

**ÉLABORATION D'UNE MÉTHODE  
D'ÉVALUATION DE L'ABONDANCE  
RELATIVE DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL  
(*Osmerus mordax*) DU LAC SAINT-JEAN**

par

Michel Legault

Novembre 1998

Québec 

Direction de la faune et des habitats

**ÉLABORATION D'UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION  
DE L'ABONDANCE RELATIVE DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL  
(*OSMERUS MORDAX*) DU LAC SAINT-JEAN**

par

Michel Legault

Ministère de l'Environnement et de la Faune  
Québec, novembre 1998

*Référence à citer :*

---

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 p.

---

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 1999  
ISBN : 2-550-34140-6

**RÉSUMÉ**

L'étude de la distribution nocturne de l'éperlan arc-en-ciel du lac Saint-Jean a révélé que dans la zone pélagique, la majorité des jeunes éperlans de l'année se retrouvent dans l'épilimnion, soit jusqu'à 15 m de profondeur. Les individus plus âgés se maintiennent, quant à eux, au niveau de la thermocline et dans la partie supérieure de l'hypolimnion, jusqu'à une profondeur de 25 m. Dans la zone littorale, seuls des jeunes de l'année y ont été capturés et ceux-ci se retrouvaient dans les quatre premiers mètres de la surface; leur densité relative s'y est avérée plus élevée que dans la zone pélagique. La technique de chalutage par palier et en continu dans une partie de la colonne d'eau, en relation avec la thermocline, permet d'évaluer l'abondance relative des différentes classes d'âge avec un niveau de précision acceptable ( $\pm 40\%$ ) et d'obtenir des évaluations non biaisées des distributions de taille et d'âge.

**TABLE DES MATIÈRES**

	<i>Page</i>
RÉSUMÉ.....	iii
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES ANNEXES.....	xi
1. INTRODUCTION.....	1
2. DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE.....	5
3. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	7
3.1 Distribution spatiale.....	8
3.2 Densité relative.....	8
4. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	11
4.1 Distribution spatiale de l'éperlan arc-en-ciel.....	11
4.2 Abondance relative et distribution spatiale de l'omisco.....	13
4.3 Abondance relative de l'éperlan arc-en-ciel et variabilité des paramètres.....	14
4.4 Optimisation de l'échantillonnage.....	19
5. CONCLUSION.....	22
REMERCIEMENTS.....	23
LISTE DES RÉFÉRENCES.....	24
ANNEXES.....	27

## LISTE DES TABLEAUX

	<i>Page</i>
Tableau 1. Captures par unité d'effort d'éperlans arc-en-ciel, selon le temps de chalutage effectué au-dessus (0+) et au-dessous ( $\geq 1+$ ) de la limite supérieure de la thermocline et la profondeur. ....	15
Tableau 2. Comparaison du nombre d'éperlans arc-en-ciel capturés lors de deux traits de chalut consécutifs effectués aux différents sites selon la zone et la classe d'âge. ....	16
Tableau 3. Densité (nombre de captures par minute) moyenne des traits de chalut effectués à chaque site et selon la profondeur et la densité moyenne stratifiée par groupe d'âge. ....	18
Tableau 4. Allocation optimale de 36 sites d'échantillonnage par strate de profondeur. ....	21

**LISTE DES FIGURES**

	<i>Page</i>
Figure 1. Situation géographique du lac Saint-Jean et localisation des sites de chalutage pour l'évaluation de la densité relative de l'éperlan arc-en-ciel. ....	6
Figure 2. Distribution verticale de l'éperlan arc-en-ciel et profil thermique de la colonne d'eau.....	12
Figure 3. Exemple de distribution de fréquences de taille des éperlans arc-en-ciel capturés lors de deux traits de chalut effectués aux sites 1 - 2 - 3. Lac Memphrémagog, 1996. ....	16

## LISTE DES ANNEXES

	<i>Page</i>
Annexe 1. Localisation et caractéristiques des sites d'échantillonnage pour la détermination de la distribution verticale de l'éperlan arc-en-ciel, 1995.....	29
Annexe 2. Température de la colonne d'eau, 1995.....	30
Annexe 3. Longueur des éperlans arc-en-ciel échantillonnés, 1995.....	31
Annexe 4. Mesures morphométriques et détermination de l'âge des éperlans arc-en-ciel, 1995.....	32
Annexe 5. Abondance des espèces selon la profondeur, 1995.....	33
Annexe 6. Abondance des éperlans arc-en-ciel et des omiscos selon la profondeur et la présence ou non d'une stratification thermique, 1995.....	34
Annexe 7. Localisation des points de départ et d'arrivée des traits de chalut, 1996.....	35
Annexe 8. Température de la colonne d'eau, 1996.....	36
Annexe 9. Mesures morphométriques et détermination de l'âge des éperlans arc-en-ciel échantillonnés, 1996.....	37
Annexe 10. Caractéristiques des sites d'échantillonnage pour l'évaluation de la densité relative de l'éperlan arc-en-ciel et nombre d'individus capturés, par espèce, 1996.....	42
Annexe 11. Statistiques descriptives des strates et estimateurs de la densité relative de l'éperlan arc-en-ciel, par groupe d'âge, 1996.....	43



## 1. INTRODUCTION

Selon les connaissances actuelles, l'éperlan arc-en-ciel serait l'un des principaux facteurs limitant la productivité de la ouananiche durant sa phase lacustre. L'abondance de l'éperlan arc-en-ciel peut avoir des incidences sur la croissance de la ouananiche (Warner and Incerpi, 1969; Havey, 1973), sur son coefficient de condition (Briges and Hambly, 1971; Havey, 1973) et indirectement sur sa fécondité et le recrutement.

Les populations d'éperlan arc-en-ciel présentent de fortes variations d'abondance (Ferguson, 1965; Leach and Nepszy, 1976; Murarwski and Cole, 1978; Kircheis and Stanley, 1981; Frie and Spangler, 1985; LaBar, 1993), ce qui représente un désavantage important pour un prédateur tel que la ouananiche qui en fait sa proie principale.

Bien que l'éperlan arc-en-ciel constitue la principale source alimentaire de la ouananiche du lac Saint-Jean (Mahy, 1975; Desjardins, 1989; Nadon, 1991), très peu d'efforts ont porté sur l'acquisition de connaissance de la dynamique de population de cette espèce pour ce plan d'eau et son influence sur celle de la ouananiche. La connaissance des relations entre l'abondance de l'éperlan arc-en-ciel et la croissance, la fécondité et la survie de la ouananiche permettrait de mieux cerner les paramètres régissant la dynamique de population de la ouananiche du lac Saint-Jean. De plus, la compréhension de la dynamique de population de l'éperlan arc-en-ciel, en réponse à des changements du niveau de prédation, s'avère essentielle pour ajuster le taux d'exploitation d'une espèce prédatrice telle que la ouananiche, dans le but d'atteindre un rendement optimal à la pêche sportive, tout en évitant une diminution importante de sa principale proie.

Le suivi de l'éperlan arc-en-ciel, à partir des reproducteurs que l'on retrouve sur les sites de reproduction en cours d'eau, offre l'avantage que les individus se trouvent concentrés en des endroits spécifiques et qu'ils sont vulnérables à différents engins de capture. Ce type de suivi ne permet cependant d'obtenir des informations que sur la portion de la population qui est mature sexuellement, limitant ainsi le suivi de la dynamique des classes d'âge. De plus, cette approche ne peut être retenue lorsqu'une partie importante de la reproduction a lieu en milieu lacustre.

L'échantillonnage en lac de l'éperlan arc-en-ciel doit tenir compte de sa distribution spécifique saisonnière, selon la longueur ou l'âge des individus (MacCallum and Regier, 1970; Argyle, 1982), de ses migrations verticales diurnes (Ferguson, 1965; Heist and Swenson, 1983; Appenzeller, 1992) et de la variation journalière du taux d'agrégation des individus (Burczynski *et al.* 1987; Appenzeller, 1992).

Au cours des dernières années, il a été démontré que l'évaluation de l'abondance des espèces pélagiques à l'aide de l'hydroacoustique était une technique fiable (Argyle, 1982; Heist and Swenson, 1983). Cette technique implique cependant des équipements dispendieux et doit intégrer l'utilisation d'engins de capture pour déterminer la composition des espèces présentes et obtenir des échantillons biologiques.

Une technique de chalutage pélagique, tenant compte du comportement de l'éperlan arc-en-ciel, a été développée et validée par Kirn et LaBar (1991). Cette technique qui consiste à chaluter la nuit, par palier et en continu, une partie de la colonne d'eau en relation avec la thermocline, permet d'évaluer l'abondance relative des différentes classes d'âge. Cette technique a permis d'obtenir, dans le cas du lac Champlain, des estimés d'abondance relative avec des niveaux de

précision acceptables ( $\pm 13-50\%$ ), ainsi que des estimations non biaisées des distributions de taille et d'âge.

La technique d'échantillonnage développée par Kirn et LaBar (1991) a porté uniquement sur les individus âgés de un an et plus. Cette technique a été validée seulement pour la partie profonde ( $> 30$  m) du lac Champlain, et excluait les sept premiers mètres de la surface où ces classes d'âge sont quasi absentes durant la période de stratification thermique.

Il est reconnu qu'il existe, chez l'éperlan arc-en-ciel, une ségrégation spatiale selon l'âge ou la taille et que l'épilimnion est surtout utilisé par les jeunes de l'année (Evans and Loftus, 1987). De plus, les jeunes de l'année étant retrouvés généralement à des températures plus élevées que les individus plus âgés (Evans and Loftus 1987), ceux-ci sont susceptibles d'être en abondance dans la zone ne possédant pas de stratification thermique (LaBar, comm. pers). La ouananiche du lac Saint-Jean semble s'alimenter principalement d'éperlans arc-en-ciel de petite taille (Valentine 1990; Nadon, 1991), comme on a pu le constater aux lacs Moosehead (AuClair, 1982), Sebago (Warner and Havey, 1985) et Champlain (Kirn and LaBar 1996). Plus de 73 % de la surface du lac Saint-Jean ne possède pas de thermocline à partir de la fin juillet (Jones *et al.*, 1979). Il s'avère donc important, dans le cadre d'un suivi de l'abondance de l'éperlan arc-en-ciel du lac Saint-Jean, d'échantillonner tant dans la zone stratifiée thermiquement que dans la zone sans stratification thermique.

