

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE
PRESENTE A
L'UNIVERSITE DU QUEBEC A CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAITRISE EN RESSOURCES RENOUVELABLES

PAR
LUC BOUCHARD
B.Sc. en Biologie

INCUBATION D'OEUFS D'EPERLAN ARC-EN-CIEL
(*OSMERUS MORDAX*) EN CHENAUX DE FRAIE AU
RUISSEAU DE L'EGLISE A BEAUMONT, QUEBEC.

AVRIL 1993



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.

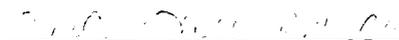
RESUME

Le nombre d'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) fréquentant la rive sud de l'estuaire du Fleuve Saint-Laurent a régressé graduellement depuis trente ans. Les principales rivières fréquentées pour la reproduction furent désertées petit à petit depuis cette période, au point qu'aucun poisson de cette espèce ne remonte dans les deux principaux tributaires habituellement utilisés, soit la Rivière Boyer et la Rivière Ouelle. Face à ce problème, différentes études furent entreprises afin de trouver des aménagements ou des interventions qui pourraient permettre de maintenir la population et de pouvoir éventuellement fournir des poissons pour la restauration des rivières désertées.

Une des études entreprises consiste à mettre au point des chenaux de fraie pour l'incubation d'oeufs d'éperlan au Ruisseau de l'Eglise, un des rares endroits où l'on retrouve encore des reproducteurs de cette espèce au printemps. L'objectif de cette étude était de vérifier l'efficacité de cet aménagement, adapté de façon à réduire les principales causes de mortalité qui concernent l'absence de fécondation des oeufs, la sédimentation des particules fines et la densité du dépôt d'oeufs.

L'incubation d'oeufs d'éperlan arc-en-ciel en chenaux de fraie procure des taux de survie à l'éclosion beaucoup plus élevés que ceux observés en nature. Ainsi, le taux de survie global obtenu est de 66%, ce qui représente entre 14 et 23 fois les meilleurs taux d'éclosion rapportés. La fécondation des oeufs effectuée par la méthode naturelle, c'est à dire en permettant aux reproducteurs de se reproduire dans des chenaux de fraie, procure les meilleurs taux de survie ($p = 0,0012$) comparativement à ceux obtenus par la méthode manuelle, dite sèche. Comme méthode de contrôle de la sédimentation des particules fines contenues dans l'eau, l'utilisation d'une unité de sédimentation est suffisante. Ainsi, l'ajout d'un filtre à piscine pour filtrer l'eau davantage n'entraîne pas des taux de survie supérieurs, ni pour les oeufs fécondés manuellement ($p = 0,288$) ou naturellement ($p = 0,773$). Une densité du dépôt d'oeufs élevée peut être incubée sans qu'il y ait de différence ($p = 0,288$) dans les taux de survie comparativement à une densité plus faible, pour les oeufs fécondés manuellement. Pour les oeufs fécondés naturellement, les taux de survie obtenus sont meilleurs ($p = 0,021$) pour la densité plus élevée que pour la densité plus faible.

La méthode de l'addition des pourcentages de développement journaliers telle qu'utilisée pour le saumon atlantique donne de meilleurs résultats que la méthode de la somme thermique ($^{\circ}\text{d}^{-1}$) pour suivre le développement et prédire l'éclosion des oeufs d'éperlans. Un tableau de correspondance entre la température journalière et le pourcentage de développement s'y rapportant fut établi pour une étendue de température variant de 4 à 20 $^{\circ}\text{C}$. Celui-ci pourra être utilisé pour les prochaines expériences d'incubation d'oeufs d'éperlan.


Luc Bouchard


Louis-Marie Lalancette

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à Monsieur Guy Trencia et le Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (Programme de soutien aux projets à caractère faunique), Monsieur Yves Lavergne et le Ministère des Pêches et des Océans, Monsieur Gilles Barras et la Fondation de la Faune du Québec ainsi qu'à l'Université du Québec à Chicoutimi qui ont collaboré au financement de ce projet.

Sincères remerciements à Monsieur Louis-Marie Lalancette, mon directeur de thèse, pour sa grande disponibilité, à Monsieur Guy Sauvageau pour son aide technique sur le terrain et son support ainsi qu'à Monsieur Marc Valentine du Centre Ecologique du Lac Saint-Jean Inc. pour ses conseils et pour m'avoir permis de me joindre à leur équipe de travail. Merci également à Monsieur Jean Campagna et Monsieur Martin Larose pour leur aide en laboratoire ainsi qu'à tous les pêcheurs sportifs pour leur aide précieuse dans la capture des reproducteurs. Enfin, merci à Monsieur Claude Hudon pour la location de son chalet.

TABLE DES MATIERES

RESUME	i
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	vii
CHAPITRE I INTRODUCTION	1
CHAPITRE II MATERIEL ET METHODE	11
2,1 Capture des reproducteurs	12
2,2 Désinfection des incubateurs et des instruments	14
2,3 Méthode de fécondation manuelle	14
2,4 Méthode de fécondation naturelle	16
2,5 Evaluation des densités du dépôt d'oeufs	18
2,5,1 Fraie manuelle	18
2,5,2 Fraie naturelle	19
2,6 Méthode de contrôle de la sédimentation	23
2,6,1 Unité de sédimentation	23
2,6,2 Nettoyage de l'unité de sédimentation	24
2,7 Suivi des différents paramètres de l'eau	24
2,7,1 Température et oxygène	24
2,7,2 Autres paramètres	25
2,7,3 Débits utilisés	25
2,7,4 Méthode d'évaluation du débit	27
2,8 Développement des oeufs	28
2,9 Traitements antifongiques	29
2,10 Description du montage expérimental	29
2,10,1 Les incubateurs	31
2,10,2 L'unité de sédimentation	34
2,10,3 Les claies	35
2,10,4 La tuyauterie	36

TABLE DES MATIERES
(suite)

