	31
Figure 9 : Longueur totale moyenne (mm) des larves d'éperlan arc-en-ciel en fonction de leur stade de développement (en rivière, stade A seulement et en lac, stades A à G), en 1998 (a) et en 1999 (b). Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 %. Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de larves dans l'échantillon. Les lettres minuscules en caractères gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement.	33
Figure 10 : Âge moyen (jour) des larves d'éperlan arc-en-ciel aux stades de développement A à C. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 %. Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de larves dans l'échantillon. Les lettres minuscules en caractères gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement.....	35
Figure 11 : Longueur totale moyenne (mm) des larves d'éperlans arc-en-ciel aux stades de développement A à C, en fonction du diamètre moyen des otolithes sagittales gauche et droite.	35

- Figure 12 : Indice de la superficie du sac vitellin (mm^2) des larves d'éperlan arc-en-ciel au stade de développement A, en fonction de leur site de capture en 1998 et en 1999. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 %. Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de larves dans l'échantillon. Les lettres minuscules en caractères gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement.36
- Figure 13 : Abondance relative (nombre / 20 min) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C, capturées dans la rivière Péribonka les 25 et 26 mai (a), du 27 au 29 mai (b) et du 30 mai au 1^{er} juin 1998 (c).38
- Figure 14 : Abondance relative (nombre / 20 min) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel du stade A, capturées dans la rivière Ashuapmushuan du 13 au 17 mai 1998 (a), du 18 au 20 mai 1998 (b) et 21 au 26 mai 1998 (c). ..40
- Figure 15 : Abondance relative (nombre / 20 min) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel du stade A et B, capturées dans la rivière Ashuapmushuan du 26 au 28 mai 1999 (a), le 29 mai 1999 (b) et le 31 mai 1999 (c).41
- Figure 16 : Abondance relative (nombre / 20 min) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à D, capturées dans l'embouchure de la rivière Mistassini le 28 mai 1999 (a), le 30 mai 1999 (b) et les 31 mai et 1^{er} juin 1999 (c).43
- Figure 17 : Nombre moyen de larves d'éperlan arc-en-ciel (nombre / 1 000 m^3) capturées aux différentes stations du lac Saint-Jean à diverses profondeurs d'échantillonnage en mai et juin 1998 (a) et 1999 (b). Les lettres minuscules en caractère gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 % et les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre d'échantillons. 45
- Figure 18 : Nombre moyen de larves d'éperlan arc-en-ciel (nombre / 1 000 m^3) capturées aux différentes stations du lac Saint-Jean en fonction de l'isobathe échantillonné en mai et juin 1998 (a) et 1999 (b). Les lettres minuscules en caractères gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 % et les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre d'échantillons.47
- Figure 19: Distribution spatiale et abondance (nombre / 1 000 m^3) des larves d'éperlan arc-en-ciel capturées du 18 mai au 12 juin 1998, pour chaque stade de développement; stade A (a), B (b), C (c), D (d) et E (e) et au différentes stations du lac Saint-Jean. Les cercles représentent l'abondance par station et les étoiles indiquent les stations où aucune larve n'a été capturée.49

- Figure 20: Distribution spatiale et abondance (nombre / 1 000 m³) des larves d'éperlan arc-en-ciel capturées du 29 mai au 28 juin 1999, pour chaque stade de développement : stades A (a), B (b), C (c), D (d), E (e), F (f) et G (g) aux différentes stations du lac Saint-Jean. Les cercles représentent l'abondance par station et les étoiles indiquent les stations où aucune larve n'a été capturée.....51
- Figure 21: Abondance (nombre / 1 000 m³) et distribution spatiale et temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel aux stades A et B en 1998; du 14 au 16 mai (a), du 18 au 20 mai (b) les 24 et 25 mai (c), les 27 et 28 mai (d), du 31 mai au 2 juin (e), les 7 et 8 juin (f) et les 9 et 10 juin (g). Les cercles représentent l'abondance par station et les étoiles indiquent les stations où aucune larve n'a été capturée.....53
- Figure 22: Abondance (nombre / 1 000 m³) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel du stade A et B en 1999; du 22 au 28 mai (a), le 29 mai (b), les 31 mai et 1^{er} juin (c), les 2 et 3 juin (d), le 4 juin (e) et les 6 et 7 juin (f). Les cercles représentent l'abondance par station et les étoiles indiquent les stations où aucune larve n'a été capturée.55
- Figure 23 Abondance des larves aux stades A et B en rivière (nombre / 20 min) et en lac (nombre / 1 000 m³) aux stations situées près de l'embouchure de la rivière Péribonka en 1998 (a), de la rivière Mistassini en 1999 (b), de la rivière Ashuapmushuan en 1998 (c) et en 1999 (d). Les bandes d'épaisseurs différentes représentent l'intervalle de l'abondance indiqué dans la légende.57
- Figure 24 : Distribution et vitesse des courants de surface en lac en fonction des vents dominants en provenant du nord-est (a), du sud-ouest (b) et du nord-ouest (c), tiré de Leclerc (1985).....71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre de chalutage par station, en 1998 et en 1999.	21
Tableau 2: Longueur totale moyenne (LT) des larves d'éperlan arc-en-ciel aux stades de développement A à G, capturées au lac Saint-Jean et en rivières en 1998 et en 1999.....	34
Tableau 3 : Température, durée de l'incubation et le nombre de degré jours de l'incubation de différents auteurs.	58
Tableau 4 : Estimation des dates de fraie et de la durée de l'incubation des œufs d'éperlan des rivières Péribonka, Ashuapmushuan et Mistassini, en 1998 et en 1999.....	59

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Coordonnées géographiques, profondeur d'échantillonnage à partir de la surface et profondeur moyenne pour les stations pélagiques.	87
Annexe 2 : Coordonnées géographiques, isobathes et profondeur d'échantillonnage à partir de la surface, pour les stations riveraines, en 1998 et en 1999.	88
Annexe 3 : Vitesse moyenne et fréquence des vents du lac Saint-Jean, pour trois périodes entre le 15 mai et le 15 juin 1998.....	89
Annexe 4 : Vitesse moyenne et fréquence des vents du lac Saint-Jean, pour deux périodes entre le 25 mai et le 25 juin 1999.....	90
Annexe 5 : Coordonnées géographiques et abondance relative (nombre / 20 min) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C capturées dans la rivière Péribonka en 1998.....	91
Annexe 6 : Coordonnées géographiques et abondance relative (nombre / 20 min) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C capturées dans la rivière Ashuapmushuan en 1998.....	92
Annexe 7 : Coordonnées géographiques et abondance relative (nombre / 20 min) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C capturées dans la rivière Ashuapmushuan en 1999.....	93
Annexe 8 : Coordonnées géographiques et abondance relative (nombre / 20 min) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C capturées dans la rivière Mistassini en 1999.....	94
Annexe 9 : Abondance (nombre / 1 000m ³) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à E capturées dans le lac Saint-Jean du 18 mai au 12 juin 1998.....	95
Annexe 10 : Abondance (nombre / 1 000m ³) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à E capturées dans le lac Saint-Jean du 29 mai au 28 juin 1999.....	96
Annexe 11 : Abondance (nombre / 1 000m ³) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A et B capturées dans le lac Saint-Jean en 1998.....	97
Annexe 12 : Abondance (nombre / 1 000m ³) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A et B capturées dans le lac Saint-Jean en 1999.....	98

AVANT-PROPOS

L'éperlan arc-en-ciel constitue la principale source alimentaire des espèces piscivores au lac Saint-Jean, seules quelques études ont contribué à l'avancement des connaissances sur la dynamique des populations dans ce plan d'eau. Afin de mieux connaître la biologie de l'éperlan arc-en-ciel, un programme de recherche a été mis sur pied. Celui-ci regroupe différents intervenants, tels le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), l'Université Laval (UL) et la Corporation LACTivité Pêche Lac-Saint-Jean (CLAP).

1. INTRODUCTION

La faune piscicole du lac Saint-Jean comprend 27 espèces, dont l'une a fait la renommée de la région; il s'agit de la ouananiche (*Salmo salar*). Les pêcheurs qui fréquentent ce plan d'eau l'apprécient pour sa grande combativité. Dans les années 1880, grâce à la venue du chemin de fer, l'américain Horace Beemer développa et fit découvrir au monde entier le potentiel touristique du Lac Saint-Jean, relié à la pêche sportive à la ouananiche (Gingras, 1994). En fait, le lac Saint-Jean est le plus grand plan d'eau à ouananiche en Amérique du Nord (Legault 2001). Aujourd'hui, lorsque la ressource est abondante, la pêche sportive génère des millions de dollars en retombées socio-économiques locales et régionales soit 12 M en 2000 (Comm. pers., Marc Archer, directeur de la CLAP).

Malheureusement, au fur et à mesure que la ressource fut exploitée par la pêche sportive, traditionnelle et par le braconnage, un déclin important de la ressource a été observé à partir de 1980. La situation de la ouananiche est alors devenue précaire, atteignant un seuil critique en 1985 (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1990).

Suite à ces constatations, un plan de redressement a été mis en place dès 1986. Ce programme a permis entre autre d'amener des mesures réglementaires plus sévères pour la pêche sportive, d'implanter un programme d'ensemencement intensif au début des années 1990 et d'élaborer un programme d'acquisition de connaissances sur la ouananiche et ses habitats (PACOH) qui a débuté en 1995. Ce n'est qu'à partir de 1995-96 que les

indicateurs biologiques de la ouananiche se sont mis à remonter et atteindre, en 1998, des niveaux jamais vus en 25 ans. Malgré les efforts déployés, les stocks de ouananiches se sont effondrés à nouveau à partir de l'an 2000.

Un volet du programme de recherche a porté sur la localisation et la caractérisation des sites de reproduction de l'éperlan arc-en-ciel, principale nourriture de la ouananiche. Avant 1995, aucun site de fraie d'éperlan n'était connu au lac Saint-Jean. .

Des inventaires réalisés en 1996 et 1997 en lac et dans l'ensemble des tributaires, ont permis d'établir que trois tributaires étaient utilisés pour la reproduction, soit les rivières Ashuapmushuan, Mistassini, Péribonka et qu'une activité de reproduction avait lieu dans les environs de la rivière Ouiatchouane. À cause de leur grande superficie, il n'a pas été possible de localiser les sites de fraie dans les trois premiers tributaires.

1.2 Importance de l'éperlan comme poisson fourrage

Les connaissances acquises à ce jour ont permis d'établir que l'abondance de l'éperlan est le principal facteur limitant la productivité de la ouananiche durant sa phase lacustre au lac Saint-Jean (Comm. pers., Michel Legault, FAPAQ). À partir du printemps et jusqu'à la mi-juillet, la ouananiche se nourrit surtout d'insectes mais dès la mi-juillet, sa consommation d'éperlans augmente de façon importante (Centre Écologique du Lac St-Jean, 1989; Mahy, 1975). Au mois d'août, l'éperlan arc-en-ciel constitue environ 80% du régime alimentaire de la ouananiche (Lefebvre 2003, Nadon, 1991; Centre Écologique du Lac St-Jean, 1989; Valentine, 1989; Mahy, 1975). Valentine (1991) a conclu que la ouananiche est spécialisée dans son alimentation, se nourrissant principalement de jeunes éperlans qui proviennent probablement de la production annuelle. Ceci expliquerait leur non disponibilité comme proie avant cette date.

Ce phénomène n'a pas été observé seulement au lac Saint-Jean. Sayers et *al.* (1989), l'ont également observé en période hivernale au lac Schoodic aux États-Unis lors d'une étude sur l'alimentation de la ouananiche. Ils ont également remarqué qu'en période de faible abondance de l'éperlan, la ouananiche se nourrit de larves d'insectes ou d'autres espèces de poissons et que sa croissance est plus faible.

Dans une étude publiée en 1967, Legendre mentionne que dans les lacs où la ouananiche fut introduite, notamment dans les lacs au Sorcier, à la Truite, Mégantic,

Tremblant, Memphrémagog et le Grand lac Jacques-Cartier, le succès de l'implantation est conditionnel à la présence de l'éperlan, qu'il soit introduit ou indigène.

Kendall et Havey (1985) rapportent également plusieurs exemples de lacs situés au Maine, où la ouananiche partage le même milieu que l'éperlan, particulièrement dans les lacs Moosehead, Fish River, Portage, Long et Sebago. L'analyse des contenus stomacaux des ouananiches révèle que les éperlans consommés sont toujours de « jeunes formes translucides ». Kendall et Havey (1985) mentionnent que dans le lac Schoodic, la croissance des ouananiches s'est mise à augmenter significativement en 1968, soit après l'introduction d'éperlans puis trois ans plus tard, suite à un déclin de l'abondance de l'éperlan, la croissance de la ouananiche a chuté drastiquement.

Les populations d'éperlan présentent de fortes variations d'abondance, ce qui est un désavantage pour un prédateur comme la ouananiche qui en fait sa proie principale (Legault, 1998). Plus spécifiquement, l'abondance de l'éperlan arc-en-ciel peut avoir des incidences sur la croissance de la ouananiche, sur sa condition et indirectement sur sa fécondité et le recrutement (Legault, 1998). Selon la littérature, les fluctuations de l'abondance des stocks d'éperlan ont diverses causes : l'environnement, la maladie, les parasites, la pression de pêche, les relations interspécifiques, le recrutement et le cannibalisme (Lachance, 1995); en voici quelques exemples. En 1944 les Grands Lacs, ont vécu une baisse importante des stocks d'éperlan et il semble qu'elle soit due à une maladie

de type virale (Wells et McLain, 1972). Suite à l'arrêt de la pêche commerciale sur les frayères, dans le secteur South Bay au lac Huron, l'éperlan a vu son abondance croître progressivement (Frie et Spangler, 1985). De même, au lac Champlain, suite à un contrôle expérimental de la lamproie marine, la mortalité des salmonidés a considérablement diminué et conséquemment, la pression de prédation sur l'éperlan s'est intensifiée, faisant ainsi diminuer son abondance relative (LaBar, 1993). O'Gorman et *al.* (1987) indiquent que les cycles d'abondance prononcés observés chez l'éperlan arc-en-ciel aux lacs Ontario et Érié, sont dû au cannibalisme des individus d'un an sur les jeunes de l'année.

L'éperlan est un mets de choix pour plusieurs espèces piscivores au lac Saint-Jean, augmentant ainsi le niveau de prédation; par exemple, le régime alimentaire du grand brochet est constitué à 65,5 % d'éperlans (Mahy, 1975). Mahy, en 1975 avait également constaté que 78 % des estomacs de doré du bassin de la rivière Ashuapmushuane et 36,7 % des estomacs de ceux du lac Saint-Jean contenaient des éperlans.

Selon plusieurs auteurs, le facteur qui semble avoir le plus d'impact sur la dynamique des populations de l'éperlan arc-en-ciel serait la relation intraspécifique de cannibalisme (Lachance, 1995). Dans le lac Saint-Jean, ce facteur semble secondaire puisqu'une étude du régime alimentaire de l'éperlan mentionne qu'il se nourrit de diptères, de zooplancton et de jeunes menés émeraude, toutefois on ne mentionne pas la taille des éperlans capturés (Desjardins, 1989).

1.3 Biologie de l'éperlan

1.3.1 Distribution

L'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) est une espèce anadrome dont la distribution est limitée au bassin côtier de l'Atlantique, depuis le New Jersey jusqu'au Labrador (Scott et Crossman, 1974). En plus des populations anadromes, des populations d'eau douce indigènes sont largement répandues dans plusieurs régions de l'Amérique du Nord, notamment dans plusieurs lacs du bassin du fleuve Saint-Laurent au Québec, tels les lacs Saint-Jean, Édouard, Memphrémagog et Champlain (Scott et Crossman, 1974), ainsi que dans plusieurs lacs du Maine (Kendall et Havey, 1985). L'aire de distribution de l'éperlan s'est étendue aux Grands Lacs, sauf au lac Ontario, au début du XX^e siècle, suite auxensemencements qui ont eu lieu dans les rivières et les cours d'eaux du bassin des Grands Lacs (Scott et Crossman, 1974).

1.3.2 Fraie

Les populations d'éperlan restreintes à un plan d'eau ont conservé un comportement du type anadrome, c'est-à-dire qu'elles quittent le lac pour frayer en rivières ou dans des petits ruisseaux (Lachance, 1995; Scott et Crossman, 1974). Les caractéristiques d'une frayère à éperlan sont variables; dans la rivière Ouelle, Brassard et Tardif (1994) ont observé des œufs sur un banc uniforme, légèrement surélevé formé de gravier et de cailloux. De plus, Brassard et Verreault (1995) indiquent qu'il est préférable que le site soit

dépourvu d'algues et de particules fines. La vitesse du courant est aussi une caractéristique importante à considérer. Par exemple, Lawton et *al.* (1999) ont observé que dans la rivière Jones (Massachusetts), les vitesses se situent entre 1,2 et 1,8 m/s tandis qu'au ruisseau de l'Écluse (Rivière aux Rats), Lapointe (2002) a observé une vitesse variant entre 1,27 et 1,31 m/s. Toutefois, il semble que ce soit la structure des obstacles (longueur et forme) et la distance entre ces derniers qui freinent la progression de l'éperlan (Brassard et Verreault, 1995).

Il existe des mentions de fraie en lac, sur des hauts-fonds graveleux et parfois en eau profonde. Rupp (1965) (dans Scott et Crossman, 1974) a observé ce phénomène dans la région des Grands Lacs lorsque le temps est exceptionnellement orageux en période de fraie. Plosila (1984) a également observé de la fraie dans le lac Champlain ainsi que Bourassa et Lesage (1973) au lac Kénogami. Rupp (1965) mentionne la présence de 12 sites de fraie en lac sur les plages et les hauts-fonds du lac Branch au Maine, où la fraie, près des rives, peut être aussi importante qu'en rivière.

Ivanova et Polovkova (1972) ont étudié la structure d'âge de deux types d'éperlan d'eau douce (*Osmerus eperlanus*) dans le lac réservoir Rybinsk. L'un d'eux, le *stock snetok*, fraie en lac, c'est-à-dire près du rivage ou dans l'embouchure des rivières, à des profondeurs variant entre 0,4 et 3,7 mètres. L'autre, le *stock koryushka*, fraie en rivière, à un ou deux mètres de profondeur dans la végétation. Les auteurs concluent cependant que

le *stock snetok* utilise les deux types de frayère durant son cycle de vie, soit en lac, lorsqu'il est jeune (1+ et 2+) et en rivière, lorsqu'il est plus âgé.

La fraie de l'éperlan débute au printemps, quelques jours suivant la fonte des glaces (Lachance, 1995; Scott et Crossman, 1974). Cette activité se déroule la nuit (Scott et Crossman, 1974) et peut durer jusqu'à 30 jours dans la rivière Saguenay (Lesueur et Bouchard, 1995), 15 jours au ruisseau de l'Église (Larose et Bouchard, 1997) et 4 jours au ruisseau de l'Écluse (Lapointe, 2002). La température de l'eau, lors de cette période, varie entre 4 et 12°C dans la rivière Saguenay ainsi qu'au ruisseau de l'Église et entre 12,5 et 13,3°C au ruisseau de l'Écluse. En 2003, au ruisseau de l'Écluse, les premières activités de fraie ont débuté à une température de 9,2°C (Gagnon, 2003).

1.3.3 Incubation

Une fois pondus, les œufs d'éperlan se gonflent pour atteindre un diamètre d'environ 1 mm. Étant plus denses que l'eau, ils descendent vers le fond et adhèrent au substrat grâce à l'enveloppe externe de l'œuf (Cooper, 1978; Scott et Crossman, 1974). Le temps d'incubation des œufs d'éperlan est variable selon la température de l'eau. Larose et Bouchard (1997) ont mesuré une période de 12 à 18 jours au ruisseau de l'Église tandis que Cooper (1978) a mesuré 8 jours à une température moyenne de 16,5°C.

1.3.4 Éclosion et dérive larvaire

À l'éclosion, qui se déroule surtout à la tombée de la nuit (Ouellet et Dodson, 1985b), les larves mesurent entre 5 mm (Cooper, 1978; Scott et Crossman, 1974) et 7 mm (Larose et Bouchard, 1997). En conditions naturelles, les larves nagent dans la colonne d'eau, dès leur éclosion, mais leur dispersion longitudinale est influencée par la vitesse d'écoulement du cours d'eau (Robinson et *al.*, 1998; Ouellet et Dodson, 1985b). Les larves sont transportées passivement dans la rivière et se dispersent rapidement du lieu d'éclosion, soit vers le lac ou l'estuaire (Robinson et *al.*, 1998; Johnston et Cheverie, 1988; Dunstall, 1984; Tin et Jude, 1983; Scott et Crossman, 1974). L'abondance des larves en dérive dans la rivière est plus importante en zone profonde où le courant du chenal est rapide (Jude et *al.*, 1998).

Dans le lac Ontario, les larves fraîchement écloses sont concentrées en surface et près de la rive mais peu de temps après, l'abondance décline rapidement puisqu'elles se sont éloignées de la rive vers les strates profondes (Dunstall, 1984). Dans le lac Huron, O'Gorman (1983) a observé que les larves d'éperlan sont plus abondantes dans les baies et où le littoral est irrégulier, à des profondeurs variant entre 2 et 6 mètres de la surface.

Dans le fleuve Saint-Laurent, les éperlans de la rive nord fraient dans le fleuve lui-même et les larves, lorsqu'elles atteignent l'estuaire moyen du fleuve, effectuent des migrations verticales dans la colonne d'eau pour mettre à profit le jeu des marées. Elles

préviennent la dévalaison vers l'aval en se rapprochant du fond à marée baissante et retourne vers l'amont en remontant près de la surface à marée montante (Lecompte et Dodson, 2004; Laprise et Dodson, 1989). Le comportement des larves provenant de la rive sud du fleuve Saint-Laurent est différent : après l'éclosion elles dévalent des rivières vers les grandes baies de la rive sud où elles y passeront l'été en se maintenant près du rivage dans la zone littorale (Lecompte et Dodson, 2004).

1.4 Objectifs

La présente étude vise trois (3) objectifs :

1. Décrire la dérive des larves de façon spatio-temporelle dans les rivières Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka afin d'y localiser les sites de reproduction, où la localisation, l'abondance et le stade de développement des larves seront considérés.
2. Décrire la distribution spatiale et temporelle des larves dans le lac Saint-Jean en fonction de la localisation des sites de reproduction connus, de la direction des vents dominants et de l'écoulement des eaux de surface. Ces connaissances permettraient ainsi de déterminer la présence de sites de reproduction autre que ceux connus.
3. Vérifier si la dispersion des larves dans le lac Saint-Jean concorde avec les patrons de distribution des courants de surface, engendrés par les vents dominants.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Description du site d'étude

Situé au cœur du Bouclier laurentien, à la croisée du 48° 30' de Latitude nord et du 72° de Longitude ouest, le lac Saint Jean révèle une superficie de 1 053 km², une faible profondeur moyenne de 11 mètres avec un maximum de 63 mètres (Jones et *al.*, 1979). De forme ovale et du type oligotrophe, le lac Saint-Jean est principalement alimenté par trois grands tributaires : les rivières Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka (figure 1). Le bassin versant du lac Saint-Jean draine un territoire d'environ 73 000 km² (Jones et *al.*, 1979); conséquemment, ce lac renouvelle ses eaux rapidement, soit aux 90 jours (Leclerc, 1978). À l'émissaire, le débit moyen, dans les rivières Petite et Grande Décharges, est de 1 467 m³/s (Jones et *al.*, 1979). En 1927, le lac Saint-Jean est devenu un réservoir hydroélectrique, où le niveau de l'eau varie en moyenne de 3,5 mètres de janvier à avril. Ce mode de gestion entraîne un assèchement relatif des berges et la mise en contact du substrat avec le gel et la glace, diminuant ainsi la productivité biologique des rives (Lalancette, 1986).