Le but de la présente étude était de connaître, dans un premier temps, la distribution spatiale de l'éperlan arc-en-ciel du lac Saint-Jean durant la nuit, selon l'âge et la taille des individus, pour la période de l'année (début août) où auraient lieu les évaluations annuelles d'abondance. Dans un second temps, une stratégie d'échantillonnage a été développée à partir de celle préconisée par Kirn et LaBar (1991), pour estimer l'abondance relative des différentes classes

d'âge, incluant les jeunes de l'année. Finalement, une évaluation de l'efficacité de la méthode est présentée; les paramètres examinés sont la constance de l'abondance relative et de la distribution de la longueur des éperlans arc-en-ciel capturés à chacun des sites d'échantillonnage ainsi que la précision de l'évaluation de l'abondance relative de l'espèce.

## 2. DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

Jones *et al.* (1979) ont effectué une étude limnologique détaillée du lac Saint-Jean. Ce lac (48°45'N; 72°15'O) est un plan d'eau oligotrophe, de forme ovale, possédant une superficie de 1 053 km<sup>2</sup> (figure 1). Avec une profondeur moyenne de 11,6 m et une profondeur maximale de 63 m, il est en général peu profond. Sur près de 25 % de sa superficie totale, sa profondeur est inférieure à 3 m et sur 40 % de sa superficie, elle ne dépasse pas 6 m. Avec un « fetch » de 40,6 km, la profondeur de la thermocline peut atteindre 25 m au début septembre. Au début août, la thermocline se situe à une profondeur de 18 m et la proportion du fond du lac en contact avec l'épilimnion est de 73 %. La température maximale de l'eau en surface peut atteindre 24°C, bien que la température de l'épilimnion varie généralement entre 17°C et 19°C. La température de l'hypolimnion est en moyenne de 7°C.

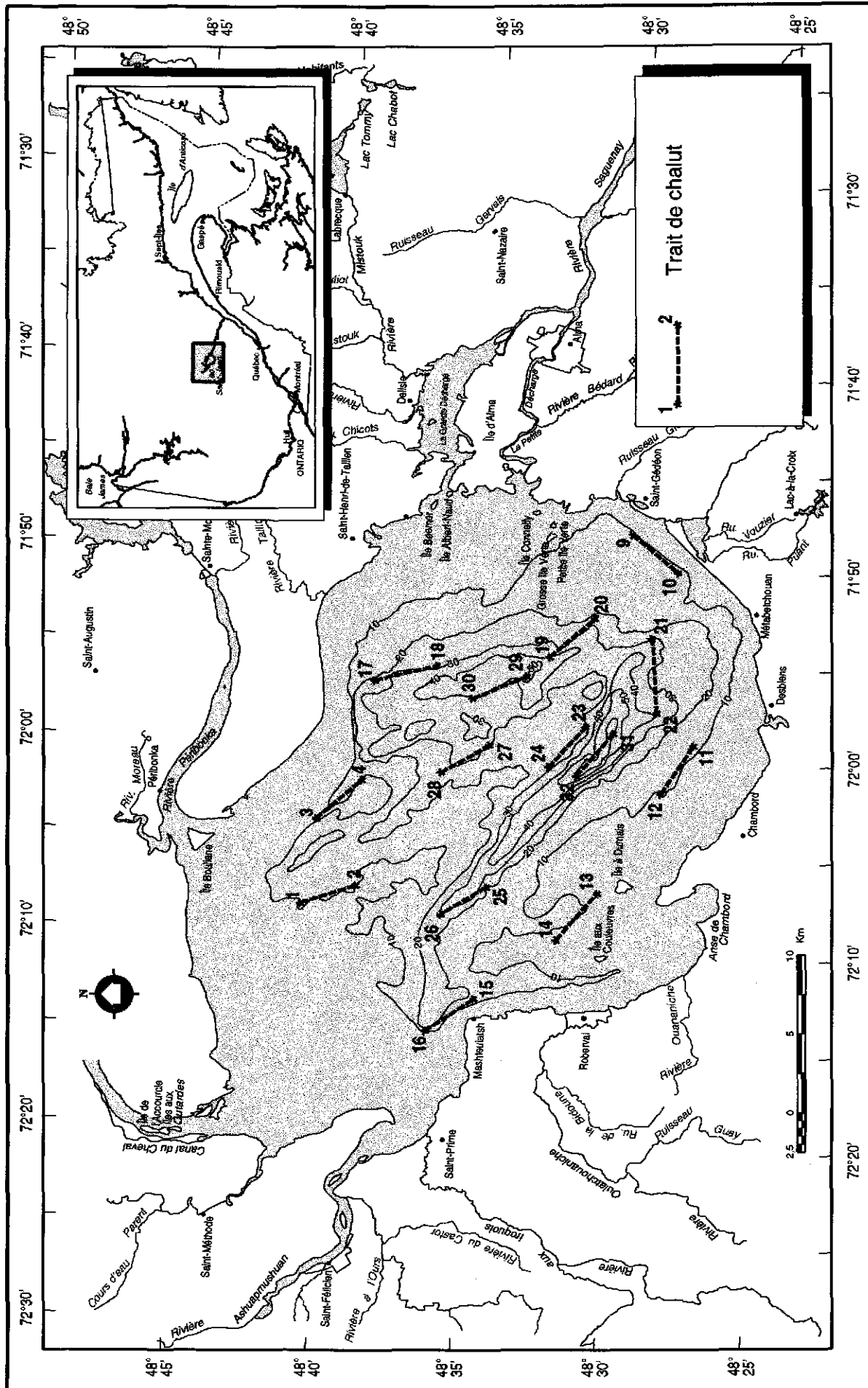


Figure 1. Situation géographique du lac Saint-Jean et localisation des sites de chalutage pour l'évaluation de la densité relative de l'éperlan arc-en-ciel.

### 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

La période du mois d'août a été choisie pour évaluer l'abondance de l'éperlan arc-en-ciel, étant donné que c'est à ce moment que le plus grand nombre de captures a été effectué au lac Champlain (Kirn and LaBar 1991) ainsi qu'au lac Érié (Ferguson 1965). L'augmentation de la température et la formation d'une thermocline seraient à l'origine d'une migration des éperlans vers les zones profondes et les rendraient plus vulnérables au chalutage.

Lors de l'étude de la distribution spatiale, le profil thermique de la colonne d'eau fût établi au début et à la fin de la campagne d'échantillonnage. Dans le cadre de la détermination de la densité relative, le profil thermique de la colonne d'eau était déterminé lors de chaque journée d'échantillonnage. La température de l'eau a été mesurée à l'aide d'un thermographe de marque Hydrolab, modèle FT-3M. La température était mesurée à 0,5 m, puis à tous les mètres jusqu'à 20 m et par la suite, à tous les deux mètres jusqu'au fond du plan d'eau ou à une profondeur maximale de 42 m.

On capturait l'éperlan arc-en-ciel avec un chalut pélagique d'une longueur de 8,5 m et possédant un cadre rigide à l'ouverture de 2 m par 2 m. Le chalut était composé de quatre sections successives de dimensions décroissantes. La section située à l'ouverture possédait une maille étirée de 7,6 cm et les sections suivantes, de 6,7 cm, 3,8 cm et de 1,9 cm. Le cul du chalut, d'une longueur de 2 m, possédait une maille étirée de 1,9 cm doublée à l'intérieur avec un filet de seine possédant une maille étirée de 6 mm.

Le chalut était traîné à une vitesse de 4,3 km/h par le Vladykov, un bateau de 8,2 m. La profondeur du chalut était déterminée par triangulation après avoir été validée à l'aide du profondimètre d'une sonde de marque Hydrolab, modèle Scout 2, fixée sur le chalut.

### 3.1 Distribution spatiale

L'échantillonnage s'est déroulé du 2 au 6 août 1995. La distribution de l'éperlan arc-en-ciel dans la colonne d'eau a été déterminée à chaque station, en utilisant un sondeur acoustique de marque Simrad, modèle EC-210, opérant à une fréquence de 200 kHz et muni d'un transducteur de 50°. Les traits de chalut, d'une durée de 20 minutes, ont été faits aux profondeurs où on observait des poissons, à chacune des stations. La période de la mise à l'eau et de la sortie du chalut n'a pas été incluse dans le temps de chalutage utilisé pour l'estimation des captures par unité d'effort. Au total, 20 stations ont été échantillonnées dont 16 étaient situées dans la zone pélagique où une thermocline était présente, et quatre stations dans la zone riveraine. Afin de permettre aux éperlans arc-en-ciel de compléter leur migration verticale, la période d'échantillonnage débutait une heure après le coucher du soleil, sans dépasser une heure avant le lever du soleil.

L'ensemble des éperlans arc-en-ciel capturés étaient mesurés au millimètre près (longueur totale) et l'âge des individus était déterminé à partir d'un échantillon d'écailles. Les autres espèces étaient simplement dénombrées, à l'exception de l'omisco (*Percopsis omiscomaycus*) pour lequel on a dénombré séparément les petits (présumés des jeunes de l'année) et les gros individus.

### 3.2 Densité relative

La campagne d'échantillonnage s'est déroulée du 5 au 12 août 1996. La distribution des stations a été faite de façon stratifiée, selon deux catégories de profondeur (moins de 20 m et plus de 20 m) correspondant généralement, à cette période de l'année, à la présence ou non d'une thermocline. La localisation de huit stations a été faite de façon systématique le long de l'isobathe de 10 m pour la zone de profondeur 0-20 m. Dans le cas de la zone de plus de 20 m de



profondeur, six stations ont été localisées de façon systématique le long de l'isobathe de 30 m et deux stations dans les zones les plus profondes (plus de 40 m) (figure 1).