2,10,5	La prise d'eau	36
2,10,6	Le filtre à sable	37
2,10,7	Systèmes de pompage et alimentation en électricité	37
2,10,8	La station d'incubation	38
2,11	Evaluation des taux de survie	38
2,11,1	Prélèvement et décompte des oeufs morts	38
2,11,2	Evaluation des taux de survie	41
2,12	Comparaison des taux de survie	41
2,13	Relation entre température moyenne et développement	42
CHAPITRE III RESULTATS		46
3,1	Taux de survie global	47
3,2	Méthode de fécondation des oeufs	47
3,3	Méthode de contrôle de la sédimentation	50
3,4	Efficacité de l'unité de sédimentation	54
3,5	Densité du dépôt d'oeufs	55
3,6	Effet combiné des paramètres	57
3,7	Stades du développement	57
3,8	Relation entre température moyenne et développement	59
CHAPITRE IV DISCUSSION		65
4,1	Taux de survie global	66
4,2	Méthode de fécondation des oeufs	67
4,3	Méthode de contrôle de la sédimentation	69
4,4	Densité du dépôt d'oeufs	70
4,5	Stades du développement	71
4,6	Relation entre température moyenne et développement	72
4,7	Matériel de support des oeufs	75
4,8	Traitements antifongiques	75
4,9	Evacuation des larves	76
4,10	Qualité de l'eau	76

TABLE DES MATIERES
(suite)

CHAPITRE V	CONCLUSION	78
BIBLIOGRAPHIE	82

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : Localisation de la station d'incubation du Ruisseau de l'Eglise, secteur de l'estuaire moyen du Saint-Laurent (46°49,0'Nord, 71°1,0'Ouest)	5
FIGURE 2 : Schéma de l'expérience	13
FIGURE 3 : Montage expérimental (vue en plan)	30
FIGURE 4 : Unité d'incubation (vue en coupe)	32
FIGURE 5 : Unité de sédimentation (vue en coupe)	32
FIGURE 6 : Période de développement de l'éperlan arc-en-ciel, de la fécondation jusqu'à l'éclosion, en relation avec la température moyenne journalière	60

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : Quelques caractéristiques physico-chimiques du Ruisseau de l'Eglise. (Echantillon prélevé le 21 mai 1992)	26
TABLEAU 2 : Nombre de jours de développement de la fécondation jusqu'à l'éclosion pour différentes températures moyennes selon les différentes sources	44
TABLEAU 3 : Plan de l'expérience et résultats de l'incubation d'oeufs d'éperlan arc-en-ciel au Ruisseau de l'Eglise	48
TABLEAU 4 : Dépôt, mortalité, éclosions et taux de survie selon la méthode de fécondation des oeufs	49
TABLEAU 5 : Plan d'analyse statistique des taux de survie	51
TABLEAU 6 : Dépôt, mortalité, éclosions et taux de survie selon le contrôle de la sédimentation	52
TABLEAU 7 : Dépôt, mortalité, éclosions et taux de survie selon la densité du dépôt	56
TABLEAU 8 : Comparaison entre les taux de survie, pour la méthode de fécondation, la méthode de contrôle de la sédimentation et la densité du dépôt, isolés ou en interaction	58

LISTE DES TABLEAUX
(suite)

TABLEAU 9 : Développement journalier, de la fécondation jusqu'à l'éclosion, pour l'éperlan arc-en-ciel à différentes températures	62
TABLEAU 10 : Méthode de la somme thermique et de l'addition du pourcentage de développement journalier pour l'expérience du Ruisseau de l'Eglise (1992), du Maryland (Cooper, 1978) et de Chicoutimi (Bédard, 1988)	63

CHAPITRE I
INTRODUCTION

Selon Scott et Crossman (1974), l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax mordax*) est une espèce anadrome, quittant la mer ou le lac au printemps pour remonter se reproduire dans les cours d'eau. C'est un poisson pélagique qui se déplace principalement en banc retrouvé près des côtes de l'est de l'Amérique du Nord, depuis le New Jersey jusqu'au Labrador. Des populations indigènes "landlockées" se retrouvent également dans plusieurs endroits tels qu'au Nouveau Brunswick, au New Hampshire, à Terre-Neuve et au Québec. Dans la province, il existe des populations de ce type dans plusieurs lacs du bassin du Fleuve Saint-Laurent comme au lac Memphrémagog et au lac Saint-Jean.

Au Québec, il existe trois populations distinctes d'éperlan anadrome : celle de la Baie des Chaleurs, celle du Saguenay et de Charlevoix et une troisième qui occupe l'Estuaire du Saint-Laurent (Fréchet et al., 1983). Cette dernière population se reproduisait principalement dans la Rivière Boyer mais également à la Rivière Ouelle et au Ruisseau de l'Eglise. En été, ces poissons se retrouvaient dans un vaste secteur du bas Saint-Laurent situé entre Métis et Rivière Ouelle alors que l'automne venu, ils remontaient le fleuve jusqu'à la hauteur du comté de Portneuf. Au cours des années 1950 à 1960, ce poisson faisait l'objet d'une importante pêche sportive sur les quais; elle pouvait générer jusqu'à 100 000 jours-pêche annuellement. De plus, l'éperlan était également exploité par quelques pêcheurs commerciaux qui tendaient des pêches fixes sur les rives du fleuve; ils capturaient entre 100 et 190 tonnes par année. Selon Guy Trencia (comm. pers.), la portion prélevée par les pêcheurs

sportifs était tout aussi élevée (sinon plus élevée) que celle des pêcheurs commerciaux.

Toutefois, depuis trente ans, cette population n'a cessé de régresser. Plusieurs causes ont été mentionnées : la construction et l'entretien de la voie maritime, le remblayage des rives et la pollution du fleuve en sont quelques-unes. Cependant, les facteurs principaux se retrouvent dans les rivières où les éperlans remontent pour se reproduire. Pour la Rivière Boyer, principale rivière autrefois fréquentée par la population de l'estuaire, la détérioration de la qualité de l'eau est le principal problème. Pollution municipale, industrielle et surtout modification des pratiques agricoles comme l'utilisation massive d'engrais chimiques, de fumier, de lisier et le déboisement sont à la source de cette désertion des frayères par les éperlans. Jusqu'aux années 1970, les éperlans étaient si nombreux dans cette rivière en période de fraie que certains pêcheurs repartaient avec des centaines de kg de poissons (Robitaille et Vigneault, 1990). Il y a quelques années, seuls quelques éperlans remontaient encore cette rivière. L'an dernier, aucun éperlan ne fut capturé par le filet tendu à l'embouchure de la rivière par le Ministère du Loisir de la Chasse et de la Pêche (Guy Trencia, comm. pers.). Des mesures ont été entreprises par le biais du Programme de Restauration de la Rivière Boyer pour favoriser l'amélioration de la qualité de cette rivière. Reboisement, stabilisation des rives, pose de clôtures et programme de gestion des fumiers ont présentement débuté.