2.2 Échantillonnage en rivières

En 1998, l'échantillonnage dans la rivière Péribonka a débuté le 14 mai et s'est terminé le 1^{er} juin, tandis que dans la rivière Ashuapmushuan, le tout s'est déroulé du 13 au 26 mai. En 1999, dans les rivières Ashuapmushuan et Mistassini, l'échantillonnage a débuté respectivement le 25 et le 28 mai et s'est terminé le 2 juin.

L'échantillonnage s'est effectué sur 19 km dans la rivière Péribonka, soit de l'embouchure jusqu'au village de Sainte-Monique (figure 2 a), sur environ 5 km à partir de l'embouchure dans la Mistassini (figure 2 b) tandis que dans la rivière Ashuapmushuan, le tout s'est déroulé sur 15 km, soit de l'embouchure jusqu'à la hauteur de Saint-Félicien (figure 2 c).

La capture des larves a été effectuée à l'aide d'un filet à plancton de forme conique d'un diamètre de 0,75 mètre ayant des vides de maille de 500 μm . Deux techniques furent utilisées pour procéder à cet échantillonnage. Tout d'abord, un filet « de veille » a été installé en permanence près de l'embouchure de chaque rivière et ils étaient visités une fois par jour. Ces filets ont été ancrés au fond de la rivière et des bouées les maintenaient à environ 0,5 mètre de la surface.

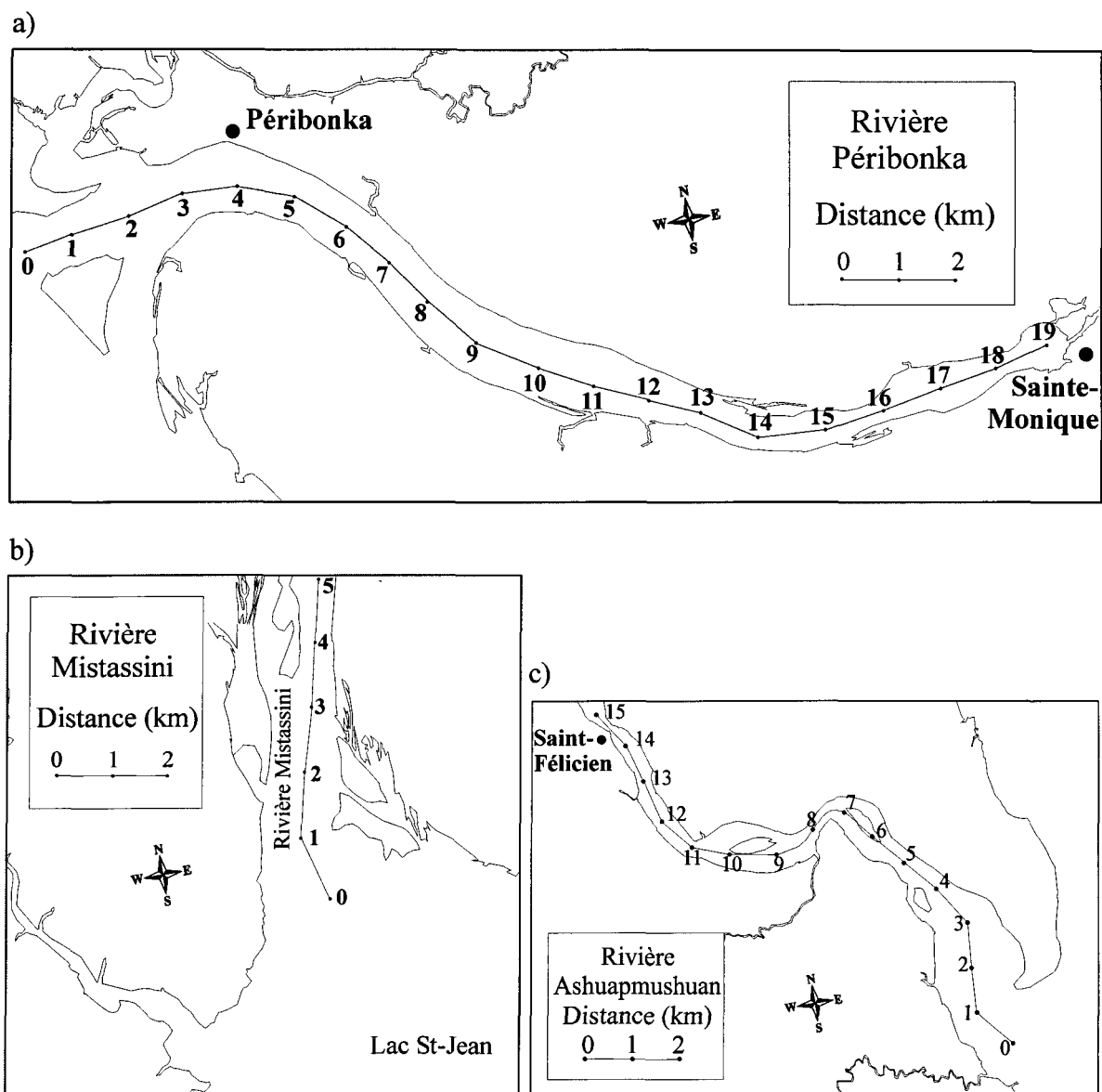


Figure 2 : Localisation des secteurs échantillonnés en 1998 et en 1999 dans les rivières Péribonka 1998 (a), Mistassini 1999 (b) et Ashuapmushuan 1998 et 1999 (c). La ligne et les points représentent la longueur (km), du secteur échantillonné à partir de l'embouchure de la rivière.

À partir du moment où des larves étaient capturées dans les filets de veille, l'échantillonnage des larves était amorcé de l'aval vers l'amont. Ces travaux ont eu lieu de nuit, et débutaient près de l'embouchure de la rivière, au niveau du chenal. À chaque station d'échantillonnage, deux filets à plancton de 0,5 mètre de diamètre ont été maintenus dans la colonne d'eau, un en surface et l'autre près du fond de la rivière. Après 30 minutes, les filets étaient remontés et la présence de larves d'éperlan fut vérifiée en rinçant le contenu de l'échantillon avec du méthanol, dans un grand récipient. Au contact de l'alcool les larves blanchissent et elles deviennent alors visibles à l'œil nu. Les larves étaient conservées dans des fioles contenant de l'éthanol à 95 % ainsi que de la glycérine. Lorsqu'on constatait la présence de larves d'éperlan, un second échantillonnage était effectué plus en amont de la rivière, toujours vis-à-vis le chenal. Des échantillonnages successifs ont permis de remonter la rivière jusqu'à ce qu'aucune larve ne soit capturée (figure 2), permettant ainsi de délimiter le secteur d'émergence des larves.

À chaque échantillonnage, nous avons noté la profondeur (échosondeur FishID 128 Eagle), la température de l'eau (thermographe et/ou thermomètre au mercure), la vitesse du courant (vélocimètre GENEQ, modèle FP101) et la position de la station (GPS Garmin-100).

Pour comparer l'abondance relative des larves d'éperlan en rivière, les captures ont été converties en nombre de larves capturées pour 20 minutes d'échantillonnage. De plus, à chaque station, la moyenne en surface et au fond a été calculée.

2.3 Échantillonnage en lac

En 1998, l'ichthyoplancton fut récolté dans le lac Saint-Jean du 14 mai au 12 juin, aux 15 stations illustrées à la figure 3a; sept stations étaient situées en zone pélagique et huit, en zone riveraine, du côté Ouest du lac. En 1999, nous avons échantillonné 19 stations du 22 mai au 28 juin; dix étaient situées en zone pélagique (les mêmes qu'en 1998, plus deux supplémentaires) tandis que les neuf autres stations étaient situées en zone riveraine, du côté Est du lac (figure 3b).

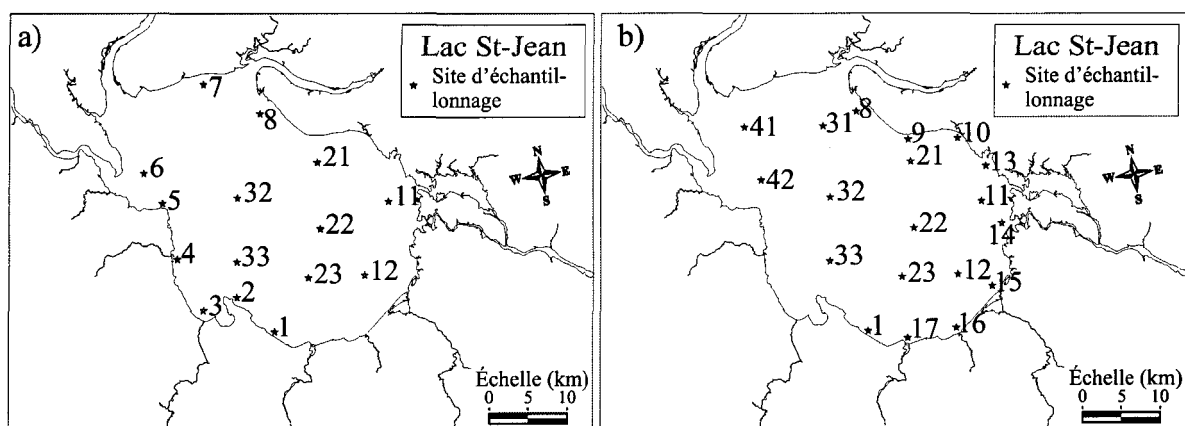


Figure 3: Localisation des stations d'échantillonnage au lac Saint-Jean en 1998 (a) et en 1999 (b).

Les coordonnées géographiques, la profondeur moyenne et la profondeur d'échantillonnage des stations pélagiques sont présentées à l'annexe 1. En zone riveraine, les stations ont été échantillonnées sur deux à trois isobathes différents et à une ou deux profondeurs différentes. Les coordonnées géographiques, les isobathes et la profondeur

d'échantillonnage de chaque station riveraine, échantillonnée en 1998 et 1999 sont présentées à l'annexe 2.

En 1998, les stations ont été échantillonnées en moyenne à quatre reprises tandis qu'en 1999 elles ont été échantillonnées en moyenne sept fois (tableau 1).

Tableau 1 : Nombre de chalutage par station, en 1998 et en 1999.

Stations	Nombre de chalutage par station		Stations	Nombre de chalutage par station	
	1998	1999		1998	1999
1	5	10	14	s.o.	10
2	6	s.o.	15	s.o.	10
3	7	s.o.	16	s.o.	10
4	7	s.o.	17	s.o.	12
5	7	s.o.	21	3	5
6	5	s.o.	22	3	5
7	5	s.o.	23	2	5
8	5	11	31	s.o.	6
9	s.o.	10	32	3	5
10	s.o.	10	33	2	5
11	3	5	41	s.o.	6
12	3	5	42	s.o.	6
13	s.o.	10			

(s.o.) : sans objet

Les larves ont été récoltées par chalutage horizontal, avec d'un filet à plancton de forme conique, d'un diamètre de 0,5 mètre et ayant une ouverture de mailles de 150 μm . En 1999, nous avons ajouté un deuxième filet de la même dimension mais ses mailles étaient de 500 μm . À l'entrée de chaque filet, un débitmètre (General Oceanics, modèle 2030) a permis de mesurer la quantité d'eau filtrée (figure 4). Les filets furent tractés par un bateau

de 10 mètres, muni d'un moteur de 135 CV, à une vitesse moyenne de 1,5 mètre par seconde. La vitesse a été mesurée par un vélocimètre (GENEQ, modèle FP 101). La durée de chaque chalutage était de dix minutes, sauf en présence de forte concentration de plancton (colmatage du filet), où le temps pouvait diminuer de moitié.



Figure 4 : Filets à plancton utilisés pour l'échantillonnage.

À la fin de chaque échantillonnage le contenu des filets était préservé dans le méthanol à 99 %, la concentration finale recherchée étant de 75 % d'alcool. Au laboratoire, les échantillons ont été triés à l'aide d'une loupe, pour y retirer toutes les larves de poissons. Visuellement, si un échantillon contenait un trop grand nombre de larves, il était alors partitionné avec un répartiteur de Folsom avant le dénombrement des larves (Greenberg et *al.*, 1992).

Lors de chaque trait, la température de l'eau a été mesurée au moyen d'une sonde de marque hydrolab (Modèle Ft-3M). Aux stations riveraines, la température a été prise à 0,5 mètre de la surface et à la profondeur où l'échantillonnage avait eu lieu. En zone pélagique la température de la colonne d'eau a été mesurée à tous les mètres.

2.4 Travail en laboratoire

Les larves d'éperlan ont été examinées sous une loupe stéréoscopique, afin d'en déterminer leur stade de développement et ensuite elles furent mesurées. Les différents stades de développement illustrés à la figure 5 sont tirés de Cooper (1978). Les otolithes de cinquante-trois larves de stade A à C ont été prélevées avec des aiguilles fines et fixées sur des lames de microscopes avec de la colle thermoplastique (Crystal Bond) (Sirois et *al.*, 1998). L'âge est ensuite vérifié sous un microscope.

À l'éclosion, les larves de poissons sont peu développées (protolarves) et elles possèdent un sac vitellin qui est composé de vitellus et d'une gouttelette lipidique. Chez l'éperlan, la gouttelette lipidique, de forme sphérique, est située dans la partie antérieure du sac vitellin. Le diamètre du sac vitellin et de la gouttelette lipidique ont été mesurés chez toutes les larves vésiculées. Selon Cooper (1978), au stade A, l'éperlan a une longueur totale approximative de 5 mm et son âge se situe entre 0 et 33 heures. De plus, le diamètre du vitellus est plus grand que le diamètre de la gouttelette lipidique.

Afin de différencier le stade A du stade B, il a été établi qu'au stade B, le diamètre du vitellus doit être égal ou inférieur au diamètre de la gouttelette lipidique (figure 5). Selon Cooper (1978), ces larves ont une longueur totale d'environ 5,6 mm et elles sont en moyenne âgées de deux jours. Au stade C, le vitellus a complètement été absorbé et il ne reste qu'une minuscule gouttelette lipidique (figure 5). Quelque fois, on aperçoit seulement

des vestiges de l'enveloppe du sac vitellin, toutes les réserves de nourriture étant écoulées. La larve du stade C a une longueur totale d'environ 6,3 mm et elle est âgée d'environ 4 jours (Cooper, 1978). Au stade D, il ne reste aucune trace du sac vitellin; la larve a une longueur moyenne de 9,3 mm et elle a entre 5 et 8 jours (figure 5). À ce stade, la bouche est bien formée mais les dents ne sont pas encore présentes. La pigmentation est aussi utilisée pour distinguer les stades de développement; par contre, vu l'état de la conservation des larves, cette caractéristique n'a pas été utilisée.

À partir du stade E, les larves sont nommées mésolarves. Pour les différencier du stade précédent, on vérifie la présence du bourgeon de la vessie natatoire en détachant légèrement l'intestin du reste du corps. Selon Cooper (1978), ces larves ont une longueur moyenne de 14 mm. Au stade F, les rayons des nageoires doivent être complètement développés et la longueur totale des larves est environ de 17 mm (figure 5). Les larves de stade G sont caractérisées par un petit renflement sous l'abdomen; il s'agit de la vessie natatoire qui comprime l'intestin vers le bas. Les rayons de la nageoire caudale sont complètement formés et les bourgeons des nageoires pelviennes sont visibles (figure 5). Ces larves mesurent environ 22 mm.

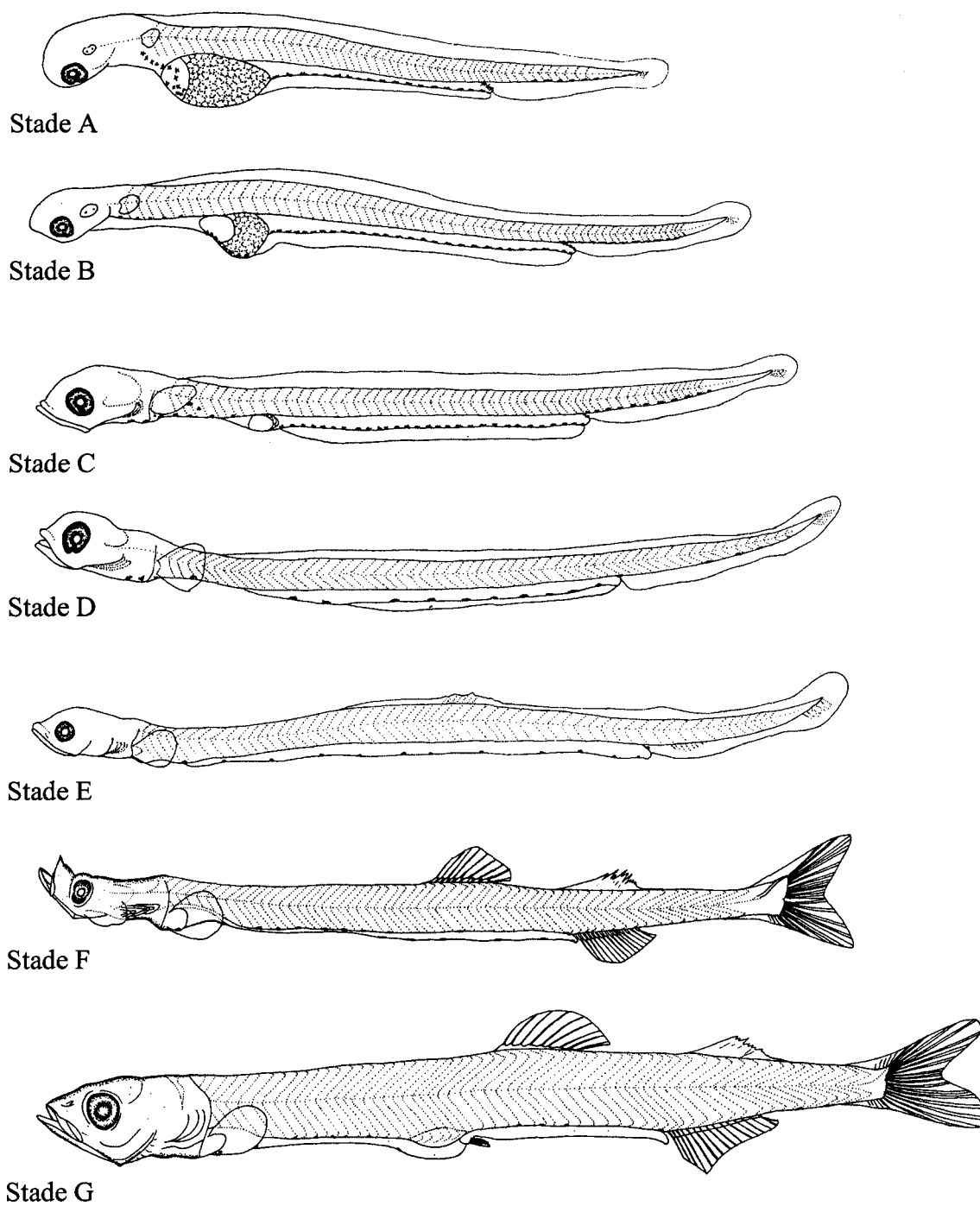


Figure 5: Stades de développement des larves d'éperlan arc-en-ciel (Tirée avec permission de Cooper, 1978).

3. RÉSULTATS

3.1 Caractéristiques physiques

3.1.1 Température de l'eau

La figure 6 a montre l'évolution de la température moyenne journalière du lac et des rivières à l'étude. En 1998, la température du lac, augmente rapidement, due au printemps très hâtif que nous avons connu; à partir du 4 mai, elle se stabilise autour de 13°C. La température de la rivière Péribonka augmente progressivement pour atteindre 13,5°C au début de juin. Les quelques valeurs de la rivière Ashuapmushuan, mesurées avec un thermomètre au mercure durant l'échantillonnage, donnent un bref aperçu de la température entre le 15 et le 25 mai; celle-ci est légèrement plus chaude que celle du lac et de la rivière Péribonka.

En 1999, les températures des rivières Ashuapmushuan et Mistassini (figure 6 b) connaissent une évolution semblable; on observe une augmentation rapide entre le 13 et le 19 mai, passant de 6 à 14°C. Ensuite, la température reste stable jusqu'au 28 mai, puis elle continue à augmenter et osciller entre 15 et 18°C. Les eaux de surface de la rivière Péribonka (figure 6 c) connaissent des températures journalières semblables aux deux autres rivières jusqu'à la mi-mai. Par la suite, elles se réchauffent de façon constante mais plus lentement que dans les autres rivières. Ce patron est semblable à celui observé en 1998. En 1999, la température des eaux de surface du lac augmente progressivement du 26 mai au 14 juin, et est généralement plus chaude que celle de la Péribonka mais semblable à celles des rivières Ashuapmushuan et Mistassini.

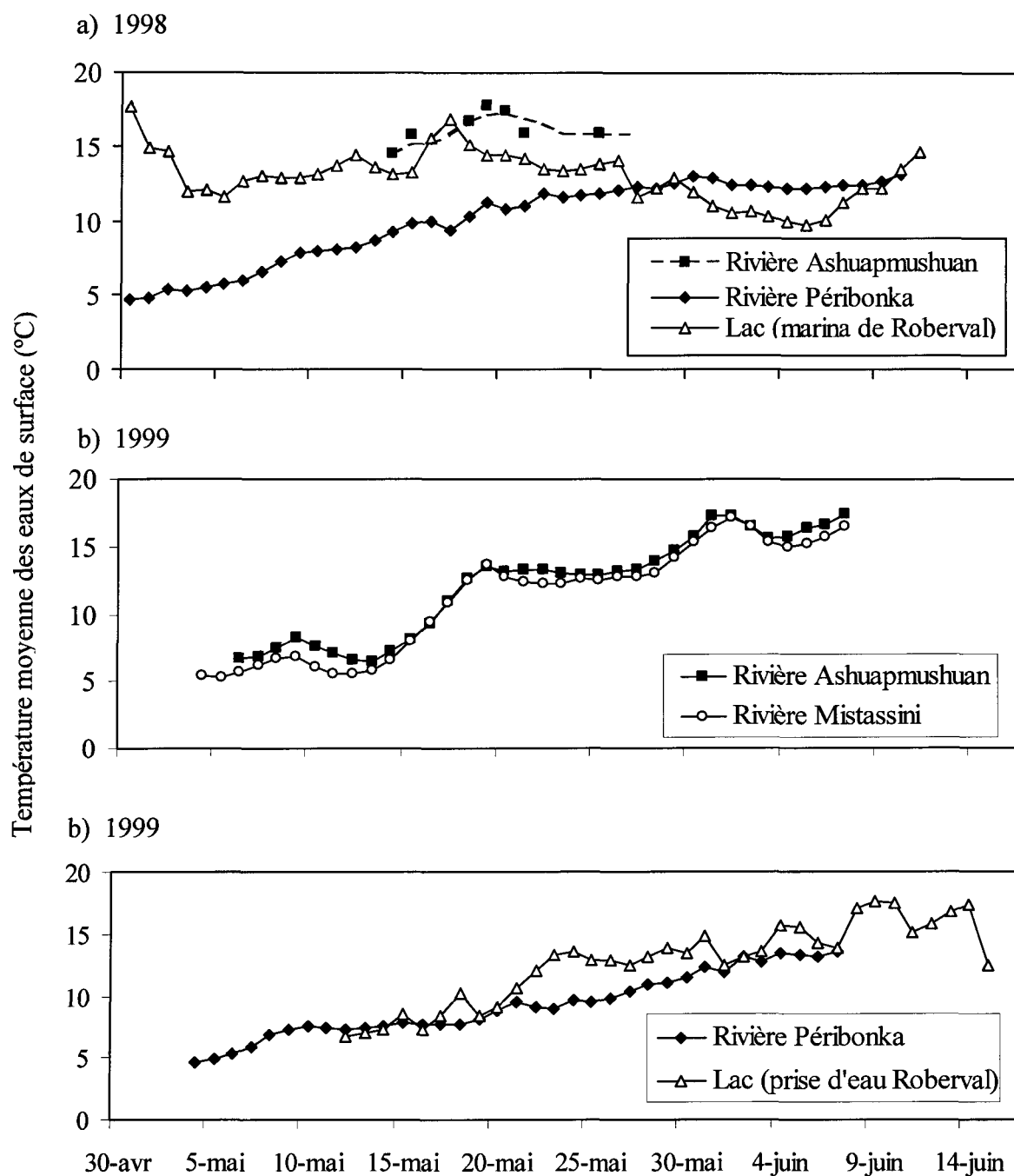


Figure 6 : Évolution de la température des eaux de surface en 1998 (a) et en 1999 (b et c); mesurée dans les rivières Ashuapmushuan, Péribonka, Mistassini et dans le lac Saint-Jean.