Les stations de la strate de moins de 20 m ont été échantillonnées en effectuant un trait de chalut de 15 minutes par palier de 2 m, à partir de 4 m de profondeur, pour un temps total de 30 minutes. Un deuxième trait de chalut était effectué selon la même course mais dans la direction opposée. Pour les stations des autres strates, le trait de chalut était amorcé à 24 m de profondeur pour se terminer à 2 m de la surface. Chaque palier de 2 m était pêché pendant cinq minutes, pour un trait de chalut d'une durée totale de 60 minutes. La période d'échantillonnage débutait une heure après le coucher du soleil pour se terminer au plus tard une heure avant le lever du soleil. La période de la mise à l'eau et de la sortie du chalut n'a pas été incluse dans le temps de chalutage utilisé pour l'estimation des captures par unité d'effort.

Afin d'être en mesure de comparer les captures effectuées entre les différents sites, nous avons uniformisé les captures, selon le temps de chalutage effectué dans les habitats utilisés par les jeunes de l'année et les individus plus âgés, tel qu'observé au lac Saint-Jean. En ce qui concerne la zone pélagique, la limite supérieure de la thermocline a été établie à chaque journée d'échantillonnage. Le nombre de captures de chacune des deux classes d'âge a été ajusté pour un temps de chalutage de une minute, selon le temps d'échantillonnage effectué au-dessus (pour les jeunes de l'année) et au-dessous de la limite supérieure de la thermocline (pour les individus âgés de un an et plus).

Le temps de chalutage dans les habitats utilisés par les différentes classes d'âge peut varier de façon plus ou moins importante selon la profondeur de la thermocline. Nous avons ainsi calculé la moyenne des captures et la variance

des différentes classes d'âge, pour les deux strates de profondeur, selon le ratio des moyennes des captures et de l'effort de pêche (Cochran, 1977).

Pour établir la densité relative moyenne globale des différentes classes d'âge pour le lac Saint-Jean, nous avons calculé la moyenne stratifiée d'après Cochran (1977), selon les strates 0-20 m et plus de 20 m caractérisées par la présence ou non d'une thermocline.

La longueur totale ( $\pm 1$  mm) de l'ensemble des éperlans arc-en-ciel âgés d'un an et plus a été déterminée. Un échantillon de dix individus a été prélevé au hasard, par classe de longueur de cinq millimètres. Chaque individu a été mesuré ( $\pm 1$  mm; longueur totale) et pesé ( $\pm 1$  g). La détermination de l'âge se faisait à l'aide d'un échantillon d'écailles. Pour les jeunes éperlans arc-en-ciel de l'année, cinq individus étaient prélevés au hasard, par trait de chalut, et mesurés ( $\pm 1$  mm). Les petits et les gros individus d'omisco ont été dénombrés séparément. Les individus des autres espèces furent simplement dénombrés.

## 4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 Distribution spatiale de l'éperlan arc-en-ciel

Selon les profils thermiques de la colonne d'eau, observés durant la période d'échantillonnage (figure 2), nous pouvons établir selon Cole (1975) que les limites supérieures et inférieures de la thermocline se situaient respectivement à 15,0 m et 19,0 m, le 1<sup>er</sup> août et à 12,0 m et 18,0 m, le 5 août. L'uniformité de la température de l'épilimnion observée le 1<sup>er</sup> août peut s'expliquer par un brassage important de cette partie de la colonne d'eau occasionné par la présence de vents élevés les jours précédents.

L'omisco et l'éperlan arc-en-ciel furent les deux principales espèces capturées, comptant respectivement pour 62 % et 34 % de l'ensemble des captures. Les éperlans arc-en-ciel capturés étaient constitués en grande partie (63 %) de jeunes de l'année.

Dans la zone pélagique, la majorité des jeunes éperlans de l'année étaient retrouvés dans l'épilimnion, soit jusqu'à 15 m de profondeur, correspondant à une température variant de 14,0°C à 21,8°C (figure 2). Les individus plus âgés se maintenaient quant à eux au niveau de la thermocline et dans la partie supérieure de l'hypolimnion jusqu'à une profondeur de 25 m, correspondant à une température qui variait de 8,5°C à 19,1°C. Dans la zone littorale (sans stratification thermique) seuls des jeunes de l'année ont été capturés et ceux-ci se trouvaient dans les quatre premiers mètres de la surface où la température de l'eau variait de 19,7°C à 21,8°C.

La distribution verticale des éperlans du lac Saint-Jean reflète ce qui est rapporté dans la littérature. Dans le cadre d'une revue des informations relatives aux populations d'éperlan arc-en-ciel de l'Ontario, Evans et Loftus (1987) ont défini cette espèce comme ayant un cycle de vie eurytherme résultant en une

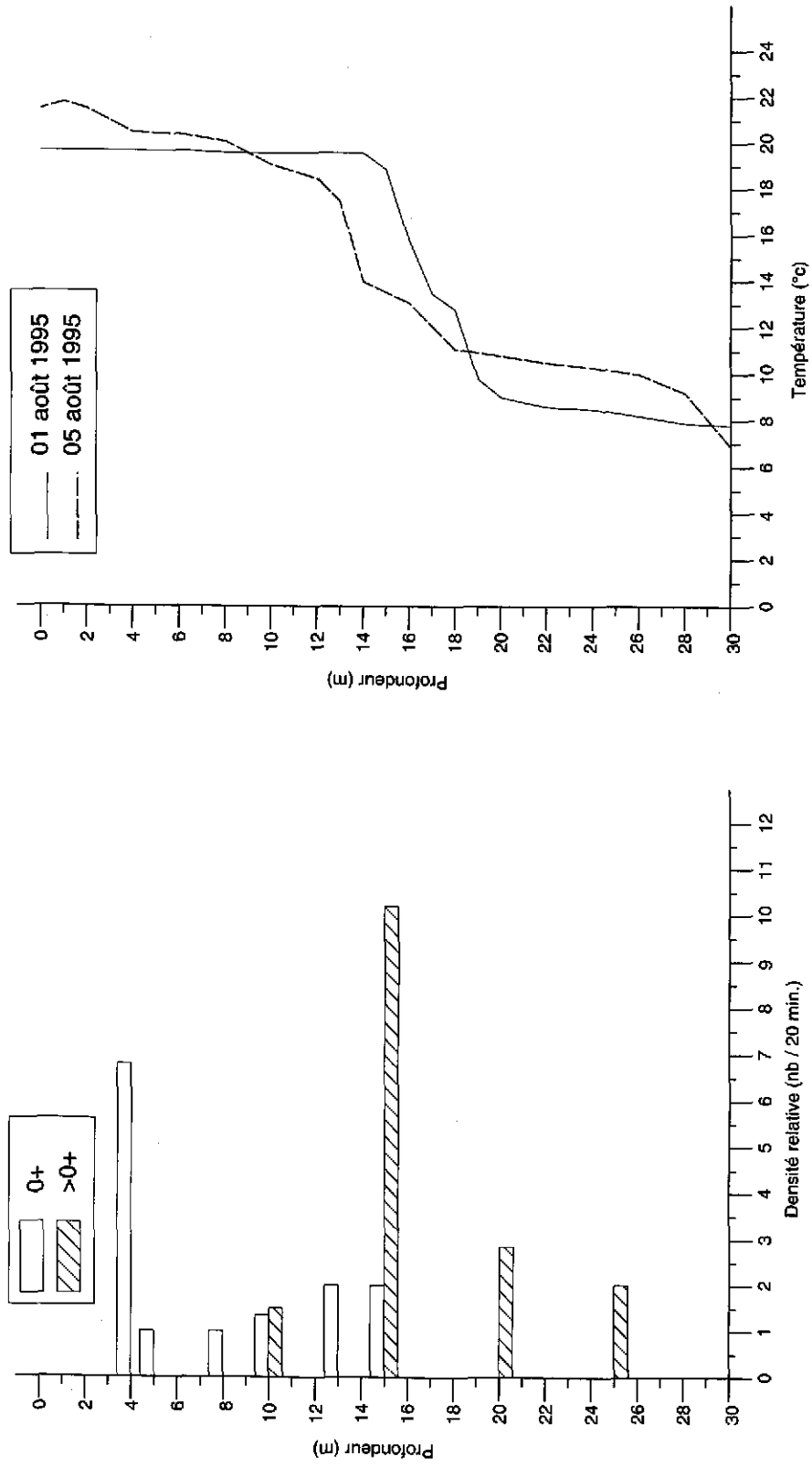


Figure 2. Distribution verticale de l'éperlan arc-en-ciel et profil thermique de la colonne d'eau.

ségrégation spatiale selon l'âge. Les jeunes de l'année se retrouvent dans des eaux relativement chaudes, comparativement aux individus plus âgés qui préfèrent des températures ne dépassant pas 16°C à 18°C. Lantry et Stewart (1993) ont défini quant à eux la distribution de l'éperlan arc-en-ciel pour les Grands lacs comme suit : les jeunes de l'année se retrouvent à la limite et au-dessus de la thermocline; les individus âgés d'un an au niveau de la thermocline et dans les zones adjacentes; et les adultes sous la thermocline.

La densité relative des jeunes de l'année s'est avérée relativement élevée dans la zone littorale. Étant donné que près de 75 % de la surface du lac Saint-Jean ne possède pas de stratification thermique à cette période de l'année, il devient important d'y déterminer la densité relative de cette classe d'âge, tout comme dans la zone pélagique.

#### **4.2 Abondance relative et distribution spatiale de l'omisco**

Dans le cadre de cette étude, nous avons capturé une quantité importante d'omisco et ce, principalement dans la zone pélagique. Une ségrégation dans l'utilisation de l'habitat a été observée; dans la zone pélagique, les petits individus se retrouvaient principalement dans l'épilimnion, tandis que les individus de plus grande taille étaient concentrés au niveau de la thermocline et dans les zones adjacentes. Seuls des individus de petites tailles ont été capturés dans la zone littorale.