Parallèlement, des études sur les principales causes de mortalité des oeufs d'éperlan arc-en-ciel au cours du développement embryonnaire furent

entreprises afin de proposer un aménagement permettant de les contrer. Ces études étaient menées par le Centre Ecologique du Lac Saint-Jean Inc. en collaboration avec l'Université du Québec à Chicoutimi. L'aménagement proposé devait être adapté au Ruisseau de l'Eglise à Beaumont (figure 1). Vu la topographie du terrain, un système alimenté en eau par gravité pouvait être utilisé, ce qui réduisait la complexité de l'aménagement. Le système fut détaillé dans un rapport réalisé pour le Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche de la région de Québec (Valentine et Fillion, 1991).

Le système retenu devait tenir compte des particularités de l'espèce, principalement face aux conditions de libération des larves dans le milieu. Comme la stimulation du début de l'alimentation exogène chez cette espèce semblait problématique (Akielaszek *et al.*, 1985; Bédard et Lalancette, 1989) et qu'en nature les larves d'éperlan sont libérées dès l'éclosion soit même avant la résorption du sac vitellin (Ouellet et Dodson, 1985; Courtois et Dodson, 1986 et Johnston et Cheverie, 1988) il fallait permettre l'évacuation des larves dès leur éclosion. Des systèmes comme les incubateurs à tiroirs en colonnes verticales ou en jarre ne permettent pas l'émergence des larves de façon naturelle. La méthode d'incubation sur des claies déposées à la verticale comme utilisée au New Hampshire (Brezoski, 1957 et Valentine, 1991) s'avérait donc la meilleure solution car en plus de permettre l'évacuation des larves, les problèmes liés au début de l'alimentation étaient évités, les jeunes poissons étant évacués dès leur éclosion. La situation se rapprochait aussi davantage de ce qui se passe réellement à cet endroit. Les larves ou les oeufs embryonnés pourraient éventuellement servir à restaurer la Rivière Boyer.

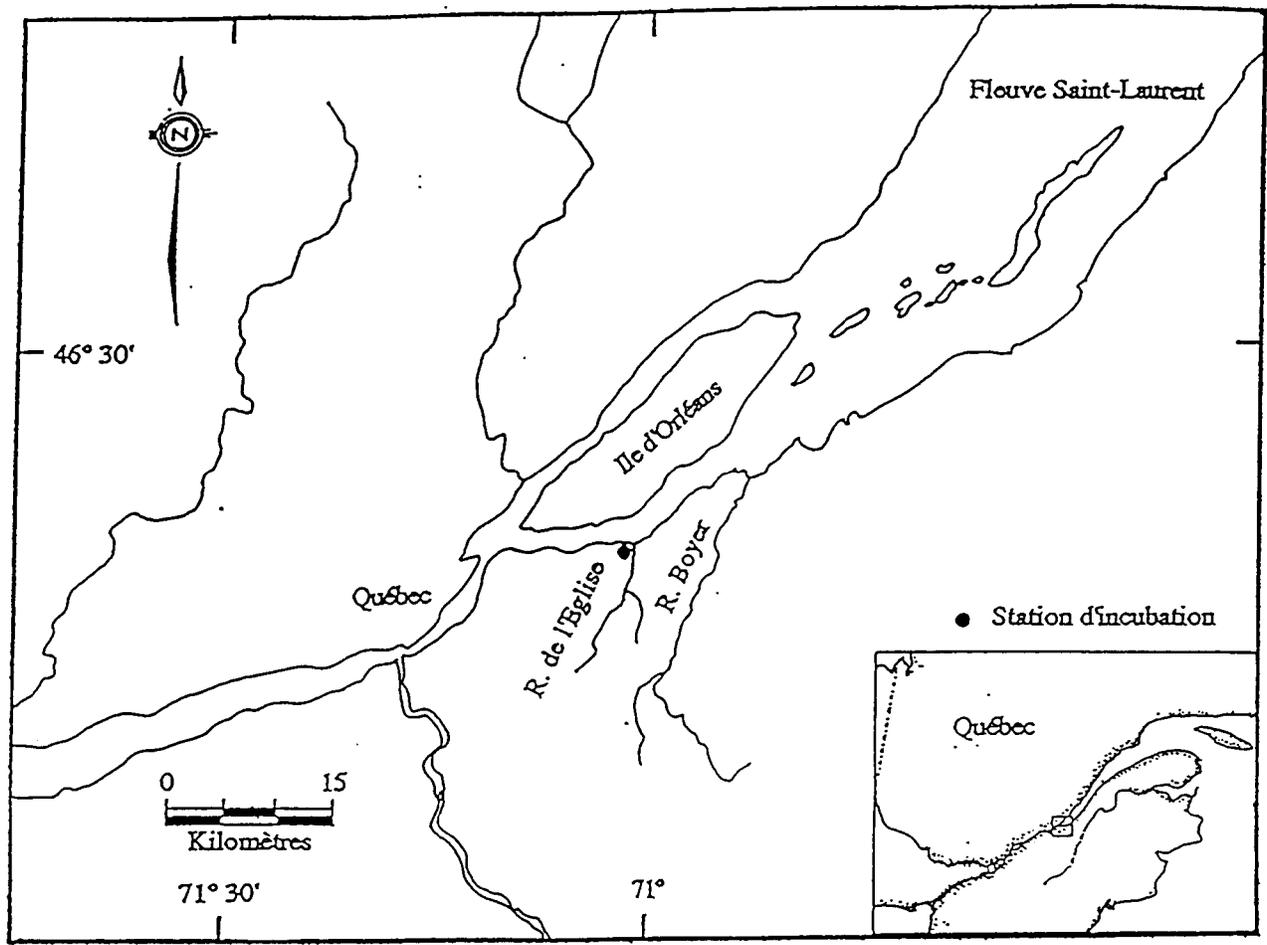


FIGURE 1 : Localisation de la station d'incubation du Ruisseau de l'Église, secteur de l'estuaire moyen du Saint-Laurent (46°49,0'Nord, 71°1,0'Ouest).