La figure 7 présente la température moyenne des eaux de surface mesurée aux stations échantillonnées à la fois en 1998 et en 1999 (stations : 1, 8, 11, 12, 21, 22, 23, 32 et 33), durant les 20 jours suivant l'apparition des premières larves d'éperlan, soit du 18 mai au 7 juin 1998 et du 29 mai au 18 juin 1999). Un test de t démontre qu'en 1998, la température est plus froide (12,9°C) qu'en 1999 (14,9°C) ($p=0,019$).

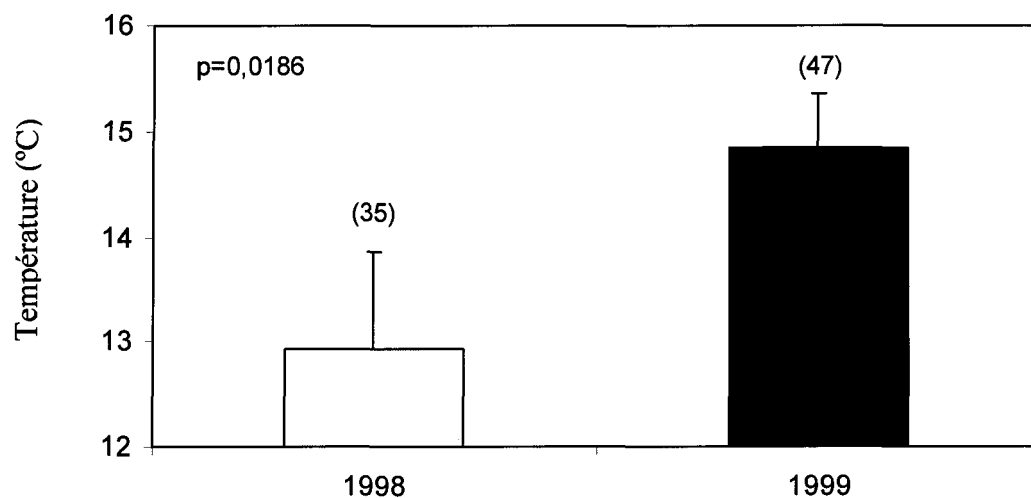


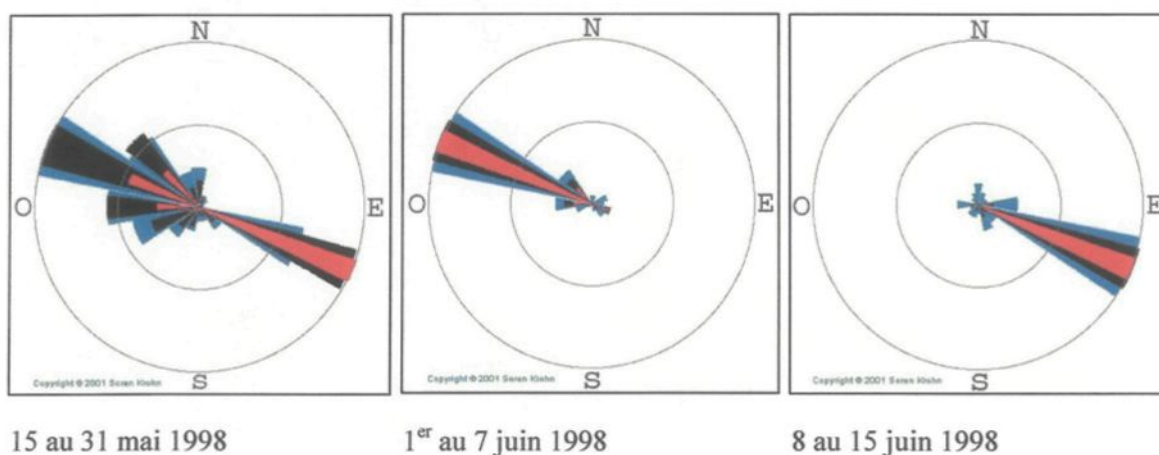
Figure 7 : Température moyenne des eaux de surface mesurée aux mêmes stations et durant les 20 jours suivant l'apparition des premières larves, en fonction de l'année d'échantillonnage. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 % et les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre d'échantillons.

3.1.2 Vents

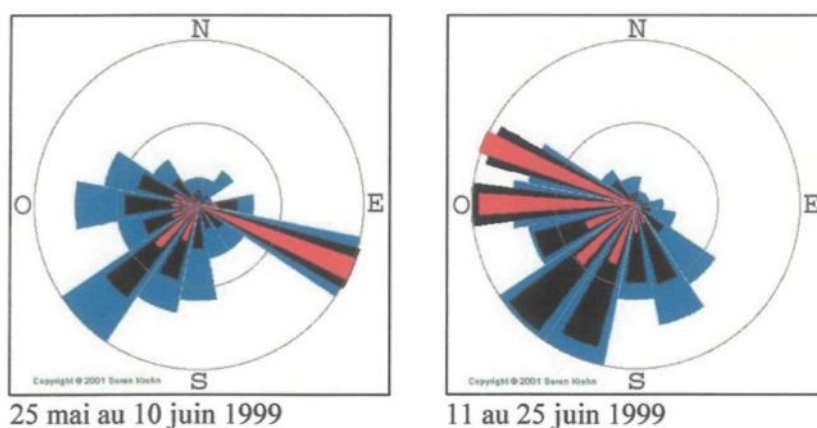
La figure 8 montre la provenance, la vitesse et l'énergie des vents observés au lac Saint-Jean (station Mistouk, Alcan), pour les deux années d'échantillonnage. Ces roses des vents ont été produites en utilisant le logiciel développé par M. Soren Krohn (2001). Elles se composent de plusieurs sections où l'horizon est divisé en 16 secteurs de 22,5 degrés.

En 1998, (figure 8 a), durant la dernière moitié de mai, les vents ont soufflé plus souvent de l'ouest-nord-ouest mais ce sont ceux provenant de l'est-sud-est qui ont dégagé le plus d'énergie, avec des vitesses moyennes de 26 km / h. Durant les 7 premiers jours de juin, les vents dominants provenaient uniquement de l'ouest-nord-ouest avec des vitesses moyennes de 25,7 km / h tandis que du 8 au 15 juin, ils provenaient essentiellement de l'est-sud-est avec une vitesse moyenne de 24,8 km / h.

Du 25 mai au 10 juin 1999 (figure 8 b), les vents qui ont dégagé le plus d'énergie ont été enregistrés en provenance de l'est-sud-est avec des vitesses moyennes de 20,7 km / h. Toutefois, il y a eu quelques périodes de vents provenant du sud-ouest (15 km / h) mais peu productrices d'énergie. Du 11 au 25 juin, on a observé des vents dominants du sud-sud-ouest jusqu'à l'ouest-nord-ouest, mais ce sont ceux de l'ouest qui ont dégagé le plus d'énergie.



a) Périodes du 15 mai au 15 juin 1998.



b) Périodes du 25 mai au 25 juin 1999.

Légende :

	Sections angulaires les plus extérieures montrent la distribution des fréquences du vent.
	Sections angulaires intermédiaires montrent la vitesse du vent multipliée par la fréquence de celles-ci.
	Sections les plus intérieures montrent les vitesses du vent au cube (donc l'énergie contenue) multipliées par la fréquence du vent.

Figure 8 : Caractéristiques des vents mesurés au lac Saint-Jean (station Mistouk), pour la période du 15 mai au 15 juin 1998 (a) et du 25 mai au 25 juin 1999 (b).

3.2 Caractéristiques des larves d'éperlan

La figure 9 montre l'évolution de la longueur totale des larves d'éperlan arc-en-ciel selon leur stade de développement. En 1998 et 1999, la longueur totale des larves capturées en lac aux stades A à C ne présentent aucune différence significative alors qu'à partir du stade D, la longueur totale augmente. (ANOVA et test de Tukey-Kramer $\alpha = 0,05$). En 1998, les larves au stade A, capturées dans la rivière Ashuapmushuan, ont une longueur totale plus élevée (6 mm) que celles capturées en lac aux stades A à C (≈ 5 mm) mais semblables à celles au stade D. Les larves de stade A, capturées dans la rivière Péribonka, ont une longueur totale significativement plus élevée (6,5 mm) que celles aux stades A à D capturées en lac. En 1999, les larves capturées dans les rivières Ashuapmushuan et Mistassini ont une longueur totale semblable à celle des larves aux stades A à D capturées en lac.

Le tableau 2 présente la longueur totale moyenne des larves capturées dans le lac Saint-Jean (stades A à G) et dans les rivières, en 1998 et en 1999. La longueur totale des larves de chaque stade de développement est plus élevée en 1999 qu'en 1998 ($p < 0,0001$). Ce phénomène s'observe également pour les larves de stade A capturées dans la rivière Ashuapmushuan.

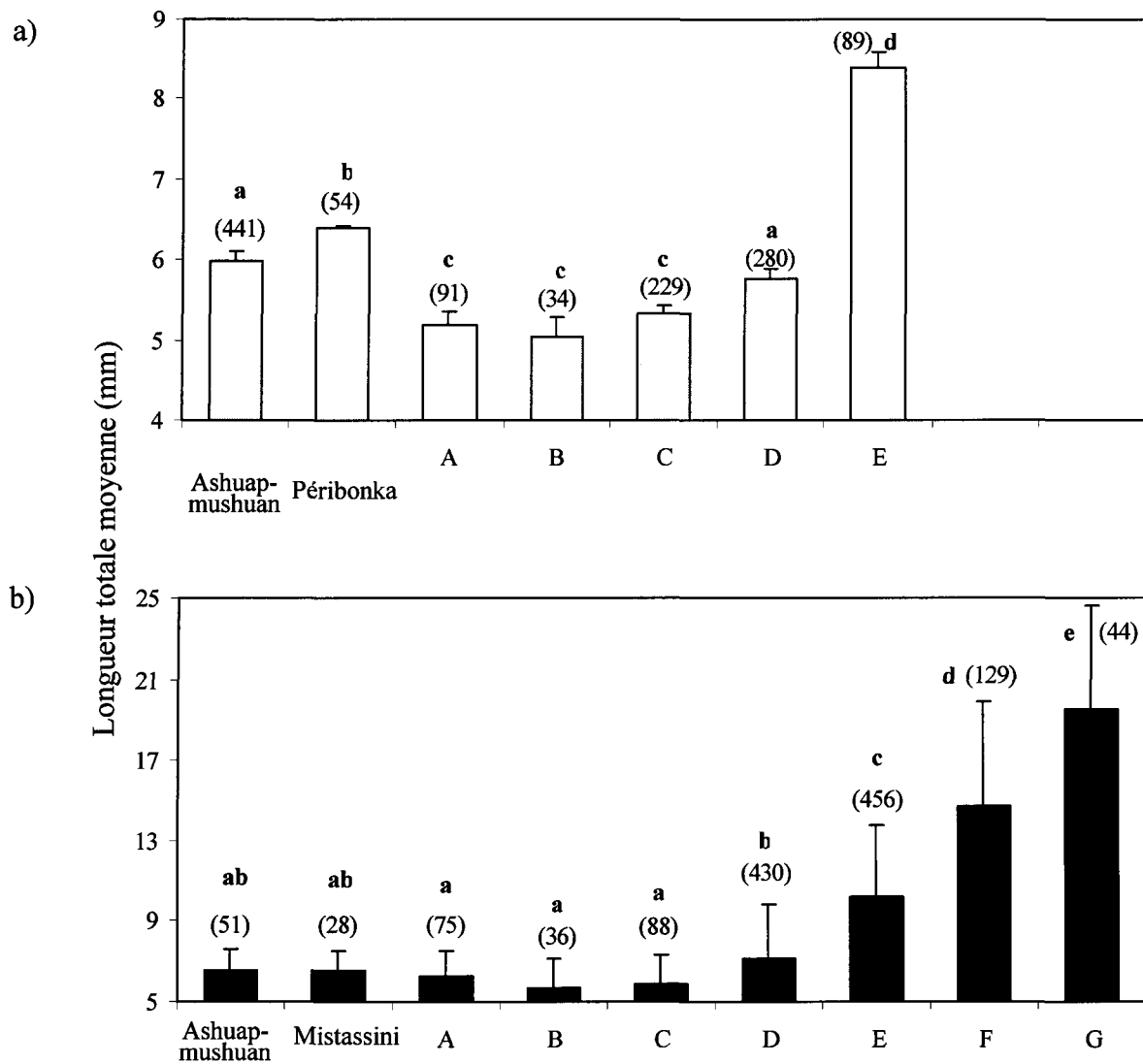


Figure 9 : Longueur totale moyenne (mm) des larves d'éperlan arc-en-ciel en fonction de leur stade de développement (en rivière, stade A seulement et en lac, stades A à G), en 1998 (a) et en 1999 (b). Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 %. Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de larves dans l'échantillon. Les lettres minuscules en caractères gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement.

Tableau 2: Longueur totale moyenne (LT) des larves d'éperlan arc-en-ciel aux stades de développement A à G, capturées au lac Saint-Jean et en rivières en 1998 et en 1999.

Site de capture et stade de développement	1998		1999		Différence significative entre les années T test ($p < 0,0001$)
	L T (mm)	Écart type	LT (mm)	Écart type	
En lac, stade A	5,2	0,77	6,2	0,67	Oui
En lac, stade B	5,0	0,75	5,7	0,73	Oui
En lac, stade C	5,3	0,87	5,9	0,69	Oui
En lac, stade D	5,8	1,14	7,1	1,39	Oui
En lac, stade E	8,4	0,97	10,2	1,81	Oui
En lac, stade F			14,7	2,70	
En lac, stade G			19,5	2,59	
R. Ashuapmushuan, stade A	6,0	0,40	6,5	0,56	Oui
R. Mistassini, stade A			6,5	0,48	
R. Péribonka, stade A	6,4	0,41			

La figure 10 présente l'âge moyen déterminé à partir des otolithes d'une cinquantaine d'éperlans des stades A à C, capturés en lac et en rivière. L'âge moyen des larves aux stades A à C est respectivement de 1,7 jour, 2,1 jours et 2,9 jours. Au niveau statistique, l'âge moyen des larves au stade A n'est pas différent de celui des larves au stade B mais il est différent de l'âge des larves au stade C (ANOVA et test de Tukey-Kramer à $\alpha = 0,05$).

La figure 11 présente la relation statistiquement significative ($p < 0,0001$) entre la longueur totale des larves et le diamètre de l'otolithe; la taille des otolithes augmente avec la longueur totale des larves.

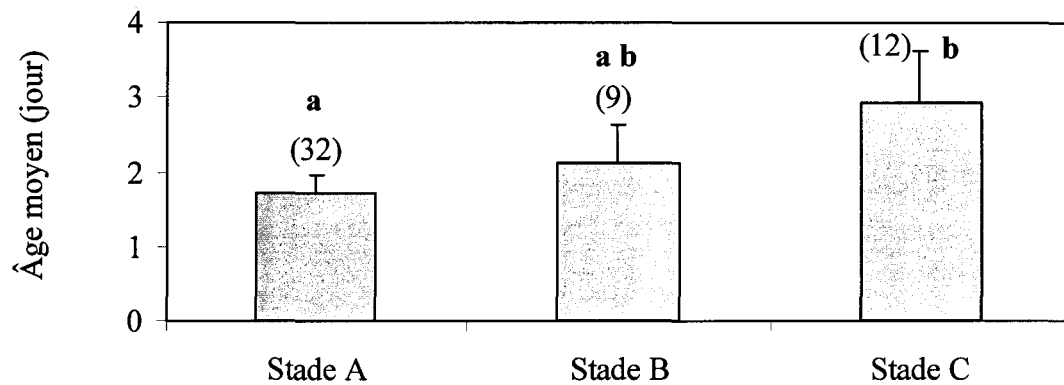


Figure 10 : Âge moyen (jour) des larves d'éperlan arc-en-ciel aux stades de développement A à C. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 %. Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de larves dans l'échantillon. Les lettres minuscules en caractères gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement.

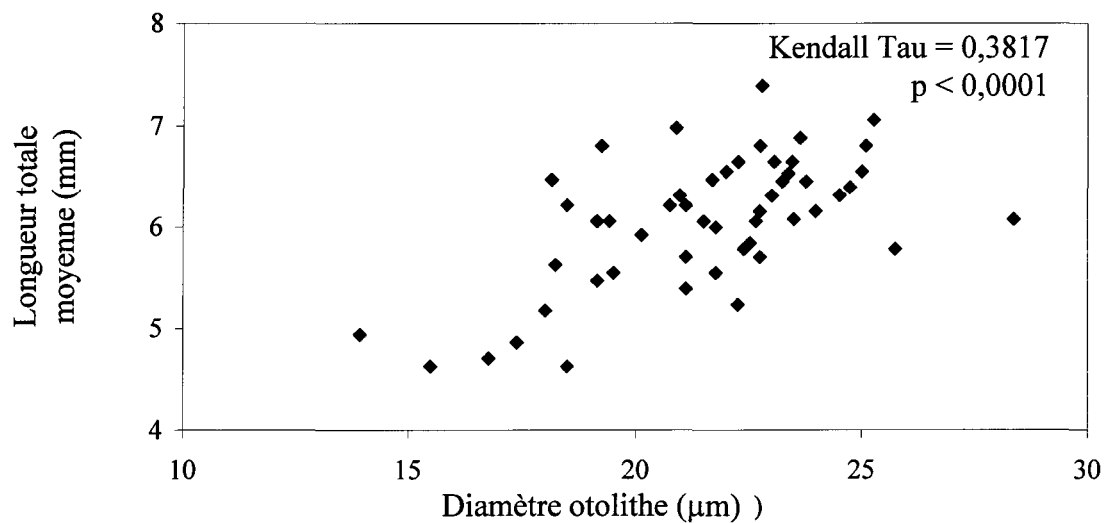


Figure 11 : Longueur totale moyenne (mm) des larves d'éperlans arc-en-ciel aux stades de développement A à C, en fonction du diamètre moyen des otolithes sagittales gauche et droite.

La figure 12 présente le volume du sac vitellin des larves d'éperlan de stade A (volume d'un ellipsoïde). Entre 1998 et 1999, l'indice est semblable pour les larves capturées en lac et dans la rivière Ashuapmushuan ($p < 0,05$). L'indice est également semblable entre les rivières Mistassini et Péribonka mais différent de ceux mesurés en lac et dans la rivière Ashuapmushuan (ANOVA et test de Tukey-Kramer $\alpha = 0,05$). Nous constatons aussi que l'indice de la superficie du sac vitellin des larves capturées en rivière est environ deux fois plus grand que celui des larves capturées en lac (ANOVA et test de Tukey-Kramer $\alpha = 0,05$).

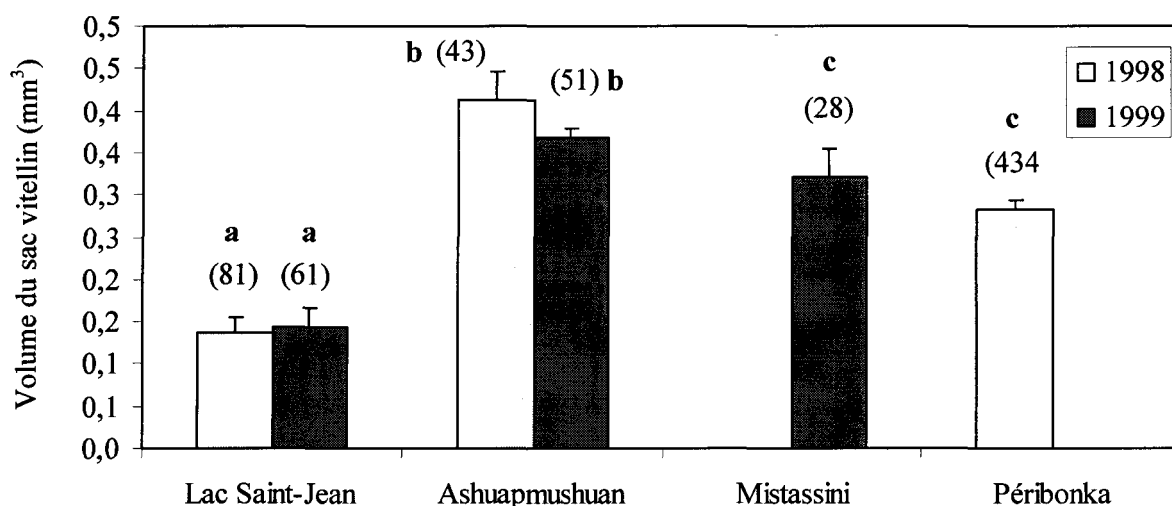


Figure 12 : Indice de la superficie du sac vitellin (mm^2) des larves d'éperlan arc-en-ciel au stade de développement A, en fonction de leur site de capture en 1998 et en 1999. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 %. Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de larves dans l'échantillon. Les lettres minuscules en caractères gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement.