La petite taille de cette espèce, qui ne dépasse pas 115 mm (Scott et Crossman 1974), et sa présence dans les mêmes habitats que l'éperlan arc-en-ciel pourraient en faire une proie potentielle pour la ouananiche du lac Saint-Jean qui s'en servirait comme source alimentaire palliative lorsque l'abondance de l'éperlan arc-en-ciel diminuerait de façon importante. Cependant, cette espèce ne fut pas identifiée lors des études du régime alimentaire de la ouananiche du

lac Saint-Jean (Mahy 1975; Desjardins 1989; Nadon 1991). Ceci vient souligner d'avantage la spécialisation alimentaire de la ouananiche quant aux espèces de poissons fourrages.

#### **4.3 Abondance relative de l'éperlan arc-en-ciel et variabilité des paramètres**

Un total de 24 traits de chalut ont été effectués entre le 5 et le 11 août 1996; 13 traits ont été faits dans la zone pélagique (> 20m) et 11 dans la zone littorale (< 20m). L'éperlan a dominé dans les captures, comptant pour 86,5 % des captures alors que l'omisco a représenté 13,2 % des captures.

Le nombre d'éperlans capturés est relativement constant entre les deux traits de chalut d'un même site (tableau 1). La comparaison, à l'aide d'un test de Wilcoxon ou d'un test de comparaison d'échantillons appariés, du nombre d'éperlans arc-en-ciel capturés lors des deux traits de chalut, n'indique pas de différence significative ( $P = 0,05$ ) et ce pour les différentes classe d'âge et selon les différentes strates de profondeur (tableau 2).

Vu le très petit nombre de captures d'individus âgés d'un an et plus, il n'a pas été possible d'établir si les distributions de taille des différentes classes d'âge des éperlans capturés au cours de deux traits de chalut à un même site étaient semblables. Le même type d'échantillonnage a cependant été effectué au lac Memphrémagog en 1996 (Legault, données non publiées) où un nombre plus important d'individus âgés de un an et plus ont été capturés. Aucune des cinq comparaisons des distributions de fréquence de longueur (test de Kolmogorov-Smirnov) des éperlans capturés lors de deux traits de chalut effectués à un même site, n'étaient significativement différentes ( $P < 0,05$ ) (figure 3). Dans le cadre de l'étude effectuée au lac Champlain (Kirn and LaBar 1991), seulement 6 des 31 comparaisons (19 %) présentaient une différence significative des distributions de longueur ( $P < 0,05$ ).

Tableau 1. Captures par unité d'effort d'éperlans arc-en-ciel, selon le temps de chalutage effectué au-dessus (0+) et au-dessous ( $\geq 1+$ ) de la limite supérieure de la thermocline et la profondeur.

Site/profondeur	Captures		Temps (min.)		Captures/minute	
	0+	> 0+	0+	> 0+	0+	> 0+
<b>&lt; 20 m</b>						
2 1	106	0	30	30	3,53	0,00
3 4	524	0	30	30	17,47	0,00
4 3	338	0	30	30	11,27	0,00
9 10	29	0	30	30	0,97	0,00
10 9	34	0	30	30	1,13	0,00
11 12	24	0	30	30	0,80	0,00
12 11	29	0	30	30	0,97	0,00
13 14	267	0	30	30	8,90	0,00
14 13	654	0	30	30	21,80	0,00
15 16	60	0	30	30	2,00	0,00
16 15	108	0	30	30	3,60	0,00
<b>&gt; 20 m</b>						
17 18	23	18	15	50	1,53	0,36
18 17	19	48	15	50	1,27	0,96
19 20	362	1	40	25	9,05	0,04
20 19	413	2	40	25	10,33	0,08
21 22	18	1	15	50	1,20	0,02
23 24	54	1	10	55	5,40	0,02
25 26	113	2	10	55	11,30	0,04
26 25	178	1	10	55	17,80	0,02
27 28	685	4	10	55	68,50	0,07
28 27	117	4	10	55	11,70	0,07
29 30	113	17	15	50	7,53	0,34
30 29	74	10	15	50	4,93	0,20
32 31	22	4	10	55	2,20	0,07

Tableau 2. Comparaison du nombre d'éperlans arc-en-ciel capturés lors de deux traits de chalut consécutifs effectués aux différents sites selon la zone et la classe d'âge (test de comparaison d'échantillons appariés, niveau de signification  $\alpha = 0,05$ ).

Zone	N	T observé	T critique
<b>Non stratifiée (&lt; 20 m)</b>			
0+	5	- 0,32	2,78
<b>Stratifiée (&gt; 20 m)</b>			
0+	5	1,17	2,78
≥ 1+	5	- 1,27	2,78
<b>Total</b>			
0+	10	0,67 <sup>1</sup>	2,26 <sup>1</sup>
≥ 1+	5	- 1,27	2,78

<sup>1</sup> Test de Wilcoxon

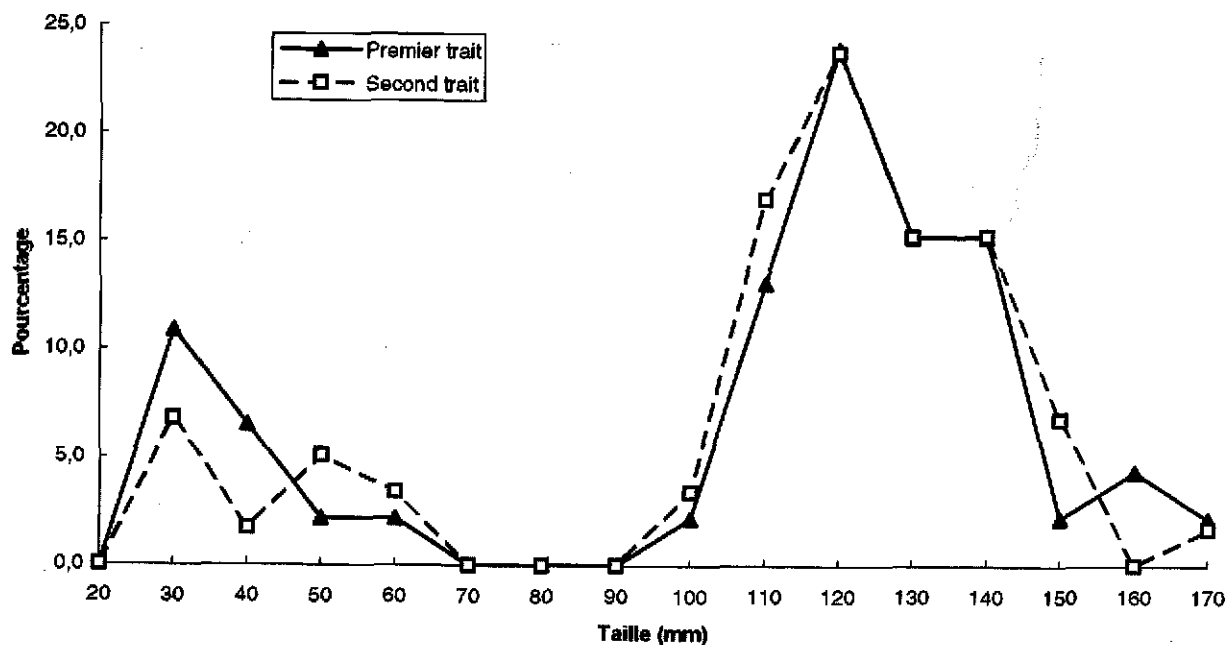


Figure 3. Exemple de distribution de fréquences de taille des éperlans arc-en-ciel capturés lors de deux traits de chalut effectués aux sites 1 - 2 - 3. Lac Memphrémagog, 1996.



L'abondance similaire des différentes classes d'âge et l'uniformité des structures de taille des individus capturés lors de deux traits de chalut effectués à un même site signifient que les différentes classes d'âge seraient réparties uniformément à l'échelle spatiale de chacun des sites échantillonnés.

Étant donné que l'abondance des deux classes d'âge n'est pas différente lorsque deux traits de chalut sont effectués à un même site d'échantillonnage, la moyenne des deux traits a été utilisée afin de déterminer la densité relative à chacun des sites d'échantillonnage (tableau 3).

Des densités relatives moyennes de 6,33 et 9,14 jeunes de l'année par minute ont été observées respectivement dans les zones de profondeur de 0-20 m et plus de 20 m (tableau 3). Un test de comparaison des moyennes indique qu'il n'y a pas de différence du nombre de captures de jeunes de l'année entre les deux strates de profondeur ( $Z = -0,6747$ ;  $P = 0,50$ ). Aucune capture d'individus âgés de un an et plus n'a été faite dans la zone 0-20 m, alors que la moyenne des captures a été de 0,15 individu par minute dans la zone de plus de 20 m (tableau 3). La répartition spatiale des éperlans en 1996 correspond à celle observée en 1995, dans le cadre de l'étude effectuée sur la distribution spatiale des différentes classes d'âge au lac Saint-Jean (section 4.1). La moyenne globale dans l'ensemble du plan d'eau, dite moyenne stratifiée, que l'on obtient pour les jeunes de l'année et les individus plus âgés, est respectivement de 6,72 et 0,05 individus par minute.

Les captures par unité d'effort des jeunes de l'année, obtenues dans la zone 0-20 m ont une variabilité plus importante que dans la zone de plus de 20 m. Ceci se traduit par des intervalles de confiance à 95 % de  $\pm 84,6$  % et  $\pm 67,4$  % respectivement. Lorsque nous combinons les résultats de captures des jeunes de l'année effectués dans les deux zones, l'intervalle de confiance obtenu est

Tableau 3. Densité (nombre de captures par minute) moyenne des traits de chalut effectués à chaque site et selon la profondeur et la densité moyenne stratifiée par groupe d'âge.