Une des principales causes de mortalité des oeufs est l'absence de fécondation. Deux méthodes ont été expérimentées par différents auteurs soit la fécondation manuelle à l'aide de la méthode sèche et la fécondation obtenue dans des conditions naturelles, c'est-à-dire sans intervention humaine. Akielaszek *et al.* (1985) et Misitano (1977) ont obtenu un nombre élevé de mortalités, après quelques jours seulement de développement, pour des expériences d'incubation dont les oeufs avaient été fécondés manuellement. Ils attribuent une partie de ces mortalités au fait que plusieurs oeufs n'avaient pas été fécondés. Cependant, selon des collègues d'Akielaszek (J. Moring et P. Dexter, comm. pers.), ils auraient tout de même réussi ultérieurement à obtenir des taux de fécondation élevés à partir de cette méthode. D'autres auteurs ont utilisé cette méthode de fécondation, sans toutefois en mentionner l'efficacité (Bédard, 1988; Cooper, 1978; Shadrin, 1988 et Massicotte, comm. pers.). Selon Brezoski (1957), seulement 2% des oeufs obtenus par la reproduction naturelle d'éperlan dans des chenaux de fraie n'avaient pas été fécondés. Geffen (1990) avait également utilisé des oeufs fécondés de façon naturelle, sans toutefois en préciser le pourcentage de réussite. Les deux méthodes ont été utilisées afin de déterminer celle qui donnerait les meilleurs résultats face au type d'aménagement proposé. Contrairement au New Hampshire où les reproducteurs pénétraient de leur propre initiative dans les chenaux de fraie (Brezoski, 1957), au Ruisseau de l'Eglise il fallait les transporter jusqu'à la station d'incubation, ce qui augmentait le stress occasionné et diminuait par le fait même les chances que ces derniers se reproduisent de façon naturelle. Alors, la fécondation manuelle aurait pu s'avérer la seule alternative. Le

premier objectif de cette étude consistait à comparer l'efficacité des deux méthodes de fécondation des oeufs d'éperlan.

Un second facteur causant des mortalités chez les oeufs d'éperlan au cours du développement embryonnaire est la sédimentation des particules fines qui viennent colmater les parois de l'oeuf. Les échanges d'oxygène en sont alors réduits et plusieurs oeufs meurent par suffocation. Brezoski (1957) mentionne des taux de mortalité supérieurs pour des échantillons ayant été affectés plus fortement par la sédimentation. Le colmatage des oeufs par les matériaux fins a également été observé pour une expérience réalisée par le M.L.C.P.-01 en 1990 à la Rivière Ouelle. Cette cause de mortalité est également commune pour d'autres espèces de poissons. Comme l'eau de l'expérience provenait directement du Ruisseau de l'Eglise, le second objectif de l'étude consistait à vérifier l'efficacité d'utiliser une unité de sédimentation favorisant le contrôle des particules fines dans l'eau avant que celle-ci ne soit répartie aux incubateurs. On a également vérifié si l'ajout d'un filtre à piscine au système, servant à procurer une plus grande filtration de l'eau, pouvait améliorer la survie des oeufs incubés.

Un troisième facteur de mortalité important est la suffocation des oeufs due à des densités de dépôt trop élevées. McKenzie (1964) mentionne que de grandes mortalités d'oeufs d'éperlan ont souvent été observées aux pieds d'obstacles infranchissables où les oeufs s'accumulent. Ses expériences avec différentes densités de dépôt d'oeufs lui révélèrent que les meilleurs taux de survies étaient obtenus avec des densités d'environ 13 oeufs.cm⁻² (3,6% de

survie) alors qu'ils pouvaient être aussi bas que 0,03% à 37 000 oeufs.cm⁻². Cette dernière densité représentait environ les conditions retrouvées en aval d'obstacles. Kircheis et Geffen (1987 IN Geffen, 1990) avaient également observé une mortalité plus élevée pour des densités de dépôt excessifs. Akielaszek et al. (1985) mentionnent que les meilleurs résultats en laboratoire sur un support de verre étaient obtenus avec des densités de 12 oeufs.cm⁻² et moins . Ces densités représentent une seule couche d'oeufs d'épaisseur. Cependant, Brezoski (1957) mentionne avoir obtenu de bons résultats pour des expériences d'incubation en chenaux de fraie et sur des claies de jute avec des densités de 147 oeufs.cm⁻² ou moins. Cette densité correspond à plusieurs couches d'oeufs. Comme un des buts de l'aménagement expérimenté au Ruisseau de l'Eglise était de produire le plus grand nombre de larves, le troisième objectif consistait à comparer le rendement obtenu à partir de deux densités de dépôt différentes. La première correspondait à une couche d'oeufs, 13 oeufs.cm⁻², alors que la seconde correspondait à environ trois couches d'oeufs, soit 50 oeufs.cm⁻².

Un dernier facteur important causant la mortalité des oeufs d'éperlan au cours du développement est l'infection par les champignons. Bédard (1988), Akielaszek et al. (1985), Misitano (1977), Cooper (1978), Veilleux (1966 IN Robitaille et Vigneault, 1990) et Brezoski (1957) mentionnent des mortalités causées par l'apparition de champignons. Trois types de traitement sont mentionnés par certains de ces auteurs ; ce sont les traitements à la westcodyne, au formol et au vert de malachite. Ce dernier fongicide est le plus employé en pisciculture. Des recherches menées par Arasaki et al. (1958 IN

Olah et Farkas, 1978) concernant la résistance des champignons au vert de malachite ont démontré que même à des concentrations très faibles, ce produit en retardait la croissance. Selon Olah et Farkas (1978) à des concentrations supérieures à 3 ppm il était possible d'obtenir 100% de mortalité des champignons. Il fut donc décidé que des traitements identiques pour les deux incubateurs seraient utilisés avec ce produit afin d'augmenter les chances de survie des oeufs.

Depuis déjà plusieurs années on connaît l'importance de la température comme un facteur déterminant sur la période de développement des embryons de poissons. Selon Kane (1988), dès 1934, on rapportait des estimés du temps requis pour incuber des oeufs de différents salmonidés. Auparavant, pour le saumon atlantique, on utilisait la méthode de la somme des "degré.jour" ($^{\circ}\text{d}^{-1}$) pour prédire différents stades comme l'éclosion et l'émergence. Cependant, des inconsistances dans les résultats ont conduit les recherches vers une méthode empirique ayant comme objectif d'utiliser les données disponibles (T° moyenne versus jour de développement) pour obtenir un modèle permettant de prédire l'événement recherché (éclosion, émergence) et d'utiliser ce modèle pour bâtir un tableau général donnant le pourcentage de développement correspondant à une température donnée. Par la suite, l'addition des pourcentages journaliers permettent de préciser l'avancement du développement et ainsi, en faisant varier la température, de prévoir et de contrôler le développement. Alderdice et Velsen (1978) ont appliqué cette méthode pour le saumon chinook et Kane (1988) a effectué les mêmes démarches pour le saumon atlantique. A partir de cette méthode, les

gestionnaires de pisciculture sont en mesure de prédire l'éclosion, l'émergence et le début de la nutrition exogène chez le saumon avec plus de précision.