3.3 Distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan en rivières

Les 25 et 26 mai 1998, l'échantillonnage des larves sur la rivière Péribonka (figure 13 a) s'étend sur une longueur de 12 km, à partir de l'embouchure. La majorité des larves ont été capturées entre les kilomètres 6 et 8 (figure 2), avec une abondance relative maximale de 220 larves / 20 min. Pratiquement toutes les larves étaient au stade de développement A. Durant les deux jours suivants (figure 13 b), l'échantillonnage s'est poursuivi sur l'ensemble du tronçon de la rivière qui est accessible à l'éperlan et la densité maximale des larves se situait au même endroit mais avec des valeurs relativement plus faibles, soit 66 larves / 20 min. Les larves capturées le plus en amont se situaient au kilomètre 12 ($< 6,6$ larves / 20 min); une faible proportion des larves sont de stade B, les autres sont du stade A. Entre le 12^e et le 17^e km, aucune larve n'a été capturée. Du 30 mai au 1^{er} juin (figure 13 c), les efforts ont été concentrés entre le 3^e et le 7^e km. L'abondance relative maximale n'a été que de 13 larves / 20 min. La majorité des larves étaient au stade A, approximativement le quart étaient au stade B et quelques individus étaient au stade C.

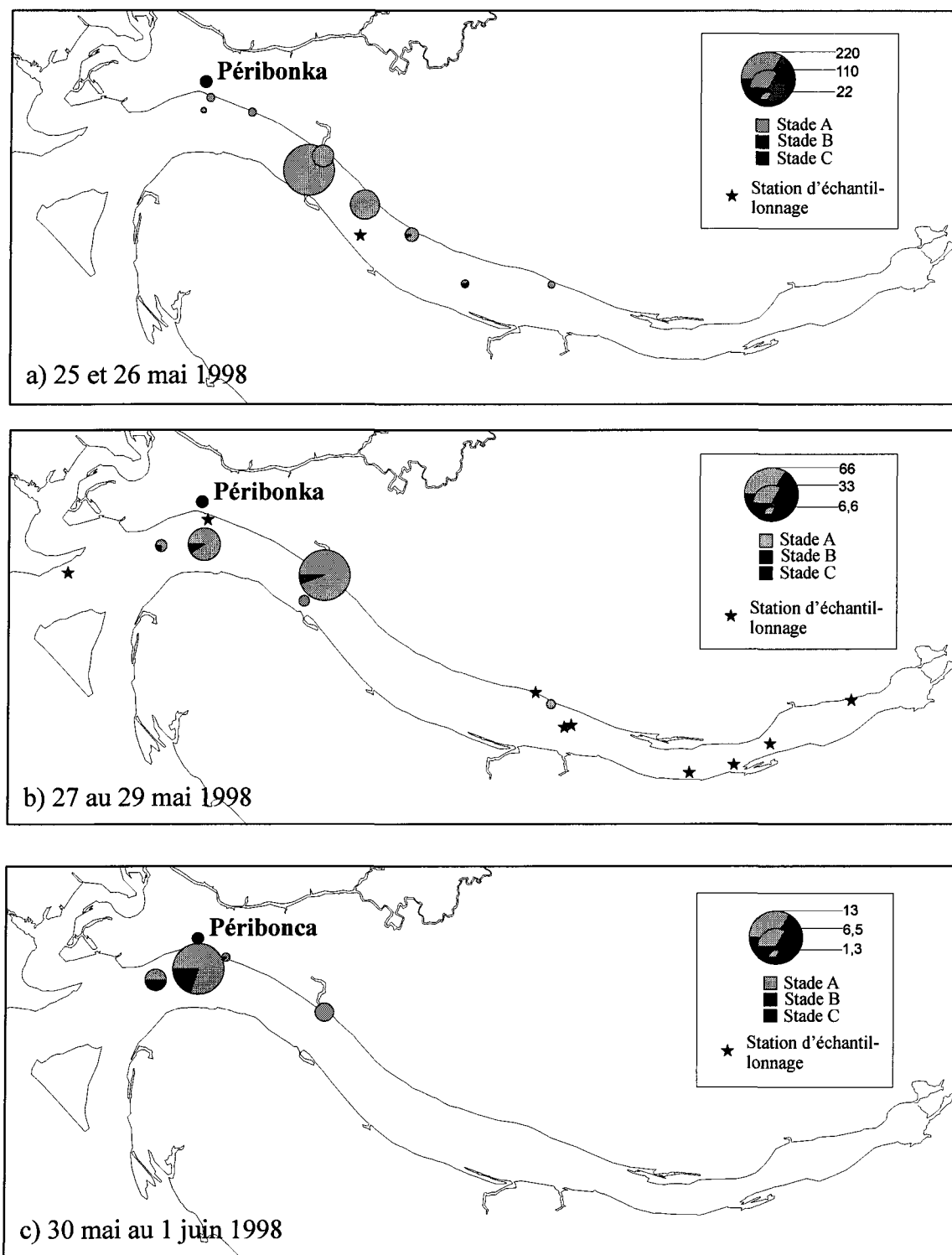
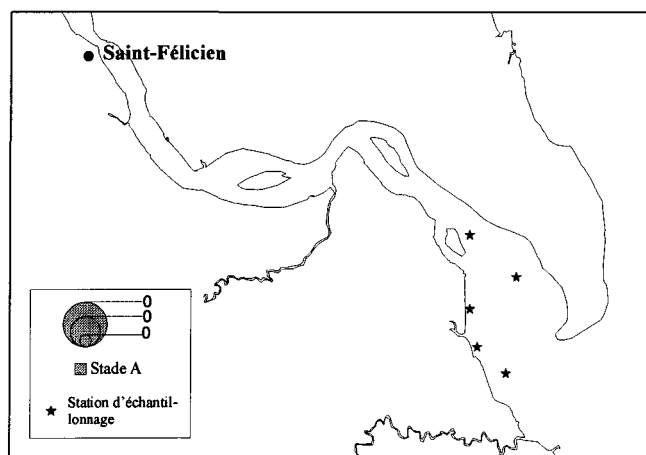


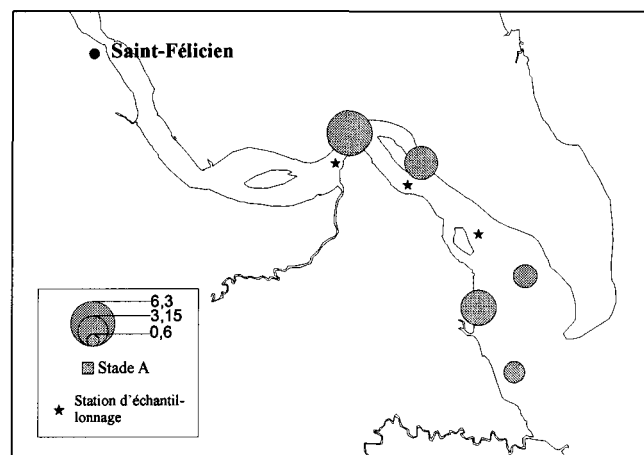
Figure 13 : Abondance relative (nombre / 20 min) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C, capturées dans la rivière Péribonka les 25 et 26 mai (a), du 27 au 29 mai (b) et du 30 mai au 1^{er} juin 1998 (c).

Dans la rivière Ashuapmushuan, l'échantillonnage des larves s'est déroulé sur un tronçon de 13 km à partir de l'embouchure. Du 13 au 17 mai 1998, il n'y a eu aucune capture à l'embouchure de la rivière (figure 14 a). Par contre, du 18 au 20 mai (figure 14 b), des larves de stade A ont été capturées un peu partout, dans les huit premiers kilomètres avec des abondances relatives variant entre 3 et 6 larves / 20 min. Le lendemain et durant les 6 jours suivants (figure 14 c), l'échantillonnage s'est intensifié en amont du 8^e km et ce, jusqu'à Saint-Félicien, mais aucune larve n'a été retrouvée.

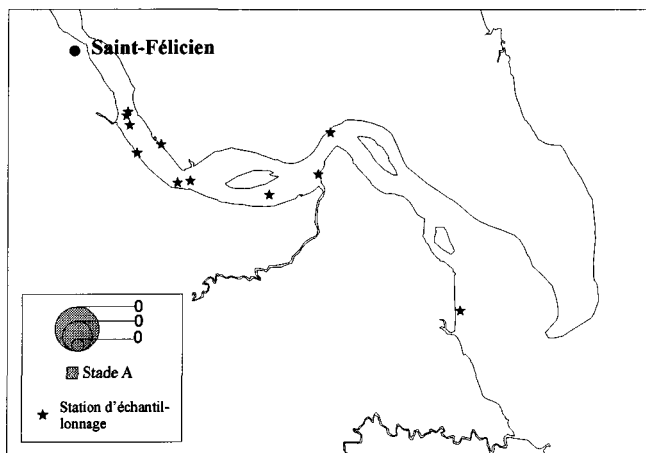
En 1999, l'échantillonnage dans la rivière Ashuapmushuan a débuté le 26 mai, avec la capture d'une seule larve de stade A, située tout près de l'embouchure (figure 15 a). Le 29 mai, les 9 premiers kilomètres de rivière ont été échantillonnés et il y a eu des captures seulement jusqu'au 6^e km. Les plus fortes captures ont été réalisées à l'embouchure avec 6 larves / 20 min, où la majorité sont du stade A et une faible proportion du stade B (figure 15 b). Le 31 mai, aucune larve n'a été capturée dans la rivière sauf à l'embouchure où une très faible abondance (0,7 larve / 20 min) a été mesurée et toutes ces larves étaient du stade A (figure 15 c).



a) 13 au 17 mai 1998

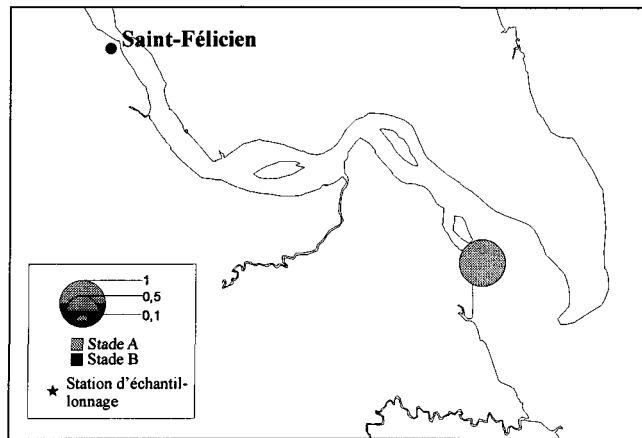


b) 18 au 20 mai 1998

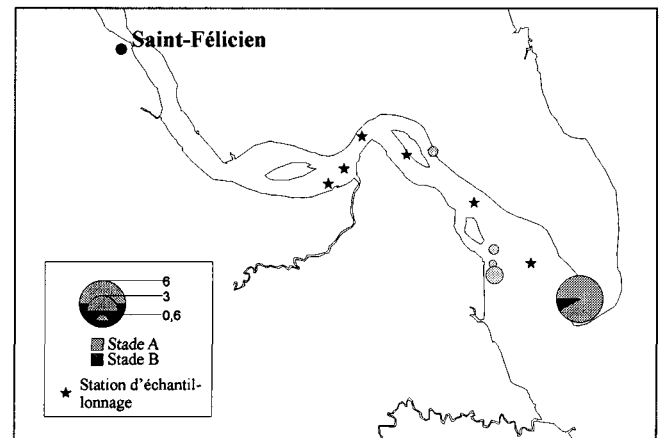


c) 21 au 26 mai 1998

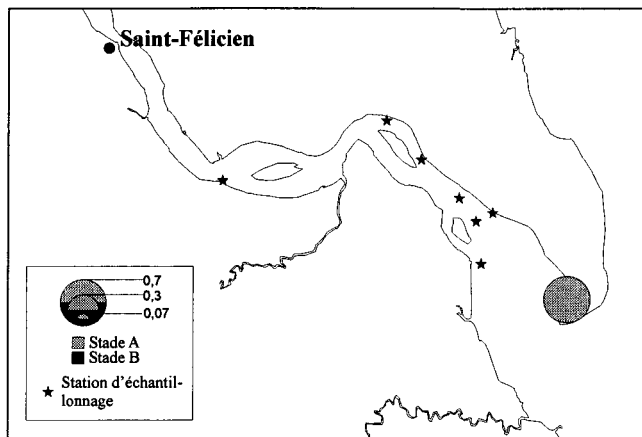
Figure 14 : Abondance relative (nombre / 20 min) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel du stade A, capturées dans la rivière Ashuapmushuan du 13 au 17 mai 1998 (a), du 18 au 20 mai 1998 (b) et 21 au 26 mai 1998 (c).



a) 26 au 28 mai 1999



b) 29 mai 1999



c) 31 mai 1999

Figure 15 : Abondance relative (nombre / 20 min) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel du stade A et B, capturées dans la rivière Ashuapmushuan du 26 au 28 mai 1999 (a), le 29 mai 1999 (b) et le 31 mai 1999 (c).

L'échantillonnage de la rivière Mistassini a été effectué en 1999, du 28 mai au 1^{er} juin. Il n'y a eu aucune capture le 28 mai (figure 16 a). Le 30 mai, quelques larves ont été prises à quatre endroits dans l'embouchure, pour une abondance relative maximale de 5 larves / 20 min. La plus grande proportion des larves étaient au stade A, les autres étaient aux stades de développement B, C et D (figure 16 b). Les 31 mai et 1^{er} juin, seulement quelques larves ont été capturées, soit une abondance relative de 0,7 larve / 20 min et elles étaient majoritairement au stade A (figure 16 c).

Pour les trois rivières, on constate que c'est dans la rivière Péribonka que les abondances relatives ont été les plus fortes.

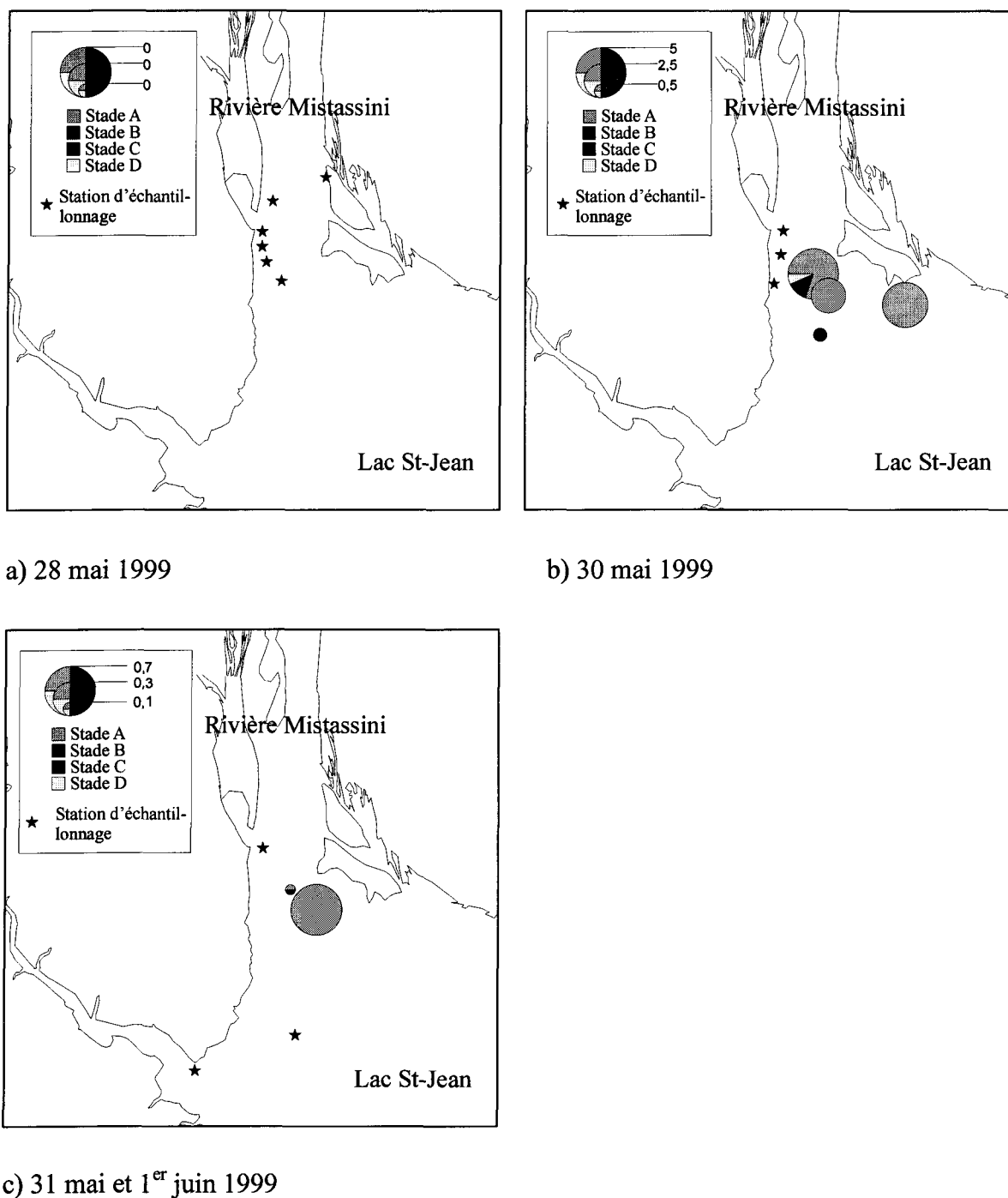


Figure 16 : Abondance relative (nombre / 20 min) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à D, capturées dans l'embouchure de la rivière Mistassini le 28 mai 1999 (a), le 30 mai 1999 (b) et les 31 mai et 1^{er} juin 1999 (c).

3.4 Distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan en lac

La figure 17 illustre l'abondance moyenne de toutes les larves capturées (stades A à E en 1998 et A à G en 1999), par profondeur de chalutage à toutes les stations d'échantillonnage et durant toute la période d'échantillonnage visitées au cours des deux saisons.

En 1998, la densité la plus élevée fut enregistrée à 1,5 m de profondeur (1 888 larves / 1 000m³). Une analyse de variance révèle la présence de groupes différents ($p = 0,0037$) et le test de Tukey-Kramer démontre que la densité des larves à 1,5 m est significativement supérieure à celles enregistrées à 0,25 et à 3,5 m de profondeur. Les densités de larves mesurées à ces deux derniers niveaux d'échantillonnage ne présente aucune différence significative (figure 17 a).

En 1999, les larves sont également plus abondantes à 1,5 m de profondeur, soit 330 larves / 1 000m³ comparativement à 25 larves / 1 000m³ à 0,25 m et 51 larves / 1 000m³ à 3,5 m de la surface. Une analyse de variance ne révèle toutefois aucune différence significative entre ces profondeurs d'échantillonnage ($p = 0,3790$). On constate également que l'abondance des larves est généralement moins importante en 1999 qu'en 1998 (figure 17 b).

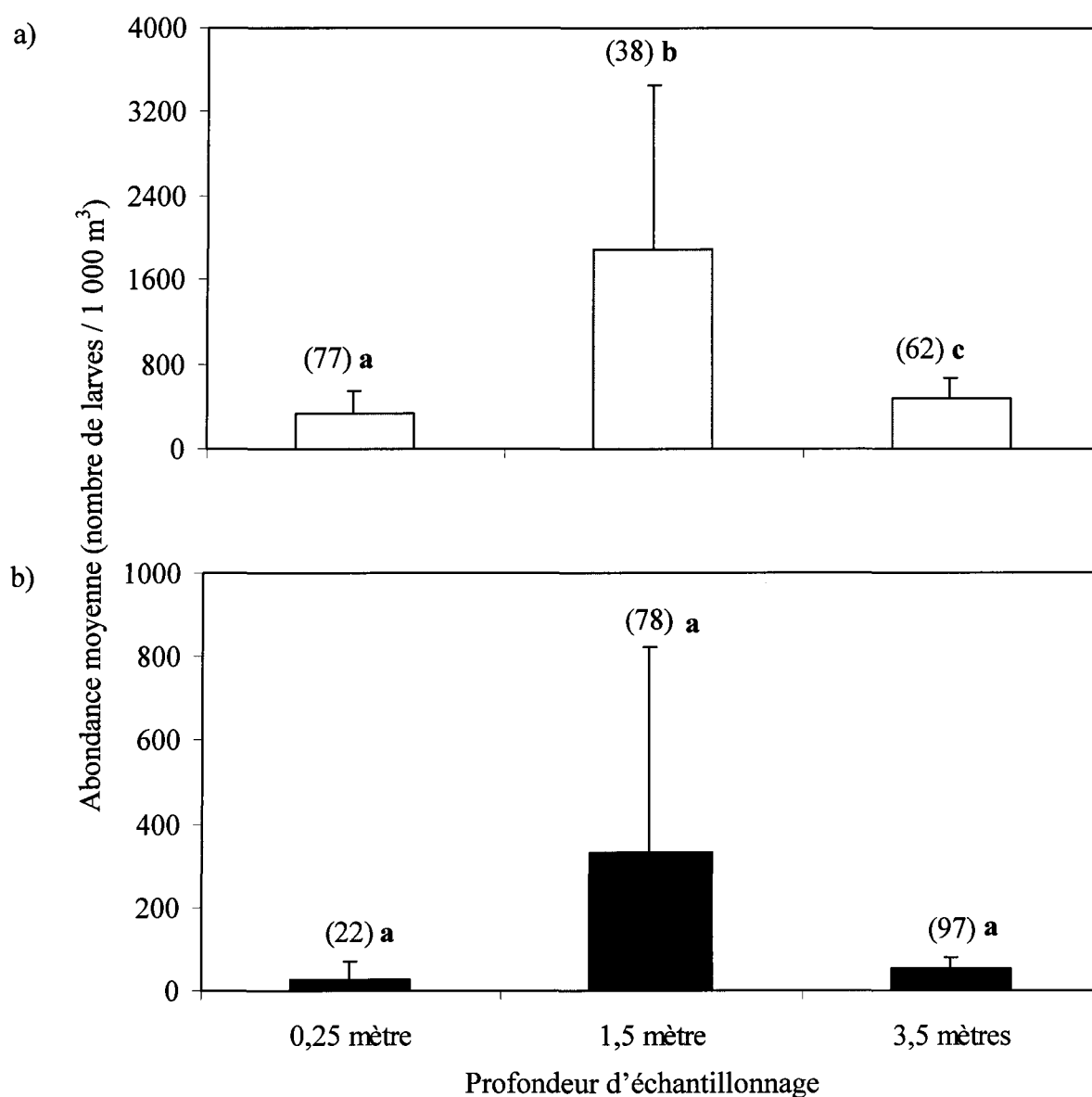


Figure 17 : Nombre moyen de larves d'éperlan arc-en-ciel (nombre / 1 000 m³) capturées aux différentes stations du lac Saint-Jean à diverses profondeurs d'échantillonnage en mai et juin 1998 (a) et 1999 (b). Les lettres minuscules en caractère gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 % et les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre d'échantillons.

En considérant l'abondance des larves de tous les stades de développement par isobathe (zone d'égale profondeur), nous remarquons que durant les deux saisons d'échantillonnage, les plus fortes densités de larves ont été enregistrées au niveau de l'isobathe de 3 m (figure 18). Une analyse de variance révèle l'existence de groupes différents ($p = 0,0071$) en 1998 et le test de Tukey-Kramer indique une différence significative entre les valeurs de l'isobathe de 3 m et celles des isobathes de 5 m et 9 m et plus (figure 18 a). L'isobathe de 2 m fait toutefois partie des deux groupes, les valeurs mesurées ne sont ni différentes de l'isobathe de 3 m, ni des isobathes 5 m et 9 m et plus. En 1999, l'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative entre les isobathes ($p = 0,571$) (figure 18 b), même si l'abondance des larves à la profondeur de 3 m est plus forte, comme c'était le cas en 1998.