Site/profondeur	0+	> 0+
<b>&lt; 20m</b>		
2 1	3,53	0,00
3 4	14,37	0,00
9 10	1,05	0,00
11 12	0,88	0,00
13 14	15,35	0,00
15 16	2,80	0,00
Moyenne < 20m	6,33	0,00
I. C. 95 %	84,6 %	
<b>&gt;20m</b>		
17 18	1,40	0,66
19 20	9,69	0,04
21 22	1,20	0,02
23 24	5,40	0,04
25 26	14,55	0,07
27 28	40,10	0,04
29 30	6,23	0,28
32 31	2,20	0,07
Moyenne > 20m	9,14	0,15
I. C. 95 %	67,4 %	100,6 %
Moyenne stratifiée	6,72	0,05
I. C. 95 %	69,8 %	100,6 %

de  $\pm 69,8$  %. La densité relative moyenne des individus âgés de un an et plus, effectuée dans la zone de plus de 20 m a, quant à elle, un intervalle de confiance à 95 % de  $\pm 100,6\%$ . Le niveau de précision obtenu au lac Saint-Jean est moins élevé que ce qui a été obtenu au lac Champlain pour les individus de 1 an et plus ( $\pm 29$  % à  $\pm 50$  %) (Kirn and LaBar 1991). La répartition des sites d'échantillonnage au lac Champlain n'était limitée qu'à une section du plan d'eau dont la superficie était beaucoup plus limitée que la superficie de l'aire d'étude du lac Saint-Jean. Bien qu'il y ait une répartition uniforme de l'éperlan arc-en-ciel à l'échelle d'un site d'échantillonnage, la plus grande superficie de l'aire d'étude du lac Saint-Jean pourrait expliquer qu'on y observe une variation spatiale plus importante de l'abondance de l'éperlan arc-en-ciel.

#### 4.4 Optimisation de l'échantillonnage

Le nombre de sites nécessaires pour différents niveaux de précision a été évalué à partir des captures par unité d'effort moyennes obtenues à chacun des sites d'échantillonnage. La formule 5.48 de Cochran (1977) a été utilisée, soit :

$$n = \sum W_h S_h^2 / V$$

où :  $W_h$  : surface de la strate,

$S_h^2$  : variance à l'intérieure de la strate  $h$ ,

$V$  :  $(d/t)^2$ ;  $d$  : marge d'erreur,  $t$  : niveau de l'intervalle de confiance désiré.

Le nombre de sites d'échantillonnage nécessaires pour obtenir des niveaux de précision de 20 %, 30 % et 40 %, pour un intervalle de confiance de 95 %, serait respectivement de 145, 65 et 36 sites.

Le taux de variation annuel de l'abondance de l'éperlan étant de l'ordre de 3 à 10 fois (Argyle 1982; O'Garman *et al.* 1987; He and Labar 1994), nous pouvons

considérer qu'un niveau de précision de 40 % serait satisfaisant, puisqu'il permettrait de déterminer une différence significative lors de variations de l'ordre de 2, 3 fois.

Étant donné la similitude des données obtenues (abondance et distribution de longueur des individus capturés), lors de deux traits de chalut effectués à un même site, on pourrait jusqu'à doubler le nombre de ceux-ci, pour un temps semblable consacré à la campagne d'échantillonnage.

Dans le cadre d'un échantillonnage stratifié, il est possible de déterminer, pour chaque strate, une taille échantillon proportionnelle à la surface et à la variance de la strate afin de minimiser la variance de la population.

La taille de l'échantillon au niveau de chaque strate est donnée par :

$$nh' = n W_h S_h / \sum W_h S_h \quad \text{Cochran (1977), formule 5A.1}$$

où  $n$  : nombre total de relevés

$W_h$  : surface de la strate  $h$

$S_h$  : écart type à l'intérieure de la strate  $h$

Une allocation optimale du nombre de traits de chalut pour chacune des deux strates a été établie pour un nombre total de 36 traits de chalut à effectuer (tableau 4). L'allocation des sites d'échantillonnage fait en sorte que 23 sites devraient être échantillonnés dans la strate 0-20 m et 13 dans la strate > 20 m. Nous estimons à sept nuits, le temps nécessaire pour échantillonner les 36 sites, selon l'allocation optimale qui a été déterminée dans chacune des strates.

Tableau 4. Allocation optimale de 36 sites d'échantillonnage par strate de profondeur.

<b>Paramètre</b>	<b>Strate 0-20 m</b>	<b>Strate &gt; 20 m</b>
Surface (Wh)	805 km <sup>2</sup>	248 km <sup>2</sup>
Écart-type (Sh)	55,64	97,56
Taille-échantillon (nh')	23	13

## 5. CONCLUSION

La distribution nocturne de l'éperlan arc-en-ciel dans la colonne d'eau correspond à ce qui est rapporté dans la littérature. Les jeunes de l'année se retrouvent dans des eaux relativement chaudes, comparativement aux individus plus âgés, ce qui se traduit par une ségrégation spatiale entre ces deux classes d'âge. Dans la zone littorale, où il y a absence de thermocline, on retrouve seulement des jeunes de l'année. En ce qui concerne la zone pélagique, où il existe une stratification thermique, les jeunes de l'année se retrouvent au niveau de l'épilimnion, alors que les individus plus âgés se maintiennent au niveau et sous la thermocline.

Une grande abondance de jeunes de l'année a été observée dans la zone 0-20 m. La considération de ce milieu pour l'évaluation de l'abondance de cette classe d'âge est essentielle puisque celui-ci représente plus de 73 % de la superficie du plan d'eau et que les jeunes de l'année semblent constituer la principale source alimentaire de la ouananiche.

Il a été établi que la technique de chalutage par palier et en continu dans une partie de la colonne d'eau en relation avec la thermocline permettait d'évaluer l'abondance relative des différentes classes d'âge, incluant les jeunes de l'année. Cette technique permet d'obtenir, dans le cas du lac Saint-Jean, des estimés d'abondance relative avec des niveaux de précision acceptables, ainsi que des estimations non biaisées des distributions de taille et d'âge.

**REMERCIEMENTS**

Mes remerciements vont à MM. Gilles Mercier, Laurier Coulombe et Roger Picard, du ministère de l'Environnement et de la Faune, pour leur aide technique lors de la réalisation du projet. Je remercie également M. Gaétan Daigle, du Service de consultation statistique du Département de mathématiques et de statistique de l'Université Laval et M. Yves Grégoire, consultant, pour leur participation à l'analyse statistique des données recueillies. La production de ce document a été faite grâce à la collaboration de M<sup>mes</sup> Lise Nadeau, pour le traitement de texte, et Jacinthe Bouchard, pour la conception des figures et son édition finale.

## LISTE DES RÉFÉRENCES

- APPENZELLER, A.R. 1992. On the application of hydroacoustic methods to analyses of the distribution and abundance of pelagic fishes : behavioral and statistical considerations. Doctor thesis, McGill University. Montreal. 222 p.
- ARGYLE, R.L. 1982. Alewives and rainbow smelt in Lake Huron : midwater and bottom aggregations and estimates of standing stocks. Trans. Am. Fish. Soc. 111:267-285.
- AUCLAIR, R.P. 1982. Moosehead Lake Fishery Management. Maine Dept. Inland Fish. and Wildlife. Fishery Research Bull. No. 11,
- BRIDGES, C.H. and L.S. HAMBLY. 1971. A summary of eighteen years of salmonid management at Quablin Reservoir, Massachusetts. Am. Fish. Soc. Special Pub. 8 : 243-259.
- BURCZYNSKI, J.J., P.H. MICHALETZ and G.M. MARRONE. 1987. Hydroacoustic assessment of the abundance and distribution of rainbow smelt in Lake Oake. N. Am. J. Fish. Manage. 7:107-116.
- COLE, G.A. 1975. Textbook of limnology. C. V. Mosby Company. Saint Louis, 283 p.
- COCHRAN, W. G. 1977. Sampling techniques. Wiley, New York. 428 p.
- DESJARDINS, R. 1989. Régime alimentaire de différentes espèces de poissons du lac St-Jean. Centre Écologique du Lac St-Jean Inc. Rapport préliminaire. 54 p.
- EVANS, D.O. and D.H. LOFTUS. 1987. Colonization of inland lakes in the Great Lakes region by rainbow smelt, *Osmerus mordax* : their freshwater niche and effects on indigenous fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 (Suppl. 2) : 249-266.
- FERGUSON, R.G. 1965. Bathymetric distribution of American smelt, *Osmerus mordax*, in lake Erie. Proceedings, Conference on Great Lakes Research, 13 : 47-60.
- FRIE, R.V. and G.R. SPANGLER. 1985. Dynamics of rainbow smelt during and after exploitation in South Bay, Lake Huron. Trans. Am. Fish. Soc. 114:713-724.



- HAVEY, K.A. 1973. Effects of smelt introduction on growth of landlocked salmon at Schoodic lake, Maine. *Trans. Am. Fish. Soc.* 102:392-397.
- HE, X. and G.W. LABAR. 1994. Interactive effects of cannibalism, recruitment, and predation on rainbow smelt in lake Champlain: a modeling synthesis. *J. Great Lakes Res.* 20 (1): 289-298.
- HEIST, B.G. and W.A. SWENSON. 1983. Distribution and abundance of rainbow smelt in western Lake Superior as determined from acoustic sampling. *J. Great Lakes Res.* 9 : 343-353.
- 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. 568 p.
- KIRCHEIS, F.W. and J.G. STANLEY. 1981. Theory and Practice of Forage-Fish Management in New England. *Trans. Am. Fish. Soc.* 110 : 729-737.
- KIRN, R.A. and G. LABAR. 1991. Stepped-Oblique Midwater Trawling as an Assessment Technique for Rainbow Smelt. *North American Journal of Fisheries Management.* 11:167-176.
- KIRN, R.A. and G. LABAR. 1996. Growth and Survival of Rainbow Smelt, and Their Role as Prey for Stocked Salmonids in Lake Champlain. *Trans. Am. Fish. Soc.* 125 : 87-96.
- LABAR, G.W. 1993. Use of Bioenergetics Models to Predict the Effect of Increased Lake Trout Predation on Rainbow Smelt Following Sea Lamprey Control. *Trans. Am. Fish. Soc.* 122 : 942-950.
- LANTRY, B.F. and D.J. STEWART. 1993. Ecological Energetics of Rainbow Smelt in the Laurentian Great Lakes : An Interlake Comparison. *Trans. Am. Fish. Soc.* 122 : 951-976.
- LEACH, J.H. and S.J. NEPSZY. 1976. The fish community of Lake Erie. *J. Fish. Res. Board Can.* 33 : 622-638.
- MACCALLUM, W.R. and H.A. REGIER. 1970. Distribution of Smelt, *Osmerus mordax*, and the Smelt Fishery in Lake Erie in the Early 1960's. *J. Fish. Res. Board Can.* 17 : 1823-1846.
- MAHY, G. 1975. Étude comparée des régimes alimentaires de la ouananiche, du doré et du brochet. Centre de recherche du Moyen-Nord, contribution à la biologie de la ouananiche, Université du Québec à Chicoutimi. 143 p.