Pour l'éperlan arc-en-ciel, il est également important de pouvoir suivre le développement et prédire le moment de l'éclosion des oeufs le plus précisément possible. Le quatrième objectif consistait à comparer l'efficacité des deux méthodes pour estimer la période d'éclosion d'oeufs de cette espèce à partir des données disponibles sur la période d'incubation et des résultats obtenus. On a également suggéré un tableau de correspondance entre le développement journalier en pourcentage et la température moyenne journalière qui pourra être utilisée pour l'éperlan. La méthode du suivi du pourcentage de développement journalier permettrait de préciser certaines étapes du développement tel que l'apparition de l'oeil. Ainsi, il serait possible de savoir à partir de quel moment les oeufs pourraient être déplacés si ceux-ci devaient être transportés jusqu'à un autre plan d'eau, dans une perspective d'ensemencement. Des tentatives d'introduction de cette espèce par le biais de ces techniques furent réalisées avec succès au New Hampshire (Anonyme, 1957) et au Maine (Akielaszek *et al.*, 1985). On pourrait établir plus précisément le début des éclosions afin d'arrêter les traitements antifongique qui pourraient causer des mortalités chez les larves. Il serait aussi possible de connaître le stade de développement sans avoir à prélever des oeufs et à les regarder à la loupe binoculaire. De plus, en incubant des oeufs de cette espèce en pisciculture, on pourrait prévoir l'éclosion de différents lots afin de commencer la nutrition au même moment.

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODE

2,1 CAPTURE DES REPRODUCTEURS

Les reproducteurs d'éperlan arc-en-ciel furent prélevés à l'embouchure du Ruisseau de l'Eglise qui se déverse dans l'Anse du village, à Beaumont. L'échantillonnage se déroula du 6 au 13 mai 1992. Les poissons étaient capturés à l'aide de carrelets par les techniciens du M.L.C.P. (région 03) ainsi que par l'équipe du Centre Ecologique. Une bonne collaboration fut obtenue des pêcheurs sportifs de l'endroit qui ont fourni une partie des femelles utilisées. Un total d'environ 30 heures de pêche fut effectué au cours de cette période.

La pêche se déroulait parmi les pêcheurs de l'endroit; elle débutait environ une demi-heure avant la marée haute pour se terminer au lever du soleil, alors que la marée s'était retirée de la baie. Les poissons capturés étaient placés dans une chaudière en plastique remplie d'eau portée en bandoulière jusqu'à ce qu'il y en ait suffisamment (environ une cinquantaine d'individus). Ceux-ci étaient alors transportés jusqu'à la station d'incubation où ils étaient triés selon leur sexe et placés dans une section d'incubateur transformée en bassin temporaire afin de permettre leur acclimatation. A l'intérieur de celui-ci on retrouvait un débit d'eau suffisamment important (210 l.min^{-1}) permettant d'offrir une eau froide bien oxygénée. Une fois le tri terminé, une partie des poissons était distribuée sur les différentes claies afin qu'ils y fraient de façon naturelle alors que l'autre partie devait ultérieurement faire l'objet d'une fraie assistée (manuelle) . Le schéma de l'expérience est présenté à la figure 2.

INCUBATEUR #1

Unité de sédimentation + filtre

Fraie
manuelle Fraie
naturelle

A	13 oeufs.cm-2	13 oeufs.cm-2	E
B	50 oeufs.cm-2	50 oeufs.cm-2	F
C	50 oeufs.cm-2	50 oeufs.cm-2	G
D		13 oeufs.cm-2	H

INCUBATEUR #2

Unité de sédimentation

Fraie
manuelle Fraie
naturelle

I	13 oeufs.cm-2	13 oeufs.cm-2	M
J	50 oeufs.cm-2	50 oeufs.cm-2	N
K	50 oeufs.cm-2	50 oeufs.cm-2	O
L	13 oeufs.cm-2	13 oeufs.cm-2	P

FIGURE 2 : Schéma de l'expérience.

L'expérience se déroula sur 20 jours du début de la mise sur les claies des reproducteurs pour la fraie naturelle jusqu'à la dernière journée d'éclosion des larves. La fraie naturelle s'échelonna sur trois jours (7-9 mai), la fraie manuelle également (10-12 mai) suivi de la période de développement qui dura jusqu'au 19 mai. Puis vint la période d'éclosion qui dura 7 jours au total (19-26 mai).

2,2 DESINFECTION DES INCUBATEURS ET DES INSTRUMENTS

Avant la mise en place des oeufs sur les claies, les incubateurs furent désinfectés à l'aide d'une solution chimique de proviodine à une concentration de 5 ppm. Les instruments utilisés pour la fraie manuelle ont également fait l'objet d'une désinfection à la proviodine.

2,3 METHODE DE FECONDATION MANUELLE

La fraie manuelle consiste à prélever les gamètes mâles et femelles des poissons avec les mains et à les mettre en contact de façon à provoquer la fécondation. Le protocole des manipulations a été établi à partir de la littérature (Woynarovich et Hornáth, 1981 et Huet, 1960) et de communications de certaines personnes ayant tenté l'expérience pour l'éperlan (J. Moring; P. Dexter; B. Massicotte).

Les étapes suivantes étaient exécutées: après s'être lavé et essuyé les mains avec une serviette, le corps de la femelle était soigneusement asséché, principalement vers l'arrière de la queue afin d'éviter de mettre les oeufs en contact avec l'eau. Chaque femelle était pesée à l'aide d'une balance à plateau avec une précision au dixième de gramme.

Pour extraire les oeufs des femelles, de légères pressions étaient appliquées tout au long de l'abdomen jusqu'au niveau de l'orifice génital. Une attention particulière à l'opération était apportée afin d'éviter l'extraction forcée car les oeufs auraient pu être impropres à la fécondation. Les oeufs étaient recueillis dans un contenant en plastique propre et sec. Les oeufs étaient agités avec une plume à plusieurs reprises afin d'éviter de faire sécher la couche supérieure au contact de l'air. La contribution de chaque femelle (poids des oeufs extraits) était notée et l'opération se déroulait jusqu'à l'obtention du poids d'oeufs total correspondant à la densité de dépôt voulue sur les claies (section 2,5). Ce n'est qu'à ce moment que la laitance des mâles était ajoutée.