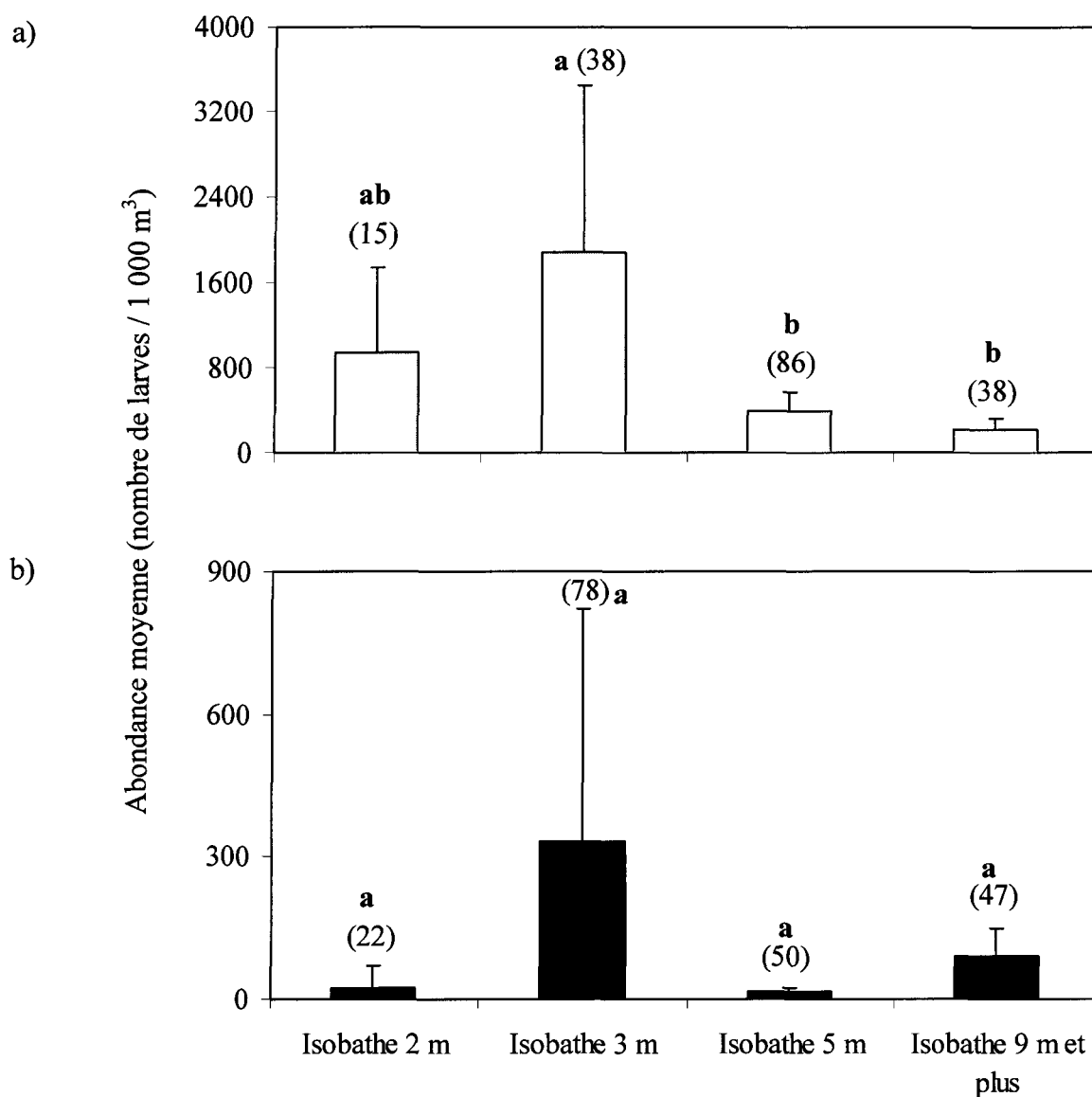
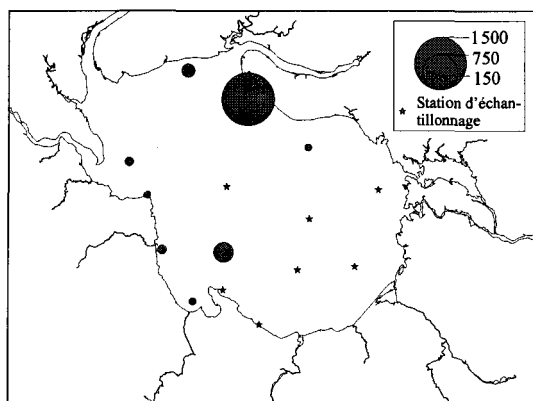


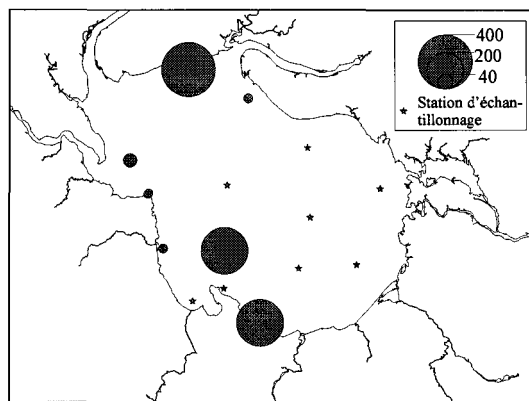
Figure 18 : Nombre moyen de larves d'éperlan arc-en-ciel (nombre / 1 000 m³) capturées aux différentes stations du lac Saint-Jean en fonction de l'isobathe échantillonné en mai et juin 1998 (a) et 1999 (b). Les lettres minuscules en caractères gras, situées au dessus des bâtonnets, lorsqu'elles sont différentes, indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les stades de développement. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 % et les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre d'échantillons.

En 1998, la majorité des larves des stades A et B (figures 19 a et 19 b), étaient situées principalement à deux endroits; le premier dans la partie nord du lac, dans le secteur de l'embouchure des rivières Péribonka, Mistassini et Ashuapmushuan, et le second, dans la partie sud-ouest, près de la Pointe de Chambord. Aucune larve des stades A et B n'a été capturée dans la partie sud-est du lac.

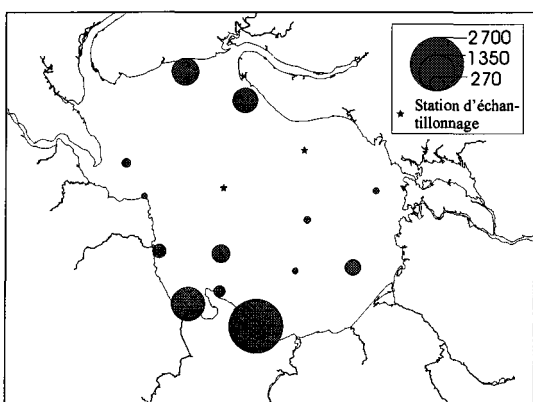
À partir du stade C (figure 19 c), les larves ont commencé à se distribuer sur toute la superficie du lac et c'est à ce stade qu'on obtient les plus fortes abondances, soit 2 700 / 1 000 m³. Des larves de stade D (figure 19 d) ont été capturées à toutes les stations tandis que les larves de stade E étaient pratiquement absentes dans la région Nord-est. La densité des larves diminuait significativement à partir du stade C et l'abondance maximale des larves n'était que de 200 larves / 1 000 m³ pour les stades D et E.



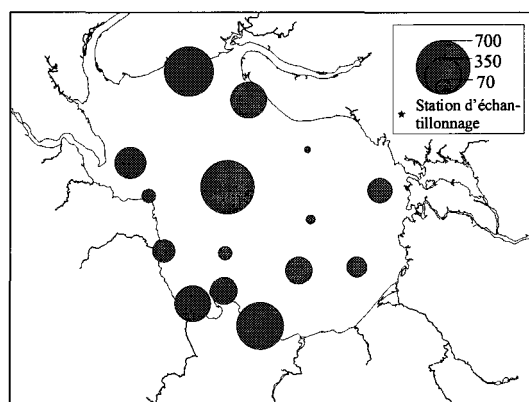
a) Stade A



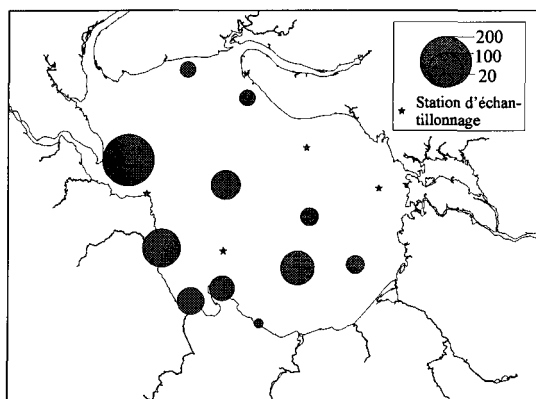
b) Stade B



c) Stade C



d) Stade D



e) Stade E

Figure 19: Distribution spatiale et abondance (nombre / 1 000 m³) des larves d'éperlan arc-en-ciel capturées du 18 mai au 12 juin 1998, pour chaque stade de développement; stade A (a), B (b), C (c), D (d) et E (e) et aux différentes stations du lac Saint-Jean. Les cercles représentent l'abondance par station et les étoiles indiquent les stations où aucune larve n'a été capturée.

En 1999, le patron de la distribution des larves était semblable à celui de 1998; cependant, l'abondance était beaucoup plus faible. Les larves des stades A, B et C (figures 20 a à 20 c) ont toutes été capturées dans la partie nord du lac, dans le secteur de l'embouchure des rivières Péribonka, Mistassini et Ashuapmushuan. Les larves de stades A et B ont été peu abondantes, la densité maximale étant de 130 larves / 1 000 m³, tandis que celles de stade C présentent une densité maximale de 900 larves / 1 000 m³.

Au stade D (figure 20 d), des larves ont été capturées à toutes les stations, sauf une, la station riveraine # 14, qui est située dans le secteur est. On observe d'ailleurs, dans cette partie du lac, des densités très faibles et inférieures à 11 larves / 1 000 m³. Comme aux stades précédents, les plus fortes densités sont observées dans la partie nord-ouest avec 1 500 larves / 1 000 m³.

Aux stades E et F (figure 20 e et 20 f), les larves étaient dispersées uniformément sur toute la superficie du lac. On constate également qu'avec l'évolution du stade de développement, la densité des larves diminue, passant d'un maximum de 230 larves / 1 000 m³ au stade E à 30 larves / 1 000 m³ au stade G.

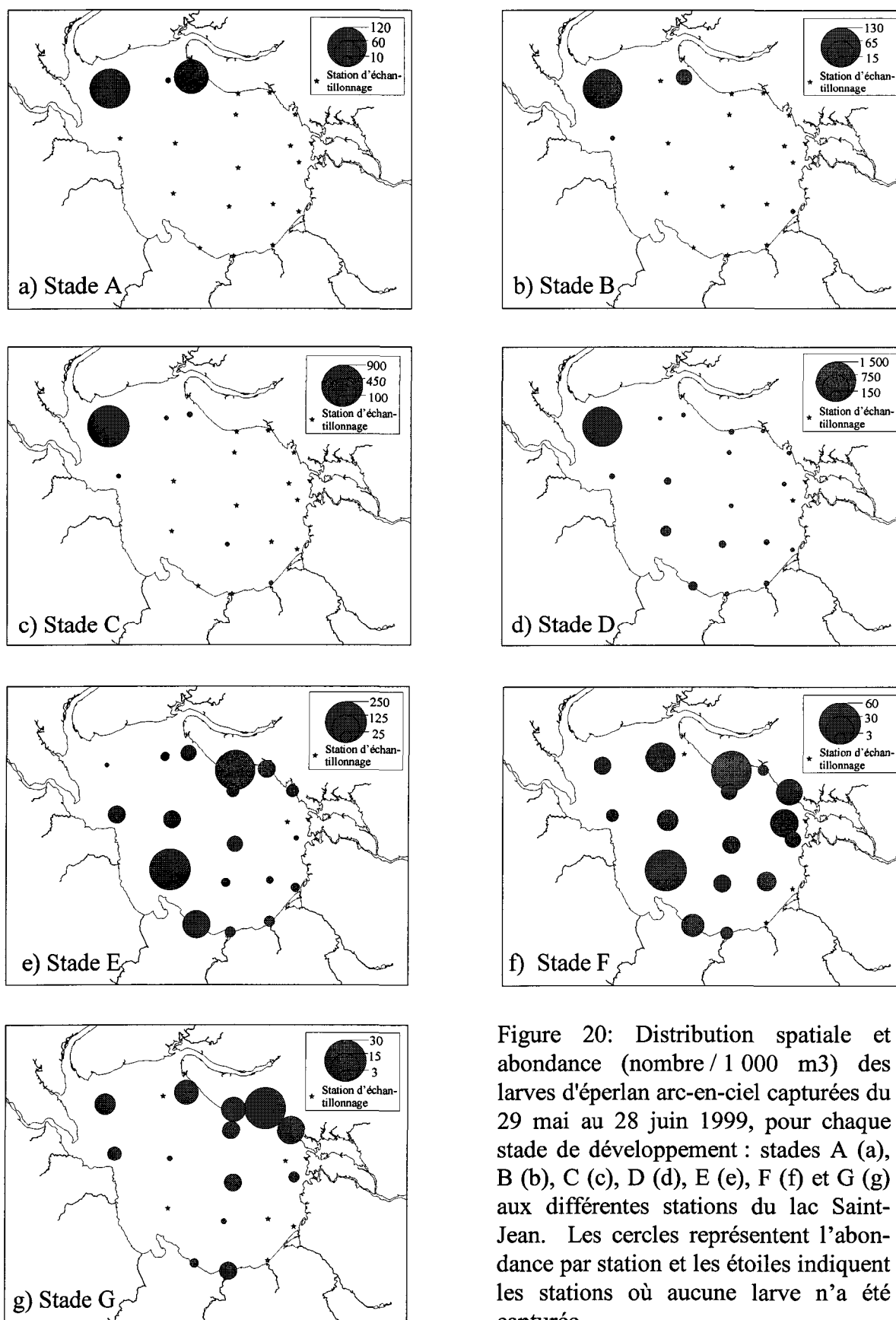


Figure 20: Distribution spatiale et abondance (nombre / 1 000 m³) des larves d'éperlan arc-en-ciel capturées du 29 mai au 28 juin 1999, pour chaque stade de développement : stades A (a), B (b), C (c), D (d), E (e), F (f) et G (g) aux différentes stations du lac Saint-Jean. Les cercles représentent l'abondance par station et les étoiles indiquent les stations où aucune larve n'a été capturée.

En 1998, l'échantillonnage a débuté le 14 mai, mais ce n'est qu'à partir du 18 mai que des larves furent capturées. Du 18 au 20 mai (figure 21 b), les protolarves étaient situées très près de l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan, avec des densités variant entre 125 et 250 larves / 1 000 m³. Quelques jours plus tard, soit les 24 et 25 mai 1998 (figure 21 c), des protolarves ont été capturées seulement aux stations riveraines situées au sud-ouest, soit entre Mashteuiatsh et Chambord, se caractérisant par un gradient croissant de densité du nord vers le sud, passant de 125 à 900 larves / 1 000 m³.

Entre le 27 mai et le 2 juin 1998 (figures 21 d et e), des protolarves furent capturées presque exclusivement près de l'embouchure de la rivière Péribonka. C'est durant cette période que nous avons observé les plus fortes densités de larves, soit 3 200 larves / 1 000 m³ durant les 27-28 mai et 1 400 larves / 1 000 m³ durant le 31 mai au 2 juin.

Les 7 et 8 juin 1998 (figure 21 f), seulement quelques larves vésiculées ont été capturées à l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan (30 larves / 1 000 m³). Finalement, les 9 et 10 juin 1998 (figure 21 g), une densité de 110 larves / 1 000 m³ a été mesurée près de l'embouchure de la rivière Péribonka.

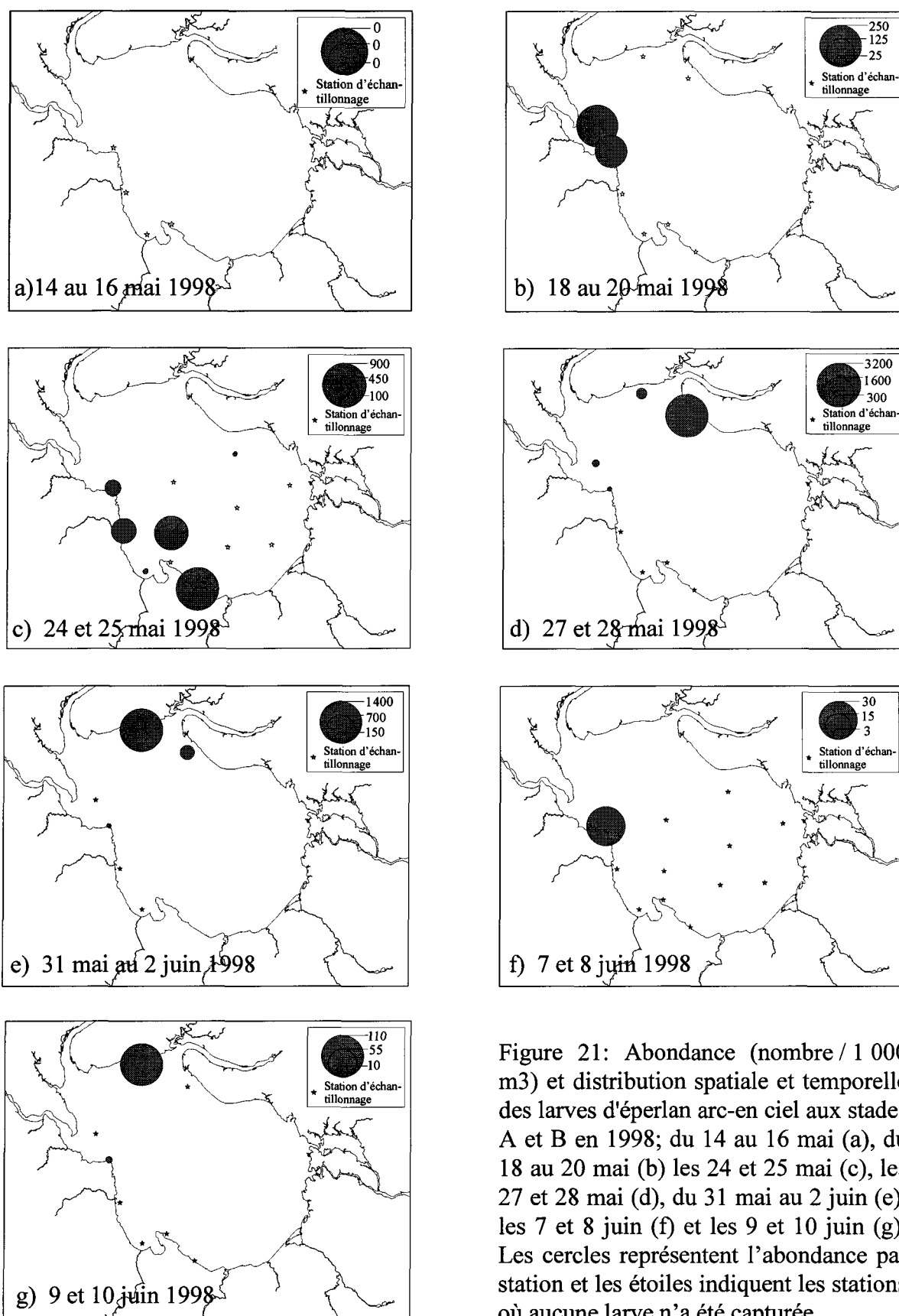


Figure 21: Abondance (nombre / 1 000 m³) et distribution spatiale et temporelle des larves d'éperlan arc-en ciel aux stades A et B en 1998; du 14 au 16 mai (a), du 18 au 20 mai (b) les 24 et 25 mai (c), les 27 et 28 mai (d), du 31 mai au 2 juin (e), les 7 et 8 juin (f) et les 9 et 10 juin (g). Les cercles représentent l'abondance par station et les étoiles indiquent les stations où aucune larve n'a été capturée.

En 1999, l'échantillonnage a débuté le 22 mai, mais ce n'est qu'une semaine plus tard que la première larve a été capturée (figure 22 b) dans le secteur sud-est du lac, représentant une densité de 10 larves / 1 000 m³.

Du 31 mai au 3 juin (figures 22 c et d), les seules larves de stades A et B furent capturées aux stations situées au nord-ouest; par conséquent, aucune autre larve n'a été capturée dans tout l'est du lac. L'abondance maximale obtenue a été de 1 800 larves / 1 000 m³ au début de cette période (31 mai et 1^{er} juin) tandis que durant les deux jours suivant, l'abondance maximale a chuté à 100 larves / 1 000 m³.

Le 4 juin (figures 22 e), près de 700 larves / 1 000 m³ furent capturées un peu au sud de l'embouchure de la rivière Péribonka, et aucune autre larve n'a été retrouvée aux stations riveraines de l'est du lac.

Finalement, les 6 et 7 juin 1999 (figure 22 f), alors que toutes les stations furent visitées, seulement quelques larves ont été capturées, près de l'embouchure de la rivière Mistassini, ayant une abondance de 40 larves / 1 000 m³.