- MURAWSKI, S.A. and C.F. COLE. 1978. Population dynamics of anadromous rainbow smelt, *Osmerus mordax*, in a Massachusetts river system. Trans. Am. Fish. Soc. 107 : 535-542.
- NADON, L. 1991. Évaluation du régime alimentaire et de la croissance de la ouananiche (*Salmon salar* L.) du lac St-Jean. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi. 108 p.
- O'GARMAN, R., R. BERGSTEDT, and T.H. ECKERT. 1987. Prey fish dynamics and salmonine predator growth in lake Ontario, 1974-1984. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 (supplement 2): 390-403.
- SCOTT, W. B. and E. J. CROSSMAN. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Bulletin 184. Ministère de l'Environnement, Service des pêches et des sciences de la mer. 1026 p.
- VALENTINE, M. 1990. Aménagement hydroélectrique de l'Ashuapmushuan. Avant-projet phase I. Synthèse des connaissances sur la ouananiche et les autres espèces ichtyennes, Centre Écologique du Lac Saint-Jean Inc. 76 p.
- WARNER, K. and K. A. HAVEY. 1985. Life history, ecology and management of Maine landlocked atlantic salmon (*Salmo salar*). Maine Dept. Inland Fish. and Wildlife, Augusta, Maine. 127 p.
- WARNER, K. and A. INCERPI. 1969. Current Status of the Salmon, *Salmo salar*, Fisheries of Two Fish River Lakes, Maine. Trans. Am. Fish. Soc. 98:45-51.

**ANNEXES**



Annexe 1: Localisation et caractéristiques des sites d'échantillonnage pour la détermination de la distribution verticale de l'éperlan arc-en-ciel, 1995

Date (mm-jj)	Station	Type	Début du trait		Course (°)	Profondeur (m)
			Latitude (N)	Longitude (O)		
08/02	1	S	48°31'800	071°59'500	128	28-30
08/02	2	S	48°30'200	071°59'800	118	36-62
08/02	3	S	48°32'800	072°02'400	135	48-42
08/02	4	S	48°33'100	072°04'700	128	30
08/03	5	S	48°35'900	072°08'600	148	28-33
08/03	6	S	48°35'000	072°13'000	315	20
08/03	7	N.S.	48°34'934	072°13'095	315	9-11
08/03	8	S	48°34'719	072°07'501	140	20-26
08/03	9	S	48°34'047	072°06'600	108	20-22
08/03	10	S	48°31'539	072°02,077	315	20
08/03	11	S	48°32'183	072°03'269	299	20
08/04	12	N.S.	48°31'108	072°07'944	245	09-12
08/04	13	N.S.	48°31'227	072°11'207	331	12
08/04	2	S	48°30'200	071°59'800	118	48
08/05	2	S	48°30'200	071°59'800	118	36
08/05	14	S	48°36'850	072°09'500	136	21
08/05	15	N.S.	48°35'050	072°14'600	33	10
08/05	16	S	48°26'660	072°02'411	300	7
08/06	17	S	48°35'000	071°55'400	154	30-36
08/05	18	S	48°36'000	072°12'000		30
08/05	19	S	48°35'745	072°11'342		19
08/05	20	S	48°36'371	072°11'477		25

S: Secteur avec stratification thermique.

N.S: Secteur sans stratification thermique.

## Annexe 2: Température de la colonne d'eau, 1995.

1 août 1995, 20:45.		5 août 1995, 21:15	
48°31'000 N. 072°00'000 O.		48°30'200 N. 071°59'800 O.	
Profondeur (m)	Température (°C)	Profondeur (m)	Température (°C)
0	19,7	0	21,5
1	19,7	1	21,8
2	19,7	2	21,5
4	19,7	4	20,5
6	19,7	6	20,4
8	19,6	8	20,1
10	19,6	10	19,1
12	19,6	12	18,5
13	19,6	13	17,5
14	19,6	14	14
15	18,9	15	
16	15,8	16	13
17	13,5	17	
18	12,8	18	11
19	9,8	19	
20	9,0	20	11
22	8,6	22	11
24	8,5	24	10
26	8,2	26	10
28	7,9	28	9
30	7,8	30	7
32	7,5		
34	7,5		
36	7,5		
38	7,4		
40	7,3		
42	7,3		



Annexe 4: Mesures morphométriques et détermination de l'âge des éperlans arc-en-ciel, 1995.

Date	Station	Profondeur (m)	Spécimen numéro	Longueur totale(mm)	Age
08/03	6	15	1	94	1+
08/03	6	15	2	93	1+
08/03	6	15	3	95	1+
08/03	6	15	4	109	1+
08/03	6	15	5	124	1+
08/03	5	20	6	95	1+
08/03	5	20	7	101	1+
08/03	5	20	8	100	1+
08/03	5	20	9	97	1+
08/03	5	20	11	172	2+



## Annexe 5: Abondance des espèces selon la profondeur, 1995.

Station	Type	Profondeur échantillonnée (m)	Eperlan arc-en-ciel		Omisco		Autres espèces
			0+	>0+	0+	>0+	
1	S	8	1	0	48	0	
		15	1	2	3	0	
		20	0	1	2	0	
		25	0	2	2	0	1 COAR
2	S	4	1	0	8	0	
		4	0	0	0	0	
		10	0	0	2	1	1 MITO
		15	0	6	6	1	
		20	0	4	4	0	3 COAR
3	S	10	0	0	4	3	
		15	0	2	0	0	
		20	0	0	0	1	3 COAR
4	S	5-7,5-10	0	0	1	0	
		15	0	1	10	78	
5	S	4	0	0	63	0	
		10	0	6	21	3	
		15	0	4	5	3	1 COAR
		20	0	6	6	0	
6	S	4	33	0	18	0	
		15	12	61	0	12	1 CACA 1 MITO
7	N.S.	4	102	0	22	0	5 NOHU
8	S	15	4	1	10	17	
9	S	4	1	0	97	0	
10	S	15	1	5	0	28	
11	S	4	1	0	24	0	
12	N.S.	4	0	0	5	0	1 STVI 1 sp.
13	N.S.	4	19	0	0	0	
14	S	4	6	0	2	0	
		13	2	0	0	22	
15	N.S.	4	12	0	2	0	
16	S	3	0	0	0	0	22 sp.
17	S	5	1	0	2	2	
		15	0	0	0	3	
18	S	15	2	20	2	2	2 COAR 1 ICNE
19	S	5	1	0	1	0	
20	S	10	5	0	36	10	

S: Secteur avec stratification thermique.

N.S.: Secteur sans stratification thermique.

Annexe 6: Abondance des éperlans arc-en-ciel et des omiscos selon la profondeur et la présence ou non d'une stratification thermique, 1995.

Profondeur (m)	ÉPERLAN ARC-EN-CIEL				Secteur stratifié				Secteur non stratifié						
	N	0+			X	CPUE	>0+	X	N	0+			X	CPUE	>0+
		0(0)	54(1-0-0-33-1-1-6-12)	2(1-1)						1(1)	5(0-0-5-)	2(2)			
3	1	0(0)		0,0	0,0	0(0)	0,0	4	133(102-0-19-12)	33,3	0(0)	0,0	0,0		
4	8	54(1-0-0-33-1-1-6-12)		6,8	0(0-0-0-0-0-0-0)	0(0-0-0-0-0-0-0)	0,0	4	133(102-0-19-12)	33,3	0(0)	0,0	0,0		
5	2	2(1-1)		1,0	0(0-0)	0(0-0)	0,0								
7,5	1	1(1)		1,0	0(0)	0(0)	0,0								
10	4	5(0-0-5-)		1,3	6(0-0-6-0)	6(0-0-6-0)	1,5								
12,5	1	2(2)		2,0	0(0)	0(0)	0,0								
15	10	20(1-0-0-0-12-4-1-0-2)		2,0	102(2-6-2-1-4-61-1-5-0-20)	102(2-6-2-1-4-61-1-5-0-20)	10,2								
20	4	0(0-0-0-)		0,0	11(1-4-0-6)	11(1-4-0-6)	2,8								
25	1	0(0)		0,0	2(2)	2(2)	2,0								

Profondeur (m)	OMISCO				Secteur stratifié				Secteur non stratifié						
	N	0+			X	CPUE	>0+	X	N	0+			X	CPUE	>0+
		0(0)	214(8-0-63-18-97-24-2-2)	3(2-1)						48(48)	63(2-4-21-36)	0(0)			
3	1	0(0)		0,0	0(0)	0(0)	0,0	4	29(22-5-0-2)	7,3	0(0-0-0-0)	0,0	0,0		
4	8	214(8-0-63-18-97-24-2-2)		26,8	0(0-0-0-0-0-0-0)	0(0-0-0-0-0-0-0)	0,0	4	29(22-5-0-2)	7,3	0(0-0-0-0)	0,0	0,0		
5	2	3(2-1)		1,5	2(2-0)	2(2-0)	1,0								
7,5	1	48(48)		48,0	0(0)	0(0)	0,0								
10	4	63(2-4-21-36)		15,8	17(1-3-3-10)	17(1-3-3-10)	4,3								
12,5	1	0(0)		0,0	22(22)	22(22)	22,0								
15	10	36(3-6-0-10-5-0-10-0-0-2)		3,6	141(0-1-0-78-3-12-17-28-0-2)	141(0-1-0-78-3-12-17-28-0-2)	14,1								
20	4	12(2-4-0-6)		3,0	1(0-0-1-0)	1(0-0-1-0)	0,3								
25	1	2(2)		2,0	0(0)	0(0)	0,0								

N: nombre de traits de chalut  
 CPUE: captures par unité d'effort  
 X: moyenne  
 ( ): minimum-maximum.