Pour les mâles, les mêmes opérations étaient répétées et la laitance était déversée directement sur les oeufs. En général, deux mâles étaient utilisés pour chaque femelle afin de maximiser les chances de fécondation.

Ensuite, la claie devant accueillir les oeufs était soulevée jusqu'à environ 2 cm de la surface de l'eau. Une petite quantité d'eau était ajoutée au contenant, suffisamment pour recouvrir les oeufs, afin de favoriser le

déplacement des spermatozoïdes. Les oeufs étaient alors agités délicatement à l'aide de la plume. La totalité des oeufs était ensuite déposée doucement sur la claie, après environ 20 secondes d'attente pour permettre la fécondation. Une autre personne créait un léger courant dans l'eau avec une plume afin de les étendre le plus uniformément possible. L'opération de dépôt des oeufs sur une claie durait environ une minute. Environ 3 heures plus tard, la claie était abaissée délicatement jusqu'à sa position définitive sur le système de retenue dans l'incubateur.

La fraie manuelle se déroula selon le protocole présenté précédemment. Les manipulations se sont échelonnées sur trois jours. Les claies K et L furent remplies dimanche le 10 mai, les claies I et J lundi le 11 mai et les autres (A, B et C) mardi le 12 mai. Il faut mentionner qu'une claie initialement prévue pour faire partie de la fraie manuelle (claie D) n'a pu être remplie par manque de femelles.

2,4 METHODE DE FECONDATION NATURELLE

La seconde méthode expérimentée consistait à tenter de reproduire des conditions favorables à l'intérieur de la station d'incubation afin de permettre aux éperlans de s'y reproduire. Pour cette partie de l'expérience, les éperlans capturés et triés furent répartis sur les claies qui étaient divisées en sections fermées par du grillage. Ainsi, un nombre de femelles et le double de mâles furent déposés sur les claies au même moment. Ce ratio avait pour but de

maximiser les chances de fécondation. Lorsque l'on avait capturé suffisamment de femelles et de mâles pour remplir une claie, on les distribuait en nombre voulu sur les claies afin de leur laisser le plus de temps possible pour s'acclimater et ainsi leur permettre de se reproduire. Les premières claies (M et N) furent remplies jeudi le 07 mai à 23 h 45. Les autres claies de la fraie naturelle (E,F,G,H,O et P) furent complétées le lendemain entre 20 h 30 et 5 h 30.

Les éperlans sont demeurés entre 60 et 80 heures dans la station. Les visites à la station d'incubation étaient réduites au minimum. En général, les poissons semblaient calmes et en bonne forme. Le samedi vers midi, la vérification ne permit pas de trouver d'oeufs sur les claies. C'est au cours de la nuit du samedi au dimanche que la plupart des reproducteurs ont frayé. Vers 4 h 45 les poissons frétilaient sur les claies indiquant que la fraie battaient son plein. Au matin, on nota la présence d'oeufs sur toutes les claies. On décida de laisser les reproducteurs dans le système pour une journée supplémentaire afin de permettre à ceux qui n'auraient pas frayé de le faire.

Une fois la fraie réalisée, les poissons étaient retirés des incubateurs pour ne pas perturber le développement des oeufs. Les poissons furent retirés lundi vers 15 h 00. Le poids somatique des femelles était pris à ce moment. C'est à partir de ce paramètre que la densité de dépôt fut calculée.

2,5 EVALUATION DES DENSITES DU DEPOT D'OEUF

2,5,1 FRAIE MANUELLE

Pour évaluer la densité du dépôt de la fraie manuelle, la méthode utilisée était la méthode gravimétrique (poids humide). Un échantillon d'un gramme d'oeufs d'une femelle de taille moyenne fut prélevé au début de l'expérience et fit l'objet d'un décompte complet. Au total, 2 067 oeufs furent comptés. On assume que ce nombre était représentatif puisque Giroux (en préparation) a déterminé que la taille des oeufs des femelles capturées au Ruisseau de l'Eglise ne variait pas de façon significative en 1990. Comme le décompte des oeufs fut total, seule une erreur de comptage aurait pu faire varier le nombre d'oeufs par gramme dénombré. Le nombre de 2 067 oeufs par gramme fut donc utilisé dans les calculs de densité du dépôt d'oeufs.

Le dépôt d'oeufs par claie fut réalisé conformément au plan expérimental (figure 2). Le nombre de gramme nécessaire pour obtenir une densité de 13 oeufs.cm⁻² a ainsi été calculé :

$$\text{Superficie de la claie} = 42,5 \text{ cm} \times 57,0 \text{ cm} = 2\,422,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Nombre d'oeufs requis} = \text{Sup. de la claie} \times \text{densité} = 2\,422,5 \times 13 = 31\,493 \text{ oeufs}$$

$$\text{Nombre de grammes d'oeufs} = \frac{\text{Nbre d'oeufs requis}}{\text{Nbre d'oeufs.g}^{-1}} = \frac{31\,493}{2\,067} = 15,2 \text{ g}$$

La même procédure était appliquée pour obtenir le nombre de gramme requis pour une densité de 50 oeufs.cm⁻². Environ 58,6 grammes d'oeufs étaient nécessaires.

2,5,2 FRAIE NATURELLE

Pour la fraie naturelle, le nombre de femelles à déposer sur les claies devant procurer une densité de dépôt fixée au départ (13 et 50 oeufs.cm⁻²) fut déterminé à l'aide des caractéristiques biologiques des reproducteurs du Ruisseau de l'Eglise tel que rapporté par Giroux pour 1990 (en préparation). Ainsi, elle avait obtenu que pour une femelle de taille moyenne (14,9 cm) on retrouvait un poids de 32,0 grammes. Selon ses résultats, en utilisant ensuite la relation "nombre d'oeufs-poids", le nombre d'oeufs par femelle de taille moyenne était de 13 829 oeufs . C'est donc ce nombre qui fut utilisé pour les calculs.

Le nombre de femelles nécessaires pour obtenir une densité de 13 oeufs.cm⁻² a été calculé comme suit:

$$\text{Superficie de la claie} = 42,5 \text{ cm} \times 57,0 \text{ cm} = 2\,422,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Nombre d'oeufs requis} = \text{Sup. de la claie} \times \text{densité} = 2\,422,5 \times 13 = 31\,493 \text{ oeufs}$$

$$\text{Nombre de femelles requises} = \frac{\text{oeufs requis}}{\text{oeufs par femelles}} = \frac{31\,493}{13\,829} = 2,3 \text{ donc } 3 \text{ femelles}$$

La même procédure était appliquée pour obtenir le nombre de femelles requises pour une densité de 50 oeufs.cm⁻². Ainsi dix femelles étaient nécessaires. Le nombre de femelles fut arrondi à l'entier afin d'assurer un dépôt minimum.