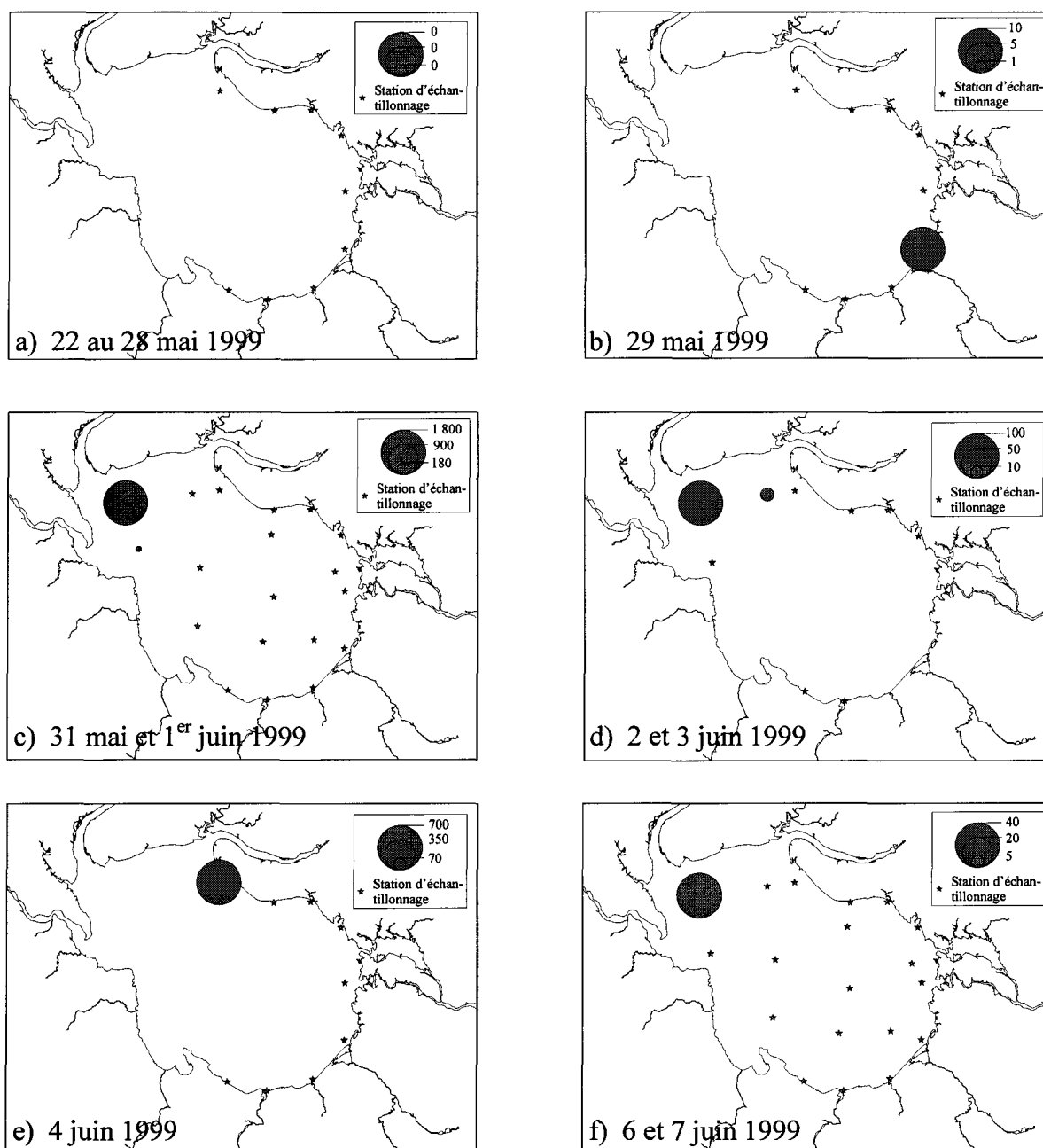
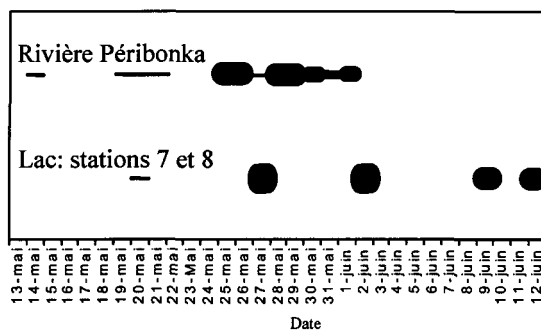


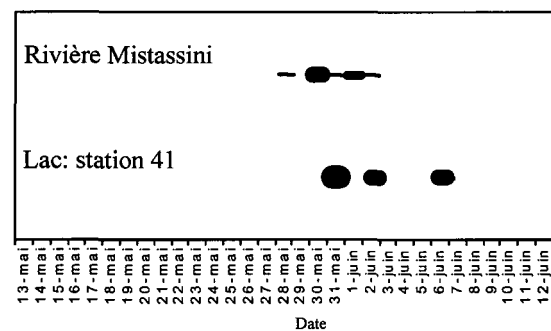
Figure 22: Abondance (nombre / 1 000 m³) et distribution spatio-temporelle des larves d'éperlan arc-en-ciel du stade A et B en 1999; du 22 au 28 mai (a), le 29 mai (b), les 31 mai et 1^{er} juin (c), les 2 et 3 juin (d), le 4 juin (e) et les 6 et 7 juin (f). Les cercles représentent l'abondance par station et les étoiles indiquent les stations où aucune larve n'a été capturée.

3.5 Abondance temporelle des larves d'éperlan en lac versus en rivières

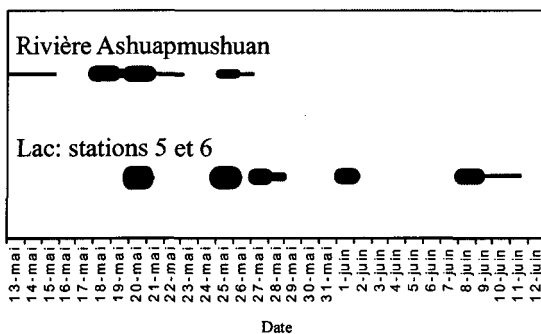
La figure 23 illustre la comparaison des captures journalières de larves d'éperlan des stades de développement A et B en rivières, avec les captures totales journalières en lac (stades A et B) des stations situées près de l'embouchure des rivières Péribonka, Mistassini et Ashuapmushuan. Dans tous les cas, les larves capturées en lac l'ont été le lendemain ou le surlendemain du début des captures en rivières.



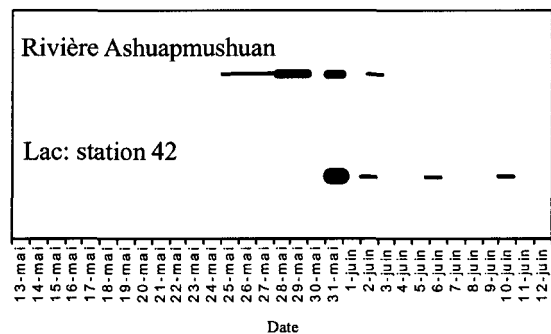
a) Rivière Péribonka 1998



b) Rivière Mistassini 1999



c) Rivière Ashuapmushuan 1998



d) Rivière Ashuapmushuan 1999

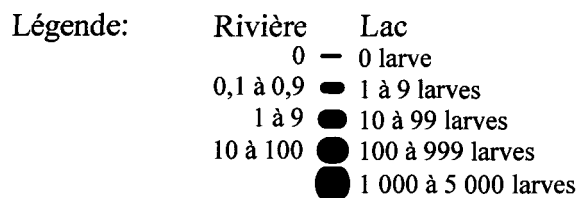


Figure 23 Abondance des larves aux stades A et B en rivière (nombre / 20 min) et en lac (nombre / 1 000 m³) aux stations situées près de l'embouchure de la rivière Péribonka en 1998 (a), de la rivière Mistassini en 1999 (b), de la rivière Ashuapmushuan en 1998 (c) et en 1999 (d). Les bandes d'épaisseurs différentes représentent l'intervalle de l'abondance indiqué dans la légende.

3.6 Estimé des dates de fraie dans les rivières

Le tableau 3 présente la température et la durée de l'incubation observées à différents endroits. Avec ces données, on peut estimer le nombre de degrés jours que nécessite l'incubation des œufs de l'éperlan arc-en-ciel. On obtient en moyenne 156,5 degrés jours.

Tableau 3 : Température, durée de l'incubation et le nombre de degré jours de l'incubation de différents auteurs.

Température	Durée de l'incubation	Nombre de degrés jour	Site	Référence
9 à 21°C	8 jours	120°jours *	<i>In vitro</i>	Cooper, 1978
5 à 8°C	19 à 20 jours	127°jours *	Lac Supérieur	Hale, 1960
6 à 7°C	29 jours	189°jours *	Rivière Miramichi	Mc Kenzie, 1964
7,1 à 8°C	25 jours	190°jours *	Rivière Miramichi	Mc Kenzie, 1964
4,4 à 10°C	24 jours	172°jours *	Lac Branch	Rupp, 1965
12 à 14°C	10 jours	141°jours	Rivière Métabetchouane	Gagnon, 2003
		Moyenne = 156,5		

* quand le nombre de degrés jours n'est pas mentionné dans la référence, il est calculé de la façon suivante : température moyenne journalière (°C) multipliée par la durée moyenne de l'incubation (jours).

La valeur de référence calculée au tableau 3 (156,5^ojours) permet d'estimer approximativement les dates de fraie de l'éperlan ainsi que la durée de l'incubation dans trois rivières du lac Saint-Jean où les températures journalières ont été mesurées et où le pic d'abondance de larves au stade A a été observé (date d'éclosion).

Au tableau 4, on constate que la durée de l'incubation des œufs d'éperlan dans la rivière Péribonka est la plus longue des trois rivières, tandis que dans les rivières Ashuapmushuan et Mistassini, la durée de l'incubation est relativement semblable.

Tableau 4 : Estimation des dates de fraie et de la durée de l'incubation des œufs d'éperlan des rivières Péribonka, Ashuapmushuan et Mistassini, en 1998 et en 1999.

Rivière (année)	Date 1^{ère} éclosion (figures 13 à 16)	Température (figure 6)	Nombre de degrés jour**	Date de fraie	Durée de l'incubation
Péribonka (1998)	25 mai	8 à 12 °C	153,5 °jours	11 mai	14 jours
Ashuapmushuan (1998)	19 mai	13 à 18 °C *	150,3 °jours	10 mai	9 jours
Ashuapmushuan (1999)	29 mai	13 à 14 °C	160,0 °jours	18 mai	11 jours
Mistassini (1999)	30 mai	12 à 15 °C	156,6 °jours	19 mai	11 jours

* Certaines températures journalières manquantes ont été complétées en utilisant des moyennes mobiles par intervalle de trois jours.

** Addition des températures moyennes journalières (figure 6) précédant la date de la 1^{ère} éclosion (figure 13 à 16), jusqu'à la journée (date de fraie) se rapprochant le plus du nombre de degrés jour calculé au tableau 3.

4. DISCUSSION

4.1 Caractéristiques des larves d'éperlan

Dans la plupart des études menées sur les jeunes poissons de l'année seulement, la longueur totale est utilisée pour comparer le développement des poissons (Robinson et *al.*, 1998; Dunstall, 1984; Tin et Jude, 1983). Dans notre étude, plusieurs caractéristiques morphologiques ont été utilisées pour distinguer les différents stades de développement, tels que décrits par Cooper (1978) afin que l'on puisse être en mesure de préciser la distribution spatio-temporelle des larves. Si nous avions utilisé seulement la longueur totale des larves, la recherche de frayère potentielle en lac n'aurait pas été possible parce que la longueur totale des larves n'affiche pas de différence significative entre les larves vésiculées (stades A et B, généralement encore situées près du site de fraie) et les non vésiculées (stade C). L'utilisation des caractéristiques morphologiques des larves a donc permis de décrire avec beaucoup plus de précision leur distribution spatio-temporelle.

La détermination de l'âge des larves aux stades A à C, a permis d'établir que leur âge variait de 1,7 jours au stade A, comparativement à 2,9 jours au stade C, alors que leur longueur n'affiche pas de différence significative.

Les larves d'éperlan arc-en-ciel capturées en lac et en rivière mesurent, à l'éclosion (stade A), entre 5,2 à 6,5 mm. Ces résultats sont comparables à ceux de Cooper (1978) qui

explique qu'en conditions naturelles, la longueur totale varie entre 5,5 et 6,0 mm, et à ceux de Auer (1982) dont les larves vésiculées dans les Grands Lacs ont entre 4,1 et 6 mm.

Les larves capturées en lac, aux stades de développement B à E en 1998 et aux stades C à G en 1999, ont une longueur totale inférieure à celle mesurée par Cooper (1978). Par exemple, les larves au stade E mesurent 8,4 mm en 1998 et 10,4 mm en 1999 (tableau 2). Pour le même stade de développement, Cooper (1978) mentionne des valeurs de 14 mm, soit 5,6 mm de plus qu'en 1998 et 3,8 mm de plus qu'en 1999. Nous croyons que cette différence est principalement due à la méthode de conservation : nous avons ajouté du méthanol 100 % dans les pots à échantillons qui contenaient à la fois les larves et le zooplancton récolté; la concentration finale correspondait davantage à 70 %. Cette méthode est contre indiquée pour une première conservation parce que dans l'alcool les tissus se détériorent et les spécimens se décomposent lentement (Peden, 1976 dans Girard 1990). Il aurait été préférable de fixer d'abord l'échantillon dans une solution de formol à 5 %, qui occasionne moins de rétrécissement qu'une solution d'éthanol (Cunningham et al.(2000) l'ont observé sur des larves de crayon d'argent (*Menidia beryllina*) également, Fiser et al. (1998) sur des larves de perchaude (*Perca flavescens*).

On observe également que la longueur totale moyenne des larves aux stades A à C capturées en lac est plus faible que celle des larves capturées en rivière; la différence est significative en 1998 mais non en 1999. Ces différences sont probablement attribuables

aux méthodes de conservation. En rivière, on a échantillonné seulement l'ichtyoplancton, les larves étant donc immédiatement mises dans des fioles contenant une solution de méthanol 100 % et de la glycérine. Effectivement, lors des mesures, ces larves étaient mieux conservées que celles capturées en lac. Il est à noter que les mêmes méthodes de conservation ont été utilisées pour les deux années d'échantillonnage.

La longueur totale des larves d'éperlan arc-en-ciel est significativement plus élevée en 1999 qu'en 1998. On ne peut attribuer ce résultat aux dates d'échantillonnage comme certains auteurs le prétendent, puisqu'on compare des stades de développement équivalents. On ne peut pas insinuer une abondance plus ou moins forte de nourriture une année parce que cette différence s'observe aussi chez les stades A et B, dont le sac vitellin n'est pas encore résorbé et qui n'ont pas commencé à s'alimenter de façon exogène. Ce sont les conditions environnementales pendant l'incubation et la grosseur des œufs qui affecteraient la taille des poissons à l'éclosion (Cooper, 1978; Scott et Crossman, 1974).

Les larves capturées en 1998 et en 1999 ont un indice de la superficie du sac vitellin semblable et ce, même si la longueur totale est différente. Donc, les larves de petite taille (1998) ont proportionnellement plus de réserve lipidique que les plus grosses (1999).

La longueur des larves a augmenté de 3,2 mm du stade A au stade E en 1998 comparativement à 4,0 mm en 1999. Ce résultat s'expliquerait par la température moyenne

qui a prévalu lors des 20 jours suivant l'apparition des premières larves, qui était en moyenne 2°C plus élevée en 1999 qu'en 1998. Arden et Farooqui (1981) (dans Hamley et *al.*, 1983) indiquent également que la température est le facteur majeur qui affecte la croissance des poissons.

4.2 Dérive des larves d'éperlan en rivières

4.2.1 Localisation des sites de fraie en rivières

Après l'éclosion, les larves dérivent passivement vers l'aval des cours d'eau jusqu'au lac, entraînées par le courant de la rivière, parce que leur capacité natatoire est très peu développée (Jude et *al.*, 1998; Robinson et *al.*, 1998; Johnston et Cheverie, 1988; Ouellet et Dodson, 1985b; Dunstall, 1984).

Dans la rivière Péribonka, sur les 18 km échantillonnés, des larves ont été capturées seulement jusqu'au 12^e km. Le secteur où les captures ont été les plus abondantes se situe entre les kilomètres 6 et 8.

En 1998, dans la rivière Ashuapmushuan, des larves ont été capturées jusqu'au 8^e kilomètre à partir de l'embouchure, soit en amont de l'île Michel-Ange. Étant donné que nous observons une abondance des larves qui est semblable de l'embouchure jusqu'au

kilomètre 8, le principal site utilisé pour la reproduction pourrait être situé dans les environs du 8^e kilomètre. En 1999, les larves ont été presque exclusivement capturées à l'embouchure de la rivière, nous permettant ainsi de déduire que le site de fraie est situé à cet endroit.

Dans le cas de la rivière Mistassini, la capture des larves s'est également limitée à l'embouchure où l'on considère que la reproduction s'y aurait déroulée.

La distribution des larves dans les divers tributaires étudiés a permis de déterminer des secteurs où la reproduction a eu lieu, sans toutefois localiser précisément les sites utilisés. C'est donc probablement dans ce secteur qu'il y a eu déposition d'œufs. Dans le cas de la rivière Ashuapmushuan, le secteur utilisé pour la reproduction a varié lors des deux années d'étude.

La vitesse du courant peut limiter la progression des reproducteurs. La vitesse théorique maximale de pointe que peut atteindre un éperlan de taille moyenne est de 2 m/s (Bjorn et Raiser, 1991). Un courant de 1,15 m/s, présent sur plusieurs mètres, aurait freiné la progression des éperlan (Brassad et Tardif, 1994). Par contre, lorsque la distance à franchir est courte (<1m), il est possible pour l'éperlan de franchir des secteurs où la vitesse du courant est plus élevée. Sur la rivière Fouquette, les éperlans ont franchi des courants

variant de 1,3 à 1,7 m/s. Un fort débit pourrait donc limiter la progression des reproducteurs vers l'amont, en l'absence d'obstacles pour offrir des abris.

De plus, le courant serait un facteur important dans le choix final du site de fraie. L'éperlan fraie face à des courants variant de 0,1 à 1,5 m/s (Dudnik et Shchukina, 1990; Robitaille et Vigneault, 1990; Gritsenko et *al.*, 1984). Les changements interannuels de localisation de sites de fraie à l'intérieur d'un même cours d'eau serait dû aux variations de débit du cours d'eau (Rotchild, 1961; Marcotte et Tremblay, 1948).

Nous devons également tenir compte du fait que la membrane de l'œuf peut perdre de l'adhésivité, se détacher de son substrat et conséquemment, dériver au gré des courants. À l'éclosion, ces oeufs sont déjà très loin du site de déposition initial (Jude et *al.*, 1998; Johnston et Cheverie, 1988). Dans nos grandes rivières, le cisaillement entre les œufs et les grains de sable, produit par les courants, pourrait détacher les œufs et les rendre libres. D'ailleurs, lors de nos échantillonnages en rivière, quelques œufs ont été récoltés dans les filets à plancton.

Lors de travaux ultérieurs, il sera très difficile de localiser plus précisément les sites de fraie par la recherche d'œufs étant donnée que ces rivières sont très larges dans les secteurs utilisés pour la reproduction, leur largeur étant d'un kilomètre et plus par endroit. De plus, la granulométrie de ces secteurs semble uniforme et très fine; on y retrouve

pratiquement que du sable, habituellement non propice à la fraie de l'éperlan et empêchant d'effectuer une recherche d'œufs dans des endroits où on retrouverait un substrat plus grossier. De la même façon, Lecompte et Dodson (2004) ont localisé le site de fraie de l'éperlan de la rive nord du fleuve Saint-Laurent dans l'estuaire fluvial, à proximité de Neuville et il s'étend sur une distance de 20 km.

4.2.2 Comparaison de l'abondance entre rivières

En 1998, les rivières Ashuapmushuan et Péribonka ont été visitées. Les densités maximales capturées dans l'Ashuapmushuan (6 / 20 min) sont très faibles par rapport à celles de la Péribonka (220 / 20 min). En 1999, l'abondance des larves dans la Mistassini est également très faible et elle se situe dans les mêmes ordres de grandeur que les captures dans l'Ashuapmushuan en 1998 et 1999. À la lumière de ces résultats, on peut prétendre qu'en 1998, la population d'éperlan de la Péribonka était la plus importante des trois tributaires, en terme de production de larves.

4.2.3 Estimé des dates de fraie dans les rivières

En 1998, les dates de fraie dans la Péribonka et dans l'Ashuapmushuan sont semblables mais les dates d'éclosion ont une différence de 6 jours; au total, l'incubation dans la Péribonka a duré cinq jours de plus que dans l'Ashuapmushuan. Cette différence est due à la température plus froide dans la Péribonka, influencée par l'évacuation des eaux

de fond (plus froides qu'en surface) par le barrage hydroélectrique de Chute à Savane, située à 19 km de l'embouchure de la rivière.

La date de fraie, la durée de l'incubation et la date de l'éclosion des œufs dans les rivières Ashuapmushuan et Mistassini présentent beaucoup de similitude (plus ou moins un jour d'écart); ce sont deux rivières naturelles (sans barrage) ayant un régime thermique semblable.

4.3 Dispersion des larves d'éperlan en lac

En lac, les premières larves ont été capturées à partir du 18 mai, en 1998 et à partir du 29 mai, en 1999, soit onze jours plus tard. On note par contre seulement deux jours de décalage entre le pic d'abondance des protolarves : 27 et 28 mai en 1998 et 31 mai et 1^{er} juin en 1999. L'arrivée hâtive de quelques larves en 1998 peut être expliquée par les températures élevées observées à la fin avril, mais qui sont revenues à la normale au début mai.

Au lac Saint-Jean, lors des premiers stades de développement, les larves sont plus abondantes dans la zone riveraine, que dans la zone pélagique. Lors des stades de développement subséquents, l'abondance des larves est encore plus importante en zone

riveraine bien que les larves se propagent graduellement sur toute la superficie du lac. Ceci est différent des observations faites aux lacs Michigan et Ontario, où après l'éclosion, les larves de poissons se sont dispersées au large vers les strates plus profondes (Nash et Geffen, 1991; Dunstall, 1984; Tin et Jude, 1983).

Nous avons vu que les jeunes éperlans ont majoritairement été capturés à 1,5 mètre de la surface. Au lac Huron, les plus fortes abondances se retrouvaient entre le deuxième et le sixième mètre de la surface (O'Gorman, 1983), alors que dans le nord du lac Ontario les plus fortes abondances étaient observées à 0,5 mètre de la surface (Dunstall, 1984). On constate donc qu'il y a beaucoup de variations quant à la profondeur des larves dans la colonne d'eau et que les résultats obtenus au lac Saint-Jean se situent entre les valeurs mentionnées dans la littérature.

Durant les premières semaines de leur développement, les larves d'éperlan arc-en-ciel ont une capacité de nage très peu développée (Johnston et Cheverie, 1998; Robinson et *al.*, 1998; Nash et Geffen, 1991; Tin et Jude, 1983); leurs déplacements en rivière, du lieu de fraie jusqu'au lac ou dans l'estuaire, sont fonction de l'hydrologie de celle-ci (Robinson et *al.*, 1998) et ce, même si l'intensité lumineuse affecte la distribution verticale (Ouellet et Dodson, 1985). Jude et *al.* (1998) expliquent que c'est avantageux pour les larves de poissons de dériver rapidement, en empruntant le chenal de la rivière, afin d'atteindre l'aire d'alevinage. En lac, Nash et Geffen (1991) affirment qu'il est probable que la dispersion

des larves de poissons soit facilitée par les courants; ils citent en exemple le lac Michigan où les vitesses atteignent 55 cm/s (1,98 km/h) dans la direction nord-sud. Dans le fleuve Saint-Laurent, le mécanisme de dispersion des larves est différent : après l'éclosion, les larves d'éperlan de la rive nord dérivent sur environ 100 km en quelques jours puis atteignent l'aire d'alevinage. Ensuite elles s'y maintiennent grâce à des migrations verticales combinées aux courants des marées (Lecompte et Dodson, 2004).

Leclerc (1985) a établi par modélisation les patrons de distribution des courants selon la direction des vents dominants (figure 24). En général, la direction des écoulements de surface est semblable à celle du vent : les courants les plus forts sont près du littoral, en zone peu profonde et ils convergent vers un point en opposition à la direction du vent (point de convergence superficielle) (Leclerc, comm. pers). Au lac Saint-Jean, des vents de 6,4 m/s (23 km/h) produisent des courants de dérive dans la zone littorale d'une vitesse variant entre 0,1 et 0,2 m/s (0,36 et 0,72 km/h).