Annexe 7: Localisation des points de départ et d'arrivée  
des traits de chalut, 1996.

Point	Latitude N.	Longitude O.
1	48°40'800	072°08'400
2	48°39'050	072°07'400
3	48°40'350	072°04'050
4	48°38'850	072°01'800
5	48°38'950	071°54'100
6	48°37'450	071°52'250
7	48°34'400	071°51'700
8	48°33'000	071°49'600
9	48°29'950	071°48'500
10	48°28'350	071°50'250
11	48°27'550	071°59'150
12	48°28'550	072°01'700
13	48°30'650	072°07'200
14	48°31'850	072°09'450
15	48°34'700	072°12'800
16	48°36'400	072°14'500
17	48°38'250	071°56'450
18	48°36'450	071°55'700
19	48°32'550	071°54'800
20	48°31'100	071°52'900
21	48°29'050	071°53'900
22	48°28'850	071°57'350
23	48°31'200	071°58'350
24	48°32'600	072°00'600
25	48°34'450	072°06'100
26	48°36'150	072°08'600
27	48°34'550	071°59'700
28	48°36'350	072°01'050
29	48°33'300	071°55'700
30	48°35'000	071°57'050
31	48°30'300	071°58'650
32	48°31'550	072°00'950

Annexe 8: Température de la colonne d'eau, 1996.

Le 5 août 1996.		Le 6 août 1996.		Le 7 août 1996.		Le 8 août 1996.		Le 11 août 1996.	
072°00'997 O. 48°31'541 N.		072°01'100 O. 48°34'450 N.		071°58'350 O. 48°31'200 N.		071°55'700 O. 48°33'300 N.		071°54'800 O. 48°32'550 N.	
Z (m)	T (°C)	Z (m)	T (°C)	Z (m)	T (°C)	Z (m)	T (°C)	Z (m)	T (°C)
0,5	23,5	0,5	23,0	0,5	22,0	0,5	22,0	0,5	20,5
1	23,5	1	23,0	1	22,0	1	21,7	1	20,5
2	23,0	2	23,0	2	22,0	2	21,7	2	20,5
3	21,5	3	21,5	3	21,7	3	21,7	3	20,2
4	20,0	4	18,0	4	21,5	4	21,7	4	20,2
6	17,7	6	16,7	6	17,5	6	21,5	6	20,0
7	17,5	7	16,5	7	17,0	7	18,0	7	19,7
8	17,0	8	15,5	8	16,5	8	17,0	8	19,7
9	16,0	9	15,2	9	15,7	9	16,0	9	19,7
10	15,5	10	15,0	10	15,5	10	15,5	10	19,7
11	15,0	11	14,7	11	15,0	11	14,5	11	19,7
12	14,7	12	14,5	12	14,5	12	14,5	12	19,7
13	14,5	13	14,2	13	14,5	13	14,0	13	19,7
14	14,2	14	14,0	14	14,5	14	13,5	14	19,7
15	14,0	15	14,0	15	14,0	15	13,5	15	19,0-19,7-19,7
16	14,0	16	13,7	16	14,0	16	13,5	16	16,0-19,7-19,0
17	14,0	17	13,5	17	14,0	17	13,0	17	15,0-15,5
		18	13,5	18	14,0	18	13,0	18	14,5
		19	13,5	19	13,5	19	13,0	19	14,0
		20	13,5	20	13,5	20	12,7	20	13,5
		22	13,4	22	13,0	22	12,7	22	13,0
		24	13,0	24	12,5	24	12,5	24	12,7
		26	12,5	26	12,5	26	12,5	26	12,0
		28	11,7	28	12,0	28	12,5	28	11,7
		30	11,2	30	11,5	30	11,7	30	11,2
		32	11,0	32	11,0	32	11,5	32	10,7
		34	10,7	34	10,7	34	10,5	34	10,5
		36	10,5	36	10,5	36	9,7	36	10,5
		38	10,0	38	10,0	38	9,7	38	10,2
		40	10,0	40	10,0	40	9,7	40	10,0
		42	9,5						
		44	9,5						
		46	9,2						

Z: profondeur  
T: température

## Annexe 9: Mesures morphométriques et détermination de l'âge des éperlans arc-en-ciel échantillonnés, 1996.

Date	Site	Numéro du spécimen	Masse (g)	Longueur totale(mm)	Coefficient de condition	Sexe	Âge	
							lu	donné
08/05	Wp 32-31	8	32	179	0,56	M	4	
08/05	Wp 32-31	7	34	181	0,57	F	4	
08/05	Wp 32-31	6	23	165	0,50	F	3	
08/05	Wp 32-31	9	12	127	0,57	F	2	
08/05	Wp 32-31			38				0
08/05	Wp 32-31			35				0
08/05	Wp 32-31			40				0
08/05	Wp 32-31			45				0
08/05	Wp 32-31			39				0
08/05	Wp 14-13			36				0
08/05	Wp 14-13			33				0
08/05	Wp 14-13			37				0
08/05	Wp 14-13			36				0
08/05	Wp 14-13			30				0
08/05	Wp 13-14			36				0
08/05	Wp 13-14			37				0
08/05	Wp 13-14			33				0
08/05	Wp 13-14			41				0
08/05	Wp 13-14			33				0
08/05	Wp 15-16			37				0
08/05	Wp 15-16			31				0
08/05	Wp 15-16			38				0
08/05	Wp 15-16			40				0
08/05	Wp 15-16			37				0
08/05	Wp 16-15			36				0
08/05	Wp 16-15			37				0
08/05	Wp 16-15			38				0
08/05	Wp 16-15			40				0
08/05	Wp 16-15			30				0
08/06	Wp25-26	11	8	113	0,53	F	2	
08/06	Wp25-26	10	8	112	0,56	F	1	
08/06	Wp25-26			37				0
08/06	Wp25-26			30				0
08/06	Wp25-26			32				0
08/06	Wp25-26			36				0
08/06	Wp25-26			31				0
08/06	Wp26-25		23	162	0,55	M		3
08/06	Wp26-25			31				0
08/06	Wp26-25			36				0
08/06	Wp26-25			36				0
08/06	Wp26-25			32				0
08/06	Wp26-25			33				0
08/06	Wp 28-27	14	16	139	0,60	F	5	
08/06	Wp 28-27	15	13	127	0,63	F	2	
08/06	Wp 28-27	16	11	121	0,62	M	2	
08/06	Wp 28-27	17	7	104	0,58	M	2	
08/06	Wp 28-27			38				0

Date	Site	Numéro du spécimen	Masse (g)	Longueur totale(mm)	Coefficient de condition	Sexe	Âge	
							lu	donné
08/06	Wp 28-27			37				0
08/06	Wp 28-27			36				0
08/06	Wp 28-27			38				0
08/06	Wp 28-27			36				0
08/06	Wp 27-28	18	12	128	0,59	F	2	
08/06	Wp 27-28	19	11	122	0,59	F	2	
08/06	Wp 27-28	20	7	106	0,60	F	1	
08/06	Wp 27-28	21	5	100	0,48	M	1	
08/06	Wp 27-28			41				0
08/06	Wp 27-28			42				0
08/06	Wp 27-28			40				0
08/06	Wp 27-28			39				0
08/06	Wp 27-28			31				0
08/06	Wp4-3	13	8	110	0,57	I	1	
08/06	Wp4-3			40				0
08/06	Wp4-3			36				0
08/06	Wp4-3			41				0
08/06	Wp4-3			38				0
08/06	Wp4-3			38				0
08/06	Wp 3-4			36				0
08/06	Wp 3-4			41				0
08/06	Wp 3-4			40				0
08/06	Wp 3-4			38				0
08/06	Wp 3-4			37				0
08/06	Wp2-1			35				0
08/06	Wp2-1			33				0
08/06	Wp2-1			35				0
08/06	Wp2-1			33				0
08/06	Wp2-1			35				0
08/07	Wp 23-24	5		114		M	1	
08/07	Wp 23-24			41				0
08/07	Wp 23-24			44				0
08/07	Wp 23-24			41				0
08/07	Wp 23-24			34				0
08/07	Wp 23-24			41				0
08/07	Wp 12-11			41				0
08/07	Wp 12-11			36				0
08/07	Wp 12-11			33				0
08/07	Wp 12-11			38				0
08/07	Wp 12-11			37				0
08/07	Wp11-12			38				0
08/07	Wp11-12			34				0
08/07	Wp11-12			38				0
08/07	Wp11-12			36				0
08/07	Wp11-12			34				0
08/08	Wp 29-30	41	7	106	0,58	I	1	
08/08	Wp 29-30	40	6	104	0,55	F	1	
08/08	Wp 29-30	39	13	128	0,62	F	2	
08/08	Wp 29-30	38	16	130	0,75	F	2	
08/08	Wp 29-30	37	14	134	0,57	F	2	