Il s'avérait impossible de procéder au décompte direct des oeufs déposés par la méthode naturelle : les oeufs ont un faible diamètre ce qui les rends difficiles à voir au travers de l'eau, les oeufs ne sont pas répartis uniformément ce qui empêche l'utilisation de sous échantillons et en plus, les oeufs ne doivent pas être bougés car des mortalités pourraient survenir. L'évaluation de la densité d'oeufs déposés de façon naturelle au début de l'expérience fut alors obtenue à partir de l'équation de fécondité combinée pour la population d'éperlan du Ruisseau de l'Eglise et de la Rivière Ouelle en 1990 qu'avait obtenue Giroux (en préparation). Ainsi, à partir du poids somatique, on pouvait estimer le nombre d'oeufs que devait porter chaque femelle. La somme de la contribution de chaque femelle représentait le dépôt d'oeufs initial.

L'équation de la régression poids somatique des femelles - nombre d'oeufs utilisée était (où X représente le poids des femelles et Y le nombre d'oeufs) :

$$Y = 726,9 X - 4\,395,5 \quad n = 75 \quad R^2 = 0,74$$

Cependant, compte tenu de certains facteurs non prévus dans l'expérience, la relation ci-dessus ne put être utilisée sans modifications. Il

fallait tenir compte de deux phénomènes qui ont modifié à la baisse le nombre d'oeufs effectivement déposés. Premièrement, parmi les 52 femelles utilisées pour la fraie naturelle, 12 se sont échappées des incubateurs en franchissant les grillages qui devaient les retenir sur leur claie respective. Les claies avec des femelles échappées sont : E (2 perdues sur 3 au total), F (5 sur 10), G (2 sur 10), M (2 sur 3) et N (1 sur 10). Le même problème ne fut pas rencontré avec les mâles. Il n'a cependant pas été possible de préciser le moment de la fuite de ces femelles, de sorte qu'il est difficile de savoir si elles sont demeurées suffisamment longtemps pour déposer leurs oeufs avant de s'enfuir.

De plus, lors de l'échantillonnage, on a remarqué que des oeufs étaient perdus au cours des diverses manipulations de capture, de transport et de tri. Comme les femelles avaient beaucoup de limon, il fallait les serrer pour ne pas les échapper ce qui occasionnait l'extrusion accidentelle d'une quantité d'oeufs. Toutes les femelles utilisées (fraie manuelle et naturelle) étaient soumises aux mêmes conditions.

Pour l'évaluation de la densité d'oeufs obtenus manuellement, ces deux problèmes n'entraient pas en cause car le nombre de grammes effectivement obtenu par extraction était utilisé. Cependant, pour la fraie naturelle, on devait se servir de l'équation de fécondité (Giroux, en préparation) qui procurait le nombre d'oeufs que devait contenir la femelle mais ne tenait pas compte des pertes d'oeufs encourues au cours des manipulations. Un facteur de correction devait donc être appliqué à l'équation de fécondité.

Afin d'établir ce facteur de correction, les caractéristiques des femelles ayant servi à la fraie manuelle furent utilisées car on pouvait comparer les deux méthodes d'évaluation du nombre d'oeufs. On a calculé le nombre d'oeufs initial obtenu selon les deux méthodes, soit avec le poids des oeufs prélevés ($2\,067 \text{ oeufs.g}^{-1}$) et à partir de l'équation de fécondité calculée avec le poids somatique. Après avoir préalablement vérifié l'homogénéité des variances, il fut établi que le nombre d'oeufs obtenu à l'aide des deux méthodes différait significativement (Test de t pour échantillons appariés $t = 10,9$; $P < 0,05$). Le nombre obtenu par la méthode du poids était de 27,5% inférieur au nombre calculé par l'équation de fécondité.

L'équation de fécondité procurait le nombre d'oeufs qu'aurait dû contenir les femelles selon leur poids, alors que par l'autre méthode on obtenait le nombre d'oeufs effectivement prélevé manuellement. La différence significative qui existe entre les deux évaluations du nombre d'oeufs correspondrait à la perte subie par une femelle au cours des manipulations ou avant la capture. Un correctif de 25% fut donc appliqué aux résultats du nombre d'oeufs initial obtenu par le biais de la fécondation naturelle.

La méthode de calcul tient donc compte des pertes de femelles car seules celles qui sont demeurées sur les claies furent utilisées pour évaluer le nombre d'oeufs initial. En plus, le total d'oeufs initial fut par la suite ajusté avec le correctif de 25% en moins, compensant pour les pertes d'oeufs subies avant leur dépôt sur les claies. Le nombre d'oeufs au départ est donc un minimum,

considérant que quelques femelles auraient peut être déposé leurs oeufs avant de s'échapper.

A la toute fin était soustrait le nombre d'oeufs demeuré à l'intérieur des femelles obtenu par le poids des oeufs restants au moment de retirer les femelles des claies. Il est à mentionner également que tous les oeufs prélevés pour fin de vérification du stade de développement et non remis sur les claies furent également soustraits du total, et ce pour les deux méthodes de fécondation (manuelle et naturelle).

2,6 METHODE DE CONTROLE DE LA SEDIMENTATION

2,6,1 UNITE DE SEDIMENTATION

Le contrôle des particules contenues dans l'eau distribuée aux deux incubateurs était effectué différemment. L'incubateur #2 était alimenté par de l'eau dont les particules fines s'étaient préalablement sédimentées par gravité dans une unité de sédimentation qui se composait d'une série de cinq grillages de fibre de verre de 1 mm de mèche. L'eau y circulait lentement et les particules fines se retrouvaient au fond. L'autre partie de l'expérience consistait à vérifier l'efficacité d'ajouter à l'unité de sédimentation un filtre à sable à piscine pour tenter d'obtenir une eau de plus grande qualité. L'incubateur #1 bénéficiait de ce type d'alimentation en eau.

Le filtre devait être en fonction pour toute la durée de l'expérience. Cependant, dû à certains problèmes techniques, celui-ci fonctionna pendant près de 80% du temps de développement des oeufs. Il fut mis en opération lundi le 11 mai, lorsque tous les poissons furent retirés du système.