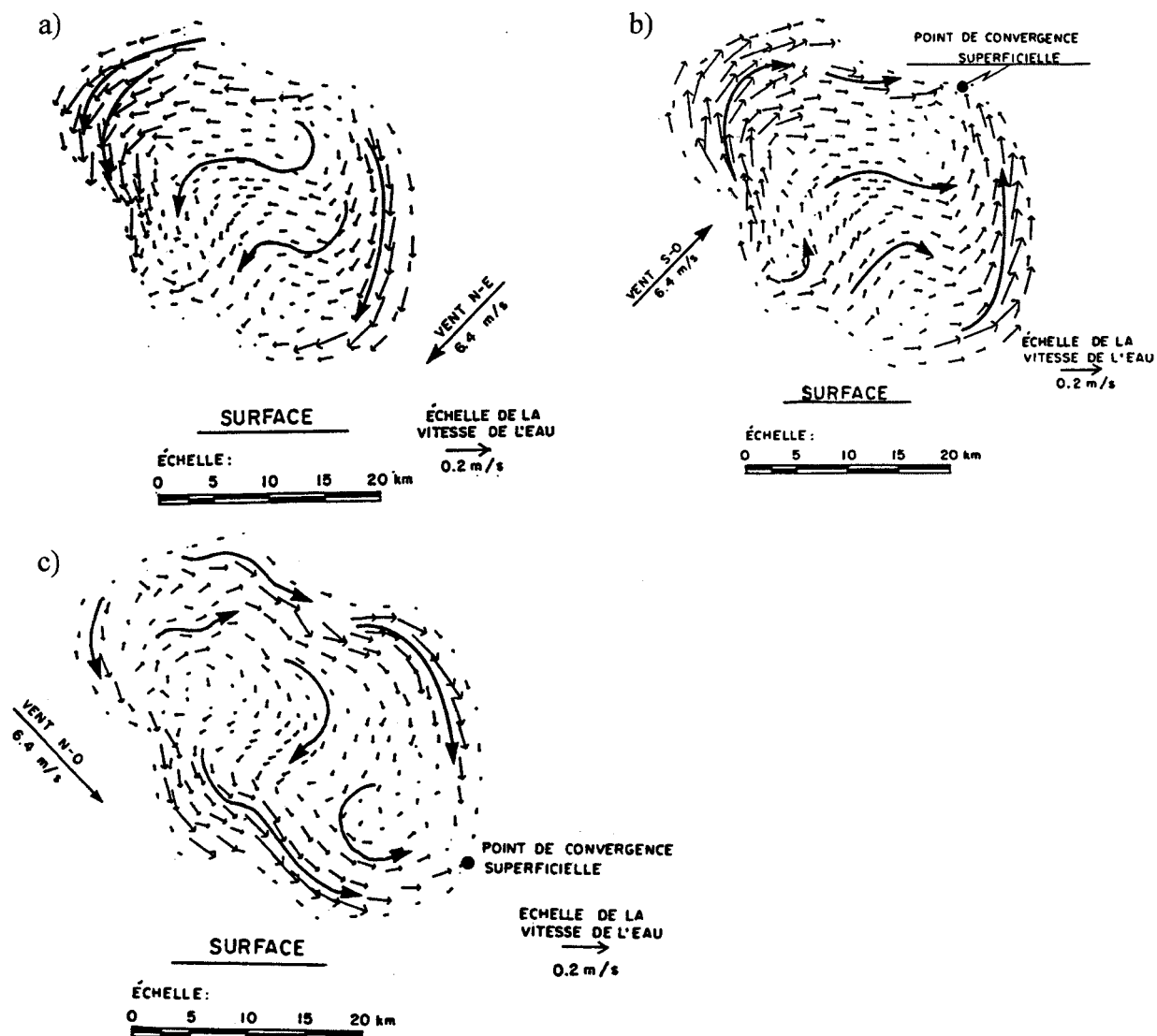


Figure 24 : Distribution et vitesse des courants de surface en lac en fonction des vents dominants en provenant du nord-est (a), du sud-ouest (b) et du nord-ouest (c), tiré de Leclerc (1985).

En 1998, durant les deux dernières semaines de mai, les vents dégageant le plus d'énergie provenaient de l'est-sud-est, avec des vitesses moyennes de 26,2 km/h. La direction des courants de surface du lac Saint-Jean, engendrés par des vents du sud-est, n'a pas été étudiée par Leclerc (1985). Toutefois, les courants les plus forts prenant source au sud (secteur Saint-Gédéon à Alma), se dirigent vers le nord et s'annulent à l'embouchure des rivières Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka. Le point de convergence des courants, en opposition à la direction du vent, se situerait donc près de l'embouchure de la rivière Mistassini.

De façon générale, nous observons une colonisation graduelle du lac du nord (où sont situés les sites connus de reproduction) vers le sud. En 1998, les vents ont été principalement du sud-est au début de l'apparition des larves des stades A et B, pour provenir du nord-ouest par la suite. Les larves des stades A et B ont tout d'abord été capturées au nord du lac d'où elles se seraient dispersées rapidement grâce aux courants engendrés par les vents du nord-ouest, résultant en une répartition des larves de stades C et D à peu près dans tout le plan d'eau. Les vents, à nouveau du sud-est, à la mi-juin, n'auraient qu'accentué la dispersion des larves.

En 1999, les premières larves arrivées en lac, entre la fin mai et le début juin, étaient également situées au nord, où on retrouve les sites connus de reproduction. Les larves des stades A à C y auraient été confinées par les courants entraînés par les vents du sud-est qui

ont régné durant toute cette période. À partir du 11 juin, les vents qui ont dégagé le plus d'énergie sont ceux provenant de l'ouest et de l'ouest-nord-ouest, inversant les courants, ce qui aurait dispersé rapidement les larves vers le sud et sur toute la superficie du lac (stades D à G).

À partir du stade de développement C, les larves d'éperlan débutent leur alimentation exogène de manière significative (Fortin, 2002). Un confinement prolongé dans un secteur, particulièrement dans le secteur nord, durant une période critique du développement peut être un désavantage pour l'éperlan, puisque Fortin (2002) a démontré qu'au lac Saint-Jean, la densité minimale des proies dans le milieu doit être de 3 ind. L⁻¹ pour garantir un succès d'alimentation positif des larves d'éperlan au stade C. De plus, l'abondance des larves dans un même secteur pourrait exercer une pression de prédation significative sur les communautés zooplanctoniques du lac (Welker et *al.*, 1994; DeVries et Stein, 1992). D'ailleurs, Fortin (2002) a observé un meilleur succès d'alimentation des larves d'éperlan aux stades C et D en 1998 qu'en 1999.

4.3.1 Localisation de nouveaux sites potentiels de reproduction

Des quantités importantes de larves aux stades de développement A et B ont été capturées en 1998 au sud-ouest du plan d'eau, laissant supposer qu'une activité de reproduction s'y serait déroulée. Ce secteur est situé à environ 30 km de l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan, qui est le secteur connu où il y a de la reproduction. Des courants

engendrés par des vents du nord-ouest d'une vitesse de 23 km/h auraient pu entraîner les larves provenant de la rivière Ashuapmushuan, jusque dans ce secteur, en moins de deux jours, mais cette situation est peu probable étant donné que les vents du 15 au 25 mai étaient de l'est-sud-est et avaient une vitesse de 26 km/h; une fois écloses, les larves auraient graduellement été entraînées du sud vers le nord.

Une larve au stade de développement B a été capturée le 29 mai 1999 au sud-est du lac, près de l'embouchure de la rivière belle Rivière, au moment du début de la dérive des larves dans les rivières Ashuapmushuan et Mistassini. Le lieu de capture étant situé à environ 42 km de l'embouchure des rivières Ashuapmushuan et Mistassini, il est peu probable que cette larve provienne d'un de ces deux sites de reproduction.

En 1996 et en 1997, des rassemblements d'adultes en période de reproduction ont été capturés près de l'embouchure de la rivière Ouatouchouane, située au sud du plan d'eau. Cependant, aucun œuf n'y a été observé lors d'inventaires effectués dans ce secteur, tant dans la rivière que dans le lac (Comm. pers., Michel Legault, FAPAQ).

Il est possible que l'éperlan du lac Saint-Jean se reproduise principalement dans les rivières Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka, et qu'une reproduction ait également lieu en lac, les sites utilisés variant d'une année à l'autre selon les conditions qui prévalent au moment de la reproduction, tel que mentionné par Rupp (1965).

5. CONCLUSION

Les principaux sites de fraie de l'éperlan arc-en-ciel sont situés dans la partie nord du lac Saint-Jean, plus spécifiquement dans les rivières Péribonka, Mistassini et Ashuapmushuan. Dans la rivière Péribonka, la reproduction a eu lieu entre le 6^e et le 8^e km de l'embouchure; dans la rivière Ashuapmushuan, la fraie se situerait entre l'embouchure et le 8^e km tandis que dans la rivière Mistassini, la fraie a lieu dans l'embouchure. D'une année à l'autre, l'emplacement du site de fraie dans la rivière Ashuapmushuan peut varier quelque peu.

Le barrage hydroélectrique de Chute à Savane, sur la rivière Péribonka, qui évacue l'eau par le fond, ralentit le développement des œufs d'éperlan, augmentant ainsi la durée de l'incubation. En 1998, l'estimé de la durée de l'incubation dans la rivière Ashuapmushuan a été de 9 jours, comparativement à une durée de 14 jours dans la Péribonka.

Selon nos observations, la population d'éperlan de la rivière Péribonka semble être la plus importante des trois tributaires, en terme de production de larves.

L'arrivée hâtive de quelques larves en lac, en 1998, soit onze jours plus tôt qu'en 1999, peut être expliquée par les températures élevées observées à la fin avril. Les températures sont par contre revenues à la normale au début mai et c'est pourquoi, on note seulement deux jours de décalage entre le pic d'abondance des protolarves en lac.

Les jeunes larves d'éperlan ayant une capacité natatoire limitée, sont entraînées au gré des courants, ce qui a pour conséquence de les déplacer rapidement du site de déposition des œufs jusqu'au lac. On a capturé des larves en lac, près des embouchures des rivières Mistassini, Ashuapmushuan et Péribonka, un à deux jours après les premières captures en rivière.

Une fois rendues dans le lac Saint-Jean, les larves d'éperlan sont déplacées latéralement par les courants du lac Saint-Jean, qui eux, sont fonction des vents dominants. En 1998, une dominance des vents nord-ouest auraient rapidement dispersé les larves du nord (où on retrouve les sites de reproduction) vers le sud du lac. En 1999, les premières larves arrivées au lac Saint-Jean étaient également situées au nord, près des sites de reproduction. Durant la période qui a suivi leur apparition dans le lac, on a enregistré des vents dominants du sud-est, ce qui aurait confiné les larves des stades de développement A à C dans le secteur nord. Ensuite, les vents se sont inversés (ouest et ouest-nord-ouest), dispersant rapidement les larves vers le sud et sur toute la superficie du lac.

Les conditions climatiques, en l'occurrence les vents dominants, jouent un rôle important dans la dispersion des larves d'éperlan, vers la zone d'alimentation, surtout pendant une période critique du développement, c'est-à-dire le passage de l'alimentation endogène à exogène. La régulation de l'abondance de l'éperlan dépendra en partie des vents du sud-est qui auront d'autant plus d'impact sur le recrutement qu'ils seront soutenus

lors de l'arrivée des larves dans le lac. Cette expérience ne permet cependant pas d'en mesurer exactement les effets.

En 1998, des protolarves furent capturées au sud-ouest du lac; à ce moment, on enregistrait des vents de l'est-sud-est, suggérant alors que ces larves proviendraient peut être d'un site de reproduction dans ce secteur et non du nord, en référence aux sites de reproduction connus situés au nord du lac (rivière Ashuapmushuan, Mistassini et Péribonka). D'ailleurs, en 1996 et en 1997, des rassemblements de reproducteurs ont été capturés près de l'embouchure de la rivière Ouiatchouane.

RÉFÉRENCES

- Auer, N. A.** 1982. Identification of larval fishes of the great lakes basin with emphasis on the lake Michigan drainage. Great lakes fishery commission, Michigan, special publication, Ann Arbor, 82-3, 744 pages.
- Bjorn et Raiser** , 1991. Influences of forest and rangeland management on salmonid fisheries and their habitats. American Fisheries Society special publication # 19.
- Bouchard, L. et H. Royer.** 1997. Recherche de frayères à éperlans arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) dans le lac Saint-Jean en 1996. Rapport du Centre Écologique du Lac Saint-Jean Inc., 59 pages, 6 annexes.
- Bourassa, J. J. et R. Lesage.** 1973. Visite de frayère d'éperlan, lac Kénogami, 1973. Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, 19 pages.
- Brassard, C. et R. Tardif.** 1994. Observations sur des sites de reproduction de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) des rivières Ouelle et Fouquette. Ministère de l'Environnement et de la Faune. Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune. Direction régionale du Bas-St-Laurent, 20 pages.
- Brassard, C. et G. Verreault.** 1995. Indice de qualité de l'habitat de reproduction de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) anadrome de l'estuaire sud du Saint-Laurent. Ministère de l'Environnement et de la Faune. Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune. Direction régionale du Bas-St-Laurent, 33 pages.
- Centre Écologique du Lac Saint-Jean Inc. (CÉLSJ),** 1989. Régime alimentaire de différentes espèces de poissons du Lac Saint-Jean. Rapport préliminaire, Centre Écologique du Lac Saint-Jean Inc., 16 pages et annexes.
- 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*. Trans. Am. Fish. Soc., Vol. 107 (1) : 56-62.
- Corporation LACTivité Pêche Lac Saint-Jean.** 2001. La pêche sportive dans l'AFC du lac Saint-Jean, rapport annuel 2001, principales règles 2002, renseignements utiles. Corporation LACTivité Pêche Lac Saint-Jean, 22 pages.

- Cunningham M. K., W. F. Granberry, K. L. Pope.** 2000. Shrinkage of Inland Silver-side larvae preserved in ethanol and formalin. *North American Journal of Fisheries Management*, 20 (3) : 816-818.
- Desjardins, R.** 1989. Régime alimentaire de différentes espèces de poissons du lac Saint-Jean. Centre écologique du lac St-Jean inc., 54 pages.
- DeVries, D. R. et R. A. Stein,** 1992. Complex interactions between fish and zooplankton : quantifying the role of an open-water planktivore. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49 : 1216-1227.
- Dudnik, Y. I. et F.G. Shchukina.** 1990. Spawning of rainbow smelt, (*Osmerus mordax dentex*), in the rivers of Northwest Sakhalin. *Voprosy Ikhtiologii*. 30 (1): 151-154.
- Dunstall, T. G.** 1984. Distribution of rainbow smelt and alewife larvae along the north shore of lake Ontario. *Great Lakes Res.*, 10 (3) : 273-279.
- Fisher S. J., M. R. Anderson, D. W. Willis.** 1998. Total length reduction in preserved yellow perch larvae. *North American Journal of Fisheries Management*, 18 (3) : 739-742.
- Fortin, A.-L.** 2002. Régime alimentaire et principaux facteurs influençant l'alimentation des jeunes éperlans arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) du lac Saint-Jean. Mémoire de maîtrise en ressources Renouvelables, Université du Québec à Chicoutimi, 107 pages.
- Gagnon, K.** 2003. Production d'éperlan arc-en-ciel au lac Saint-Jean en 2003 au moyen d'incubateurs. Corporation LACTivité Pêche Lac-Saint-Jean, 21 pages et annexes.
- Gingras, S.** 1994. Chasse et pêche au Québec; Un siècle d'histoire. Les Éditions Rapides Blanches inc. St-Raymond, Québec, 351 pages.
- Girard, P.** 1990. Liquides de préservation. Note de service. Direction régionale du Saguenay – Lac Saint-Jean, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 3 pages.
- Greenberg, A. E., L. S. Clesceri et A. D. Eaton.** 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th edition. American Public Health Association. Water Works Association & Water Environment Federation, Washington DC, 950 pages.

- Gritsenko, O. F., A. A. Churikov et S. S. Rodionova.** 1984. The reproductive ecology of the arctic smelt, (*Osmerus mordax dentex*) (osmeridae), in the rivers of Sakhalin Island. J. Ichtyol. 24(3) : 23-33.
- Hale, J.** 1960. Some aspects of the life history of the smelt (*Osmerus mordax*) in western Lake Superior. Minn. Fish Game Invest., Fish. Ser. 2, Rep. 204: 25-41.
- Hamley, M. J., T. P. Howley et A. L. Punhani.** 1983 Estimating larval fish abundances from plankton net catches in Long Point Bay, lake Erie, in 1971-78. J. Great Lakes Res., 9 (4) : 452-467.
- Ivanova, M. N. et S. N. Polovkova.** 1972. Types of spawning grounds and spawning ecology of the landlocked smelt (*Osmerus eperlanu* L.) in Rybinsk reservoir. Journal of ichthyology, 12 (4) : 625-633.
- Johnston C. E. et J. C. Cheverie.** 1988. Observations on the diel and seasonal drift of eggs and larvae of anadromous rainbow smelt, *Osmerus mordax*, and blueback herring, *Alosa aestivalis*, in a coastal stream on Prince Edward Island. Canadian Field-Naturalist, 102 (3) : 508-514.
- Jones, H. G., M. Leclerc, M. Ouellet, L. Potvin, P. Couture, D. Cluis, W. Sochanska et J. Sochanski.** 1979. Productivité des eaux du lac Saint-Jean. INRS-Eau, Université du Québec. Rapport scientifique No. 76, 598 pages.
- Jude, D. J., F. J. Tesar et T. H. Tin.** 1998. Spring distribution and abundance of larval fishes in the St. Marys river, with a note on potential effects of freighter traffic on survival of eggs and larvae. J. Great Lakes Res., 24 (3) : 569-581.
- Kendall, W. et K. A. Havey.** 1985. Life history, ecology and management of Maine landlocked salmon (*Salmo salar*). Maine Department of Inland Fisheries and Wildlife Augusta, 127 pages.
- Krohn S.** 2001. Site Internet www.windpower.org de l'Association danoise de l'industrie éolienne.
- LaBar, G. W.** 1993. Using bioenergetics models to predict the impact of increased lake trout predation following sea lamprey control on rainbow smelt. Trans. Am. Fish. Soc. 122 : 942-950.

- Lachance, S.** 1995. L'éperlan arc-en-ciel d'eau douce (*Osmerus mordax*) : facteur 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 pages.
- Lalancette, L.-M.,** 1986. Croissance et régime alimentaire de l'éperlan, *Osmerus mordax* (Mitchill), de Vauvert au lac Saint-Jean. Sciences et techniques de l'eau, 19 (4) : 313-320.
- Lapointe, A.** 2002. Expérimentation d'un nouveau type de capteurs à œufs d'éperlans arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) et observation sur la migration printanière dans la rivière aux Rats en 2001. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Saguenay–Lac-Saint-Jean, Jonquière, 45 pages et annexes.
- Laprise R. et J. J. Dodson.** 1989. Ontogeny and importance of tidal vertical migrations in the retention of larval smelt *Osmerus mordax* in a well-mixed estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 55: 101-111.
- Larose, M. et L. Bouchard.** 1997. Incubation d'œufs d'éperlans arc-en-ciel en jarre, au ruisseau de l'Église, Manuel d'opération. Rapport du Centre Écologique du Lac Saint-Jean inc., 22 pages, 2 annexes.
- Lawton, R. P., J. Boardman, B. Kelley and V. Malkoski.** 1999. Population structure and habitat characterization of spawning anadromous, rainbow smelt, *Osmerus mordax*, Western Cape Cod Bay, Massachusetts. First North American Workshop on Rainbow Smelt, pp. 31.
- Lecompte, F. et J. J. Dodson.** 2004. Role of early life-history constraints and resource polymorphism in the segregation of sympatric populations of an estuarine fish. Evolutionary Ecology Research. 6: 631-658.
- Lefebvre, R.** 2003. Régime alimentaire de la ouananiche (*Salmo salar*) du lac Saint-Jean (1997-2003). Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Saguenay–Lac-Saint-Jean, 57 pages.
- Leclerc, M.** 1978. Quelques caractéristiques limno-physiques du lac Saint-Jean. Rapport sur la productivité biologique des eaux du lac Saint-Jean. INRS-Eaux, 49 pages.
- Leclerc, M.** 1985. Modélisation tridimensionnelle des écoulements à surface libre par élément finis : Application au lac Saint-Jean (Québec) Université de technologie de Compiègne, 232 pages.

- Legault, M.** 1998. Élaboration d'une méthode d'évaluation de l'abondance relative de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) du lac Saint-Jean. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 43 pages.
- Legault, M.** 2001. Importance de l'éperlan arc-en-ciel pour la ouananiche. Corporation LACTivité Pêche Lac-Saint-Jean, La pêche sportive dans l'AFC du lac Saint-Jean. Rapport annuel 2001, 23 pages.
- Legendre, V.** 1967. Le saumon d'eau douce du Québec : le poisson de sport de l'avenir. Gouvernement du Québec, Division de la recherche sur la faune, 25 pages.
- Lesueur, C. et L. Bouchard.** 1995. Rapport du volet "Étude" du projet : Localisation, description et protection des frayères à éperlans du fjord du Saguenay. Rapport de l'association de pêche blanche de l'Anse-aux-foins de St-Fulgence au Ministère Pêche et Océans Canada et au Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 39 pages et annexes.
- Mahy, G.** 1975. Étude comparée des régimes alimentaires de la ouananiche, du doré et du grand brochet. Centre de recherche du Moyen-Nord, contribution à la biologie de la ouananiche. Rapport miméographié. Université du Québec à Chicoutimi, 143 pages.
- Marcotte, A. et J. L. Tremblay.** 1948. Notes sur la biologie de l'éperlan, *Osmerus mordax* (Mitchhill), de la province de Québec. Contrib. Stn. Biol. Saint-Laurent. Cahier 18. 107 pages.
- McKenzie, R. A.** 1964. Smelt life history and fishery in the Miramichi River, New Brunswick. Fish. Res. Board Can. Bull 144. 77 pages.
- Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.** 1990. Programme quinquennal 1990-1994 d'ensemencement de la ouananiche (*Salmo salar*) au lac Saint-Jean, 14 pages.
- Nadon, L.** 1991. Évaluation du régime alimentaire et de la croissance de la ouananiche (*Salmo salar* L.) du lac St-Jean. Mémoire de maîtrise en ressources renouvelables, Université du Québec à Chicoutimi, 108 pages.
- Nash, R. D. M. et A. J. Geffen.** 1991. Spatial and temporal changes in the offshore larval fishes assemblage in southeastern lake Michigan. J. Great Lakes Res. Vol. 17 (1) : pages 25-32.