Date	Site	Numéro du spécimen	Masse (g)	Longueur totale(mm)	Coefficient de condition	Sexe	Âge	
							lu	donné
08/08	Wp 29-30	36	10	116	0,62	M	1	
08/08	Wp 29-30	35	7	102	0,61	F	1	
08/08	Wp 29-30	34	12	127	0,59	F	3	
08/08	Wp 29-30	33	13	126	0,62	F	2	
08/08	Wp 29-30	32	7	104	0,59	I	1	
08/08	Wp 29-30			122				2
08/08	Wp 29-30			124				2
08/08	Wp 29-30			112				2
08/08	Wp 29-30			111				1
08/08	Wp 29-30			103				1
08/08	Wp 29-30			102				1
08/08	Wp 29-30			101				1
08/08	Wp 29-30			37				0
08/08	Wp 29-30			37				0
08/08	Wp 29-30			33				0
08/08	Wp 29-30			41				0
08/08	Wp 29-30			27				0
08/08	Wp 30-29	31	14,0	136	0,56	F	2	
08/08	Wp 30-29	30	12	127	0,61	F	2	
08/08	Wp 30-29	29	12	125	0,63	M	2	
08/08	Wp 30-29	28	10	118	0,59	I	2	
08/08	Wp 30-29	27	12	123	0,63	F	2	
08/08	Wp 30-29	26	7	115	0,49	I	1	
08/08	Wp 30-29	25	10	118	0,61	M	2	
08/08	Wp 30-29	24	13	128	0,62	M	2	
08/08	Wp 30-29	23	7	112	0,53	I	2	
08/08	Wp 30-29	22	7	104	0,61	I	2	
08/08	Wp 30-29			40				0
08/08	Wp 30-29			41				0
08/08	Wp 30-29			47				0
08/08	Wp 30-29			34				0
08/08	Wp 30-29			35				0
08/08	Wp 18-17	64	6,0	100	0,60	M	1	
08/08	Wp 18-17	63	9	118	0,54	M	2	
08/08	Wp 18-17	62	8	107	0,61	M	1	
08/08	Wp 18-17	61	8,0	110	0,60	M	1	
08/08	Wp 18-17	60	7	106	0,61	M	1	
08/08	Wp 18-17	59	6	98	0,61	I	1	
08/08	Wp 18-17	58	13	132	0,58	F	3	
08/08	Wp 18-17	57	7	103	0,61	M	1	
08/08	Wp 18-17	56	19	122	1,05	F	2	
08/08	Wp 18-17	69	13	128	0,60	M	2	
08/08	Wp 18-17	68	11	123	0,56	F	2	
08/08	Wp 18-17	67	21,0	157	0,54	F	3	
08/08	Wp 18-17	66	5	90	0,67	I	1	
08/08	Wp 18-17	65	12	127	0,60	M	2	
08/08	Wp 18-17	55	6	99	0,58	I	1	
08/08	Wp 18-17	64	6	100	0,61	I	1	
08/08	Wp 18-17	54	41	193	0,56	F	4	
08/08	Wp 18-17			102				1

Date	Site	Numéro du spécimen	Masse (g)	Longueur totale(mm)	Coefficient de condition	Sexe	Âge	
							lu	donné
08/08	Wp 18-17			118				1
08/08	Wp 18-17			106				2
08/08	Wp 18-17			107				1
08/08	Wp 18-17			100				1
08/08	Wp 18-17			125				1
08/08	Wp 18-17			126				1
08/08	Wp 18-17			106				2
08/08	Wp 18-17			110				1
08/08	Wp 18-17			102				1
08/08	Wp 18-17			106				2
08/08	Wp 18-17			105				1
08/08	Wp 18-17			115				2
08/08	Wp 18-17			102				1
08/08	Wp 18-17			123				2
08/08	Wp 18-17			119				2
08/08	Wp 18-17			111				2
08/08	Wp 18-17			123				2
08/08	Wp 18-17			120				2
08/08	Wp 18-17			101				1
08/08	Wp 18-17			111				2
08/08	Wp 18-17			107				1
08/08	Wp 18-17			107				2
08/08	Wp 18-17			107				1
08/08	Wp 18-17			125				2
08/08	Wp 18-17			105				2
08/08	Wp 18-17			101				1
08/08	Wp 18-17			103				1
08/08	Wp 18-17			105				1
08/08	Wp 18-17			115				1
08/08	Wp 18-17			104				1
08/08	Wp 18-17			43				0
08/08	Wp 18-17			38				0
08/08	Wp 18-17			42				0
08/08	Wp 18-17			41				0
08/08	Wp 18-17			39				0
08/08	Wp 17-18	53	6	103	0,59	F	1	
08/08	Wp 17-18	52	7	105	0,57	F	1	
08/08	Wp 17-18	51	12	125	0,61	F	3	
08/08	Wp 17-18	50	5	97	0,57	M	1	
08/08	Wp 17-18	49	7	103	0,62	F	1	
08/08	Wp 17-18	48	10,0	119	0,59	F	2	
08/08	Wp 17-18	47	8	113	0,57	I	2	
08/08	Wp 17-18	46	13	131	0,60	F	2	
08/08	Wp 17-18	45	6	99	0,61	M	1	
08/08	Wp 17-18	44	12	127	0,58	F	2	
08/08	Wp 17-18	43	12	122	0,65	I	2	
08/08	Wp 17-18	42	10	122	0,55	F	1	
08/08	Wp 17-18			102				1
08/08	Wp 17-18			105				2
08/08	Wp 17-18			116				1



Date	Site	Numéro du spécimen	Masse (g)	Longueur totale(mm)	Coefficient de condition	Sexe	Âge	
							lu	donné
08/08	Wp 17-18			103				1
08/08	Wp 17-18			107				2
08/08	Wp 17-18			103				1
08/08	Wp 17-18			41				0
08/08	Wp 17-18			41				0
08/08	Wp 17-18			37				0
08/08	Wp 17-18			47				0
08/08	Wp 17-18			35				0
08/08	Wp 21-22	3	8,0	115	0,53	M	1	
08/08	Wp 21-22			44				0
08/08	Wp 21-22			41				0
08/08	Wp 21-22			42				0
08/08	Wp 21-22			38				0
08/08	Wp 21-22			38				0
08/08	Wp 21-22			56				0
08/11	Wp 19-20	4	9,0	117	0,56	M	2	
08/11	Wp 19-20			40				0
08/11	Wp 19-20			44				0
08/11	Wp 19-20			45				0
08/11	Wp 19-20			41				0
08/11	Wp 19-20			40				0
08/11	Wp 20-19	2	14,0	132	0,61	F	2	
08/11	Wp 20-19	1	10	121	0,57	F	2	
08/11	Wp 20-19			47				0
08/11	Wp 20-19			40				0
08/11	Wp 20-19			38				0
08/11	Wp 20-19			43				0
08/11	Wp 20-19			40				0
08/11	Wp 9-10			36				0
08/11	Wp 9-10			48				0
08/11	Wp 9-10			56				0
08/11	Wp 9-10			41				0
08/11	Wp 9-10			38				0
08/11	Wp 10-9			43				0
08/11	Wp 10-9			36				0
08/11	Wp 10-9			40				0
08/11	Wp 10-9			40				0
08/11	Wp 10-9			36				0

Annexe 10: Caractéristiques des sites d'échantillonnage pour l'évaluation de la densité relative de l'éperlan arc-en-ciel et nombre d'individus capturés, par espèce, 1996.

Date	Heure	Trait	Strate		Profondeur (m)	Éperlan							Remarque				
			< 20 m	> 20 m		0+	>0+	Omisco	PEFL	COCL	ICNE	NOAT		Sp.			
08/05	21h55	32-31		x	66-54	22	4	39									
08/05	01h52	14-13	x		10-11	654	0	22			1						
08/05	02h32	13-14	x		10-11	267	0	8									
08/05	03h35	15-16	x		13,7-14,3	60	0	10							5		
08/05	04h14	16-15	x		15	108	0	2							1		
08/06	21h27	25-26		x	35-41	113	2	19							1		
08/06	22h35	26-25		x	33	178	1	26									
08/06	00h18	28-27		x		117	4	8			1						
08/06	01h30	27-28		x		685	4	27			1						
08/06	02h57	4-3				338	0	15									
08/06	03h35	3-4		x	10	524	0	39									
08/06	04h43	2-1		x	13,6-11,9	106	0	1									
08/07	21h10	23-24				54	1	9									
08/07	11h03	12-11		x	12	29	0	29									
08/07	11h40	11-12		x	12,2-11,5	24	0	22									
08/08	21h20	29-30		x	45,5-44,	113	17	15									
08/08	22h35	30-29		x	45-41	74	10	34									
08/08	00h17	18-17		x	30	19	48	103									
08/08	01h27	17-18		x	33	23	18	19									
08/08	03h20	21-22		x	36,6-37	18	1	19									
08/11	21h13	19-20		x	46,8-24	362	1	31									
08/11	22h25	20-19		x	30-49	413	2	46									
08/11	01h50	9-10		x	12,5-12,2	29	0	91									2
08/11	02h26	10-9		x	12,4-12,7	34	0	50			2						

Venteux  
Venteux  
Venteux

Nombreuses cibles  
Vent très fort

**Annexe 11: Statistiques descriptives des strates et estimateurs de la densité relative de l'éperlan arc-en-ciel, par groupe d'âge, 1996.**

**Statistiques descriptives pour chacune des strates:**

Strate	Nombre d'observations	Densité		Temps		Covariance dens-temps	Surface (km)	Surface relative
		moyenne	variance	moyenne	variance			
<b>0+</b>								
<20m	6	189,9167	40279,5417	30,00	0,0000	0	773	0,7646
>20m	8	142,8125	25981,6384	15,63	103,1250	837,2768	238	0,2354
<b>&gt;0+</b>								
<20m	6	0,0000	0,0000	30,00	0,0000	0	773	0,7646
> 20m	8	7,6250	123,1250	49,38	103,1250	10	238	0,2354

**Estimateurs basés sur le ratio des moyennes (0+)**

a) Dans la strate des 20m et moins

Densité relative moyenne: 6,3306  
Variance estimée: 7,4592

Intervalle de confiance à 95%

0,9775 11,6836

b) Dans la strate des plus de 20m

Densité relative moyenne: 9,1400  
Variance estimée: 9,8771

Intervalle de confiance à 95%

2,9801 15,2999

c) Comparaison entre les deux strates

Statistique de test (z): -0,6747  
p-value: 0,4998

d) Estimation globale

Densité relative moyenne: 6,7188  
Variance estimée: 5,7295

Intervalle de confiance à 95%

2,0273 11,4103

**Estimateurs basés sur le ratio des moyennes (>0+)**

a) Dans la strate des 20m et moins

Densité relative moyenne: 0  
Variance estimée: 0

Intervalle de confiance à 95%

0 0

b) Dans la strate des plus de 20m

Densité relative moyenne: 0,1544  
Variance estimée: 0,0063

Intervalle de confiance à 95%

-0,0008 0,3097

c) Comparaison entre les deux strates

Statistique de test (z): -1,9497  
p-value: 0,0512

d) Estimation globale

Densité relative moyenne: 0,0519  
Variance estimée: 0,0007

Intervalle de confiance à 95%

-0,0003 0,1041



Gouvernement du Québec  
Ministère de l'Environnement  
et de la Faune  
Direction de la faune et des habitats

NO. CAT.: 4069-99-02