- O'Gorman R.** 1983. Distribution and abundance of larval fish in the nearshore waters of western lake Huron. *J. Great Lakes Res.*, 9 (1) : 14-22
- O'Gorman R., R. Bergstedh et T.H. Eckert.** 1987. Prey fish dynamics and salmonine predator growth in Lake Ontario, 1974-1984. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44 : 390-403
- Ouellet, P. et J. J. Dodson.** 1985a. Dispersion and retention of anadromous rainbow smelt (*Osmerus mordax*) larvae in the middle estuary of the St-Lawrence River. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42 : 332-341.
- Ouellet, P. et J. J. Dodson.** 1985b. Tidal exchange of anadromous rainbow smelt (*Osmerus mordax*) larvae between a shallow spawning tributary and the St-Lawrence River estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42 : 1353-1358.
- Plosila, D. S.** 1984. Spacial distribution of rainbow smelt spawning in the New York waters of Lake Champlain. *N. Y. Fish Game J.*, 31 : 109-111.
- Robinson, A. T., R. W. Clarkson et R. E. Forrest.** 1998. Dispersal of larval fisheries in a regulated river tributary. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 127 : 772-786.
- Robitaille , J. A. et Y. Vigneault.** 1990. L'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) anadrome de l'estuaire du Saint-Laurent : synthèse des connaissances et problématique de la restauration des habitats de fraie dans la rivière Boyer. *Can. Sci. Halieu. et aqua.* No 2057 : 56 pages.
- Rotchild, B. J.** 1961. Production and survival of eggs of the american smelt (*Osmerus mordax*) (Mitchill), in Maine. *Trans. Am. Fish. Soc.* 90(1): 42-48.
- Rupp, R. S.** 1965. Shore-spawning and survival of eggs of the american smelt. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 94 (2) : 160-168.
- Sayer, R. E. Jr, J. R. Moring, P. R. Johnson et S. A. Roy.** 1989. Importance of rainbow smelt in the winter diet of landlocked atlantic salmon for Maine lakes. *North American Journal of Fisheries Management*, 9 : 298-302.
- Scott, W. B. et Crossman E. J.** 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Bulletin 184. Ministère de l'Environnement, Service des pêches et des sciences de la mer, 1026 pages.

- Sirois, P., F. Lecompte. J. J. Dodson.** 1998. An otolith-based back-calculation method to account for time-varying growth rate in rainbow smelt (*Osmerus mordax*) larvae. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55 : 2662-2671.
- Sirois, P.** 2003. Recrutement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) dans le lac Saint-Jean. Rapport d'étape (Janvier 2003 – Décembre 2003) présenté par l'Université du Québec à Chicoutimi à la Corporation LACTivité Pêche Lac Saint-Jean (CLAP), 9 pages.
- Tin, H. T. et D. J. Jude,** 1983. Distribution and growth of larval rainbow smelt in eastern Lake Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 112 : 517-524.
- Valentine, M.** 1989. Étude de la densité et de la répartition de la faune ichthyenne du Lac Saint-Jean. Rapport préparé pour la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée. Centre écologique du Lac Saint-Jean Inc., 47 pages, 6 annexes.
- Valentine, M.** 1991. Aménagement hydroélectrique de l'Ashuapmushuan. Avant-projet phase I. Étude environnementale, faune ichthyenne. Volume 1 : Synthèse des connaissances sur la ouananiche et les autres espèces ichthyennes. Centre Écologique du Lac Saint-Jean Inc., et Groupe Environnement Shooner Inc. pour la Vice-présidence Environnement Hydro-Québec, Montréal, 76 pages.
- Wells, L. et A. L. McLain.** 1972. Lake Michigan : effects of exploitation, introductions, and eutrophication on the salmonid community. *J. Fish. Res. Board Can.* 29: 889-898.
- Welker, M. T., C. L. Pierce et D. H. Wahl,** 1994. Growth and survival of larval fishes : roles of competition and zooplankton abundance. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 123 : 703-717.

ANNEXES

Annexe 1 : Coordonnées géographiques, profondeur d'échantillonnage à partir de la surface et profondeur moyenne pour les stations pélagiques.

Stations	Profondeur d'échantillonnage		Profondeur moyenne (m)	Départ		Arrivé	
	1998	1999		Latitude (Nord)	Longitude (Ouest)	Latitude (Nord)	Longitude (Ouest)
11	1,5 et 3,5	3,5	5	48°35'32"	71°49'45"	48°35'32"	71°49'20"
12	1,5 et 3,5	3,5	15	48°30'13"	71°52'12"	48°30'02"	71°51'49"
21	1,5 et 3,5	3,5	30	48°38'30"	71°57'26"	48°38'18"	71°57'03"
22	1,5 et 3,5	3,5	35	48°33'34"	71°57'06"	48°33'24"	71°56'43"
23	1,5 et 3,5	3,5	40	48°29'58"	71°58'20"	48°29'49"	71°58'00"
31	S.P.	3,5	10	48°41'43"	72°06'54"	48°41'26"	72°06'45"
32	1,5 et 3,5	3,5	12	48°35'52"	72°05'57"	48°35'39"	72°05'37"
33	1,5 et 3,5	3,5	5	48°31'10"	72°06'10"	48°31'03"	72°05'53"
41	S.P.	1,5	2	48°40'55"	72°15'04"	48°40'42"	72°14'49"
42	S.P.	3,5	25	48°36'19"	72°13'43"	48°36'06"	72°13'20"

S.P. : ne s'applique pas

Annexe 2 : Coordonnées géographiques, isobathes et profondeur d'échantillonnage à partir de la surface, pour les stations riveraines, en 1998 et en 1999.

Stations	Isobathe	Profondeur d'échantillonnage		Départ		Arrivé	
		1998	1999	Latitude (Nord)	Longitude (Ouest)	Latitude (Nord)	Longitude (Ouest)
1	3	1,5 m	1,5 m	48°25'52"	72°02'02"	48°26'06"	72°02'29"
	5	Surface - 3,5 m	3,5 m	48°25'55"	72°02'02"	48°26'11"	72°02'27"
2	3	1,5 m	S.P.	48°28'33"	72°06'30"	48°28'16"	72°06'20"
	5	Surface - 3,5 m	S.P.	48°28'39"	72°05'54"	48°28'25"	72°05'43"
3	3	1,5 m	S.P.	48°26'57"	72°09'15"	48°27'01"	72°09'50"
	5	Surface - 3,5 m	S.P.	48°28'01"	72°09'26"	48°28'21"	72°09'16"
4	3	Surface - 3,5 m	S.P.	48°31'25"	72°13'02"	48°31'05"	72°12'58"
	5	Surface - 3,5 m	S.P.	48°31'08"	72°12'04"	48°31'28"	72°12'13"
5	3	Surface - 3,5 m	S.P.	48°34'59"	72°13'56"	48°35'06"	72°14'22"
	5	Surface - 3,5 m	S.P.	48°35'25"	72°14'17"	48°35'07"	72°14'04"
6	2	Surface	S.P.	48°37'17"	72°17'48"	48°37'37"	72°17'58"
	5	Surface - 3,5 m	S.P.	48°37'25"	72°14'31"	48°37'39"	72°14'11"
7	2	Surface	S.P.	48°44'33"	72°10'15"	48°44'42"	72°09'42"
	3	1,5 m	S.P.	48°44'19"	72°10'08"	48°44'23"	72°09'39"
	5	Surface - 3,5	S.P.	48°42'46"	72°10'03"	48°42'45"	72°09'34"
8	2	Surface	Surface	48°42'24"	72°02'53"	48°42'10"	72°02'29"
	3	1,5 m	1,5 m	48°42'15"	72°03'24"	48°41'58"	72°03'00"
	5	Surface - 3,5	S.P.	48°41'22"	72°04'55"	48°41'13"	72°04'31"
9	2	S.P.	Surface	48°40'22"	71°57'07"	48°40'22"	71°56'43"
	3	S.P.	1,5 m	48°40'15"	71°57'14"	48°40'17"	71°56'39"
10	2	S.P.	Surface	48°40'33"	71°52'38"	48°40'21"	71°52'20"
	3	S.P.	1,5 m	48°40'32"	71°52'40"	48°40'17"	71°52'22"
13	3	S.P.	1,5 m	48°38'33"	71°48'44"	48°38'16"	71°48'28"
	5	S.P.	3,5 m	48°38'30"	71°49'21"	48°38'18"	71°48'51"
14	3	S.P.	1,5 m	48°33'42"	71°48'14"	48°33'57"	71°48'39"
	5	S.P.	3,5 m	48°34'10"	71°48'02"	48°34'12"	71°48'29"
15	3	S.P.	1,5 m	48°29'25"	71°48'13"	48°29'03"	71°48'29"
	5	S.P.	3,5 m	48°29'44"	71°48'13"	48°29'31"	71°48'36"
16	3	S.P.	1,5 m	48°26'22"	71°51'43"	48°26'12"	71°52'19"
	5	S.P.	3,5 m	48°26'27"	71°51'45"	48°26'14"	71°52'20"
17	3	S.P.	1,5 m	48°25'18"	71°57'47"	48°25'17"	71°57'12"
	5	S.P.	3,5 m	48°25'18"	71°57'43"	48°25'20"	71°57'22"

S.P. : ne s'applique pas

Annexe 3 : Vitesse moyenne et fréquence des vents du lac Saint-Jean, pour trois périodes entre le 15 mai et le 15 juin 1998.

Direction	15 au 31 mai 1998		1^{er} au 7 juin 1998		8 au 15 juin 1998	
	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence
Calme	0,0	25,2	0,0	2,4	0,0	2,1
N	12,0	3,9	9,3	2,4	2,08	5,7
NNE	13,0	1,2	7,9	2,4	4,68	3,1
NE	6,7	1,0	6,3	1,8	6,30	2,6
ENE	10,4	0,5	9,3	4,8	6,76	2,6
E	9,0	0,5	8,0	3,6	9,98	9,9
ESE	26,2	10,8	24,0	6,0	24,81	38,0
SE	12,8	2,7	12,3	4,2	11,48	5,7
SSE	11,7	1,5	9,7	2,4	12,10	6,3
S	10,3	1,5	0,0	0,0	11,44	2,6
SSO	15,0	2,5	13,2	1,2	12,10	3,6
SO	12,7	3,7	5,3	1,2	10,69	3,6
OSO	12,9	6,9	10,1	4,8	10,23	2,1
O	17,6	9,3	20,3	9,5	10,61	5,2
ONO	17,4	16,7	25,7	41,7	11,70	1,6
NO	18,8	8,6	20,0	10,7	9,28	2,1
NNO	10,0	3,7	5,4	1,2	7,42	3,1
Total	12,5	100	19,0	100	14,9	100

Annexe 4 : Vitesse moyenne et fréquence des vents du lac Saint-Jean, pour deux périodes entre le 25 mai et le 25 juin 1999.

Direction	25 mai au 10 juin 1999		11 au 25 juin 1999	
	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence	Vitesse moyenne (km/h)	Fréquence
Calme	0,0	5,4	0,0	6,1
N	11,7	2,2	6,4	2,8
NNE	7,8	2,7	4,4	1,4
NE	6,6	3,2	7,0	1,4
ENE	7,0	2,0	6,4	1,4
E	14,0	4,9	6,2	2,5
ESE	20,7	12,5	5,4	3,6
SE	11,1	4,2	5,8	7,8
SSE	9,8	4,4	9,0	9,2
S	9,9	7,4	11,8	7,2
SSO	14,3	8,1	12,6	12,5
SO	15,0	12,3	13,5	12,2
OSO	15,0	6,1	13,2	8,1
O	12,4	9,6	18,6	9,2
ONO	13,4	7,8	19,6	8,3
NO	12,5	4,7	10,6	3,9
NNO	9,6	2,7	6,7	2,5
Total	12,7	100,0	11,1	100,0

Annexe 5 : Coordonnées géographiques et abondance relative (nombre / 20 min) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C capturées dans la rivière Péribonka en 1998.

Date	Latitude (Nord)	Longitude (Ouest)	Abondance au stade A	Abondance au stade B	Abondance au stade C
25 mai	48°45'47"	72°03'18"	3,6	0,0	0,0
25 mai	48°45'55"	72°03'12"	8,9	0,0	0,0
25 mai	48°45'47"	72°02'31"	7,8	0,0	0,0
25 mai	48°45'12"	72°01'34"	218,2	0,0	0,0
26 mai	48°45'21"	72°01'21"	50,9	0,0	0,0
26 mai	48°44'33"	72°00'41"	0,01	0,0	0,0
26 mai	48°44'52"	72°00'38"	87,6	0,0	0,0
26 mai	48°44'34"	71°59'52"	23,0	0,0	2,0
26 mai	48°44'04"	71°59'00"	2,3	1,0	2,0
26 mai	48°44'08"	71°57'36"	0,4	0,0	0,0
27 mai	48°43'54"	71°57'23"	0,0	0,0	0,0
27 mai	48°45'17"	72°05'22"	0,2	0,1	0,3
27 mai	48°43'29"	71°55'22"	0,0	0,0	0,0
27 mai	48°43'35"	71°54'40"	0,0	0,0	0,0
27 mai	48°43'50"	71°54'06"	0,0	0,0	0,0
27 mai	48°44'19"	71°52'51"	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°45'36"	72°03'55"	1,4	0,3	0,9
28 mai	48°43'55"	71°57'16"	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°44'15"	71°57'52"	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°45'05"	72°01'36"	4,8	0,0	0,0
28 mai	48°45'04"	72°01'18"	62,2	4,0	0,0
28 mai	48°45'39"	72°03'14"	21,1	2,0	0,0
29 mai	48°45'36"	72°03'55"	5,4	1,0	0,0
29 mai	48°45'53"	72°03'13"	0,02	0,0	0,0
29 mai	48°45'03"	72°01'27"	0,0	0,0	0,0
29 mai	48°45'20"	72°01'17"	41,8	0,0	0,0
29 mai	48°45'38"	72°03'15"	26,2	3,0	0,0
30 mai	48°45'36"	72°03'57"	1,8	1,6	0,2
30 mai	48°45'53"	72°03'08"	0,2	0,0	0,0
30 mai	48°45'21"	72°01'15"	2,4	0,0	0,0
30 mai	48°45'44"	72°03'17"	10,2	3,0	0,0
31 mai	48°45'53"	72°02'56"	0,4	0,0	0,0
31 mai	48°45'36"	72°03'57"	0,2	0,2	0,3
1 juin	48°45'36"	72°03'57"	2,1	1,3	0,4

Annexe 6 : Coordonnées géographiques et abondance relative (nombre / 20 min) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C capturées dans la rivière Ashuapmushuan en 1998.

Date	Latitude (Nord)	Longitude (Ouest)	Abondance au stade A	Abondance au stade B	Abondance au stade C
13 mai	48°36'51"	72°20'22"	0,0	0,0	0,0
14 mai	48°36'51"	72°20'22"	0,0	0,0	0,0
14 mai	48°37'08"	72°20'52"	0,0	0,0	0,0
14 mai	48°37'33"	72°21'01"	0,0	0,0	0,0
15 mai	48°36'51"	72°20'22"	0,0	0,0	0,0
15 mai	48°37'08"	72°20'52"	0,0	0,0	0,0
15 mai	48°37'33"	72°21'01"	0,0	0,0	0,0
15 mai	48°38'22"	72°21'06"	0,0	0,0	0,0
15 mai	48°37'55"	72°20'17"	0,0	0,0	0,0
18 mai	48°36'51"	72°20'22"	1,6	0,0	0,0
18 mai	48°37'33"	72°21'01"	4,4	0,0	0,0
18 mai	48°37'55"	72°20'17"	2,0	0,0	0,0
18 mai	48°38'22"	72°21'06"	0,0	0,0	0,0
19 mai	48°37'33"	72°21'01"	0,5	0,0	0,0
19 mai	48°39'07"	72°22'07"	1,7	0,0	0,0
19 mai	48°38'52"	72°22'20"	0,0	0,0	0,0
19 mai	48°39'24"	72°23'21"	0,0	0,0	0,0
20 mai	48°39'07"	72°22'07"	3,5	0,0	0,0
20 mai	48°39'24"	72°23'21"	6,2	0,0	0,0
20 mai	48°39'03"	72°23'33"	0,0	0,0	0,0
21 mai	48°39'04"	72°26'34"	0,0	0,0	0,0
21 mai	48°38'47"	72°25'39"	0,0	0,0	0,0
21 mai	48°38'57"	72°23'31"	0,0	0,0	0,0
21 mai	48°38'41"	72°24'19"	0,0	0,0	0,0
21 mai	48°39'22"	72°26'43"	0,0	0,0	0,0
21 mai	48°39'11"	72°26'11"	0,0	0,0	0,0
21 mai	48°39'31"	72°26'46"	0,0	0,0	0,0
21 mai	48°39'31"	72°26'46"	0,0	0,0	0,0
22 mai	48°39'31"	72°26'46"	0,0	0,0	0,0
25 mai	48°37'30"	72°21'00"	0,0	0,0	0,0
25 mai	48°39'25"	72°23'21"	0,0	0,0	0,0
26 mai	48°39'25"	72°23'21"	0,0	0,0	0,0
26 mai	48°38'46"	72°25'52"	0,0	0,0	0,0
26 mai	48°39'29"	72°26'47"	0,0	0,0	0,0

Annexe 7 : Coordonnées géographiques et abondance relative (nombre / 20 min) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C capturées dans la rivière Ashuapmushuan en 1999.

Date	Latitude (Nord)	Longitude (Ouest)	Abondance au stade A	Abondance au stade B	Abondance au stade C
26 mai	48°37'54"	72°20'57"	0,0	0,0	0,0
27 mai	48°37'54"	72°20'57"	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°37'54"	72°20'57"	0,1	0,0	0,0
29 mai	48°37'54"	72°20'57"	0,3	0,0	0,0
29 mai	48°37'52"	72°20'56"	1,0	0,0	0,0
29 mai	48°37'33"	72°19'27"	5,9	0,5	0,0
29 mai	48°37'56"	72°20'19"	0,0	0,0	0,0
29 mai	48°38'04"	72°20'59"	0,5	0,0	0,0
29 mai	48°38'36"	72°21'22"	0,0	0,0	0,0
29 mai	48°39'10"	72°22'08"	0,4	0,0	0,0
29 mai	48°39'07"	72°22'36"	0,0	0,0	0,0
29 mai	48°39'18"	72°23'24"	0,0	0,0	0,0
29 mai	48°38'55"	72°23'41"	0,0	0,0	0,0
29 mai	48°38'44"	72°23'57"	0,0	0,0	0,0
31 mai	48°37'54"	72°20'57"	0,0	0,0	0,0
31 mai	48°39'05"	72°22'06"	0,0	0,0	0,0
31 mai	48°37'32"	72°19'25"	0,7	0,0	0,0
31 mai	48°38'31"	72°20'48"	0,0	0,0	0,0
31 mai	48°38'24"	72°21'05"	0,0	0,0	0,0
31 mai	48°38'39"	72°21'24"	0,0	0,0	0,0
31 mai	48°39'30"	72°22'45"	0,0	0,0	0,0
31 mai	48°38'42"	72°25'34"	0,0	0,0	0,0
2 juin	48°37'54"	72°20'57"	0,0	0,0	0,0

Annexe 8 : Coordonnées géographiques et abondance relative (nombre / 20 min) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à C capturées dans la rivière Mistassini en 1999.

Date	Latitude (Nord)	Longitude (Ouest)	Abondance au stade A	Abondance au stade B	Abondance au stade C	Abondance au stade D
28 mai	48°43'31"	72°20'28"	0,0	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°43'05"	72°20'14"	0,0	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°43'15"	72°20'27"	0,0	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°43'22"	72°20'31"	0,0	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°43'30"	72°20'32"	0,0	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°43'46"	72°20'25"	0,0	0,0	0,0	0,0
28 mai	48°44'00"	72°19'44"	0,0	0,0	0,0	0,0
30 mai	48°43'31"	72°20'28"	0,0	0,0	0,0	0,0
30 mai	48°43'03"	72°20'33"	0,0	0,0	0,0	0,0
30 mai	48°42'55"	72°18'48"	4	0,0	0,0	0,0
30 mai	48°42'37"	72°19'54"	0,0	0,0	0,5	0,0
30 mai	48°42'58"	72°19'49"	2,6	0,0	0,0	0,0
30 mai	48°43'09"	72°20'02"	4	0,7	0,0	0,3
30 mai	48°43'18"	72°20'29"	0,0	0,0	0,0	0,0
31 mai	48°43'31"	72°20'28"	0,0	0,0	0,0	0,0
1 juin	48°43'10"	72°20'04"	0,01	0,01	0,0	0,0
1 juin	48°41'32"	72°21'12"	0,0	0,0	0,0	0,0
1 juin	48°41'54"	72°19'54"	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 9 : Abondance (nombre / 1 000m³) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à E capturées dans le lac Saint-Jean du 18 mai au 12 juin 1998.

Station	Abondance au stade A	Abondance au stade B	Abondance au stade C	Abondance au stade D	Abondance au stade E
1	0,0	293,7	2 685,5	526,1	9,4
2	0,0	0,0	159,2	191,9	54,5
3	4,7	0,0	1 132,5	327,0	61,4
4	53,2	13,3	248,0	156,4	110,6
5	48,7	19,4	24,6	63,3	0,0
6	78,9	35,1	115,6	265,7	200,2
7	128,6	371,6	761,6	606,0	23,4
8	1 488,5	17,1	713,2	339,2	23,5
11	0,0	0,0	6,8	175,4	0,0
12	0,0	0,0	305,8	120,5	31,3
21	9,9	0,0	0,0	5,9	0,0
22	0,0	0,0	86,7	32,3	32,3
23	0,0	0,0	20,9	210,2	97,6
32	0,0	0,0	0,0	682,1	75,8
33	282,7	305,6	389,8	53,5	0,0

Annexe 10 : Abondance (nombre / 1 000m³) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A à E capturées dans le lac Saint-Jean du 29 mai au 28 juin 1999.

Station	Abondance au stade A	Abondance au stade B	Abondance au stade C	Abondance au stade D	Abondance au stade E	Abondance au stade F	Abondance au stade G
1	0,0	0,0	0,0	105,5	109,6	16,6	1,6
8	85,8	25,1	22,5	20,4	43,6	0,0	12,0
9	0,0	0,0	0,0	34,4	211,4	47,9	10,8
10	0,0	0,0	0,0	11,4	48,1	5,4	30,4
11	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	26,8	0,0
12	0,0	0,0	0,0	48,0	8,9	12,7	0,0
13	0,0	0,0	0,0	2,8	28,4	22,1	15,2
14	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	9,6	3,0
15	0,0	1,9	0,0	9,2	17,2	0,0	0,0
16	0,0	0,0	1,3	36,8	19,6	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	5,1	18,4	5,6	6,3
21	0,0	0,0	0,0	20,9	23,6	9,7	6,6
22	0,0	0,0	0,0	13,9	39,7	11,0	6,2
23	0,0	0,0	1,3	53,8	14,5	10,8	1,2
31	2,8	0,0	5,3	13,7	17,5	27,6	0,0
32	0,0	0,0	0,0	66,1	51,9	14,7	1,5
33	0,0	0,0	0,0	128,9	221,5	53,3	0,0
41	113,0	125,4	845,3	1 421,9	1,1	10,9	8,9
42	0,0	1,2	3,6	51,2	45,7	5,8	4,1

Annexe 12 : Abondance (nombre / 1 000m³) des larves d'éperlan arc-en-ciel des stades A et B capturées dans le lac Saint-Jean en 1999.

Date	Abondance par station																		
	1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	21	22	23	31	32	33	41	42
22 mai	0	0	0	0			0	0											
26 mai	0	0	0	0			0	0	0	0	0								
28 mai	0	0	0	0			0	0	0	0	0								
29 mai	0	0	0	0			0	0	10	0	0								
30 mai	0							0	0	0	0								
31 mai		0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0	1 783	10
01 juin	0							0	0	0	0								
02 juin	0	0	0	0			0								11			85	0
03 juin											0								
04 juin	0	677	0	0			0	0	0	0	0								
06 juin	0	0									0				0	0	0	40	0
07 juin			0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0					