2,6,2 NETTOYAGE DE L'UNITE DE SEDIMENTATION

L'entretien de l'unité de sédimentation était réalisé lorsque les moustiquaires étaient relativement colmatés, soit à tous les deux jours. A ce moment, l'arrivée d'eau était coupée. Le sédimenteur était alors complètement vidé de son eau et le fond et les côtés étaient nettoyés à l'aide d'une éponge. Les grillages de sédimentation composés de moustiquaire étaient retirés et nettoyés à l'extérieur en secouant la saleté et en les frottant avec l'éponge. Par la suite, les moustiquaires étaient replacés et l'eau remise en circulation. L'opération totale durait environ 45 minutes.

2,7 SUIVI DES DIFFERENTS PARAMETRES DE L'EAU

2,7,1 TEMPERATURE ET OXYGENE

Chaque jour, des données concernant la température et l'oxygène étaient enregistrées. La température était suivie à raison d'environ trois lectures par

jour alors que les données concernant l'oxygène dissous et le pourcentage de saturation en oxygène étaient enregistrées une fois par jour.

La température de l'eau variait considérablement selon la période de la journée. Le Ruisseau de l'Eglise étant un cours d'eau de faible profondeur et circulant pour certaines parties en terrain non-boisé, l'eau s'y réchauffait facilement au cours de l'après-midi. La température de l'eau au cours de l'expérience varia de 7°C la nuit jusqu'à 21°C vers la fin de la journée. Pour ce qui est de l'oxygène dissous, les valeurs de la concentration ont varié entre 10,4 mg.l⁻¹ et 14,0 mg.l⁻¹ pour un pourcentage de saturation entre 111,6% et 125,9%.

2,7,2 AUTRES PARAMETRES

La qualité de l'eau du Ruisseau de l'Eglise utilisée pour l'incubation des oeufs fut l'objet d'analyses de la part du Ministère de l'environnement et du Ministère des Pêches et des Océans (tableau 1).

2,7,3 DEBITS UTILISES

Au début de la période de la fraie naturelle, le débit était élevé (environ 210 l.min⁻¹) afin d'éviter d'éventuels problèmes liés à la rhéotaxie et pour favoriser une bonne oxygénation aux poissons. Pour la période de développement, le débit fut réduit à environ 62 l.min⁻¹, soit environ un

TABLEAU 1: Quelques caractéristiques physico-chimiques du Ruisseau de l'Eglise. (Echantillon prélevé le 21 mai 1992).

Paramètre	Valeurs
Alcalinité	58,43
Aluminium inorganique	5 ug.l ⁻¹
Aluminium dissous	87 ug.l ⁻¹
Aluminium total	98 ug.l ⁻¹
Carbone organique dissous	9,08 mg.l ⁻¹
Carbone inorganique dissous	13,49 mg.l ⁻¹
Calcium	22,2 mg.l ⁻¹
Chlorure	39,4 mg.l ⁻¹
Coliformes fécaux	16 UFC100.ml ⁻¹
Conductivité	277 umhos.cm ⁻¹
Couleur	80 unités Hasen
Magnésium	5,1 mg.l ⁻¹
Nitrate	13,8 mg.l ⁻¹
pH	7,7
Phosphore total	0,20 mg.l ⁻¹
Potassium	1,6 mg.l ⁻¹
Sodium	25,19 mg.l ⁻¹
Solides en suspension	<2 mg.l ⁻¹
Sulfate	175,3 mg.l ⁻¹

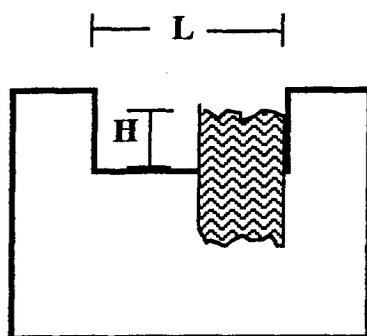
$l.min^{-1}$ par 10 000 oeufs, comme il est pratique courante en pisciculture (Valentine et Filion, 1991). A partir du moment où l'infection par les champignons fut notée sur toutes les claies, le débit fut augmenté à environ $95 l.min^{-1}$ afin de favoriser la circulation d'eau à travers le système. Pour la période d'éclosion des larves, le débit fut maintenu à ce niveau afin de faciliter leur sortie hors des incubateurs et ainsi permettre leur retour à la rivière.

2,7,4 METHODE D'EVALUATION DU DEBIT

Le choix du site avait été effectué soigneusement par l'équipe du Centre Ecologique du Lac Saint-Jean Inc. Ainsi, les relevés topographiques effectués avaient révélé une pente d'environ 4,5% entre la prise d'eau projetée dans la chute et le site potentiel de construction de la station d'incubation. En se référant à un abaque constitué pour évaluer le débit des conduites de PVC, on trouvait pour une conduite de 100 mm un débit théorique disponible de $1\ 100 l.min^{-1}$. En estimant une perte de capacité de 50% due au système de captation de l'eau et à la résistance, on retrouvait un débit disponible d'environ $550 l.min^{-1}$, ce qui s'avérait suffisant pour les besoins de l'expérience .

L'évaluation du débit circulant dans les unités d'incubation était obtenue à partir d'une méthode fréquemment utilisée en pisciculture: la méthode du déversoir. Il s'agit de forcer l'eau à s'écouler par une ouverture de forme rectangulaire et assez étroite pour créer une chute à sa sortie. Par la suite

on peut obtenir le débit en litre par minute en n'effectuant que deux mesures, soit la largeur de l'ouverture L (qui demeure constante) et la hauteur de la chute H (colonne d'eau, zone achurée) dans l'ouverture. Pour prendre les mesures, deux morceaux de contre-plaqué taillés à angle droit étaient rajoutés afin de réduire l'ouverture et d'ainsi créer une chute.



La formule utilisée était : Débit ($l \cdot \text{min}^{-1}$) = $1,12 \times L \text{ (cm)} \times \frac{H \text{ (cm)}}{2} \times 3$

2

2,8 DEVELOPPEMENT DES OEUFS

Tout au long de l'incubation, un échantillon de quelques oeufs était prélevé pour chaque claie à l'aide d'une pipette et la viabilité de ceux-ci était observée à l'aide d'une loupe binoculaire. Le développement embryonnaire était comparé à celui retrouvé dans l'article de Shadrin (1988) qui avait détaillé les stades de développement de l'éperlan du nord (*Osmerus mordax dentex*) afin de déceler d'éventuelles anomalies. Les oeufs vivants étaient retournés à leur claie respective.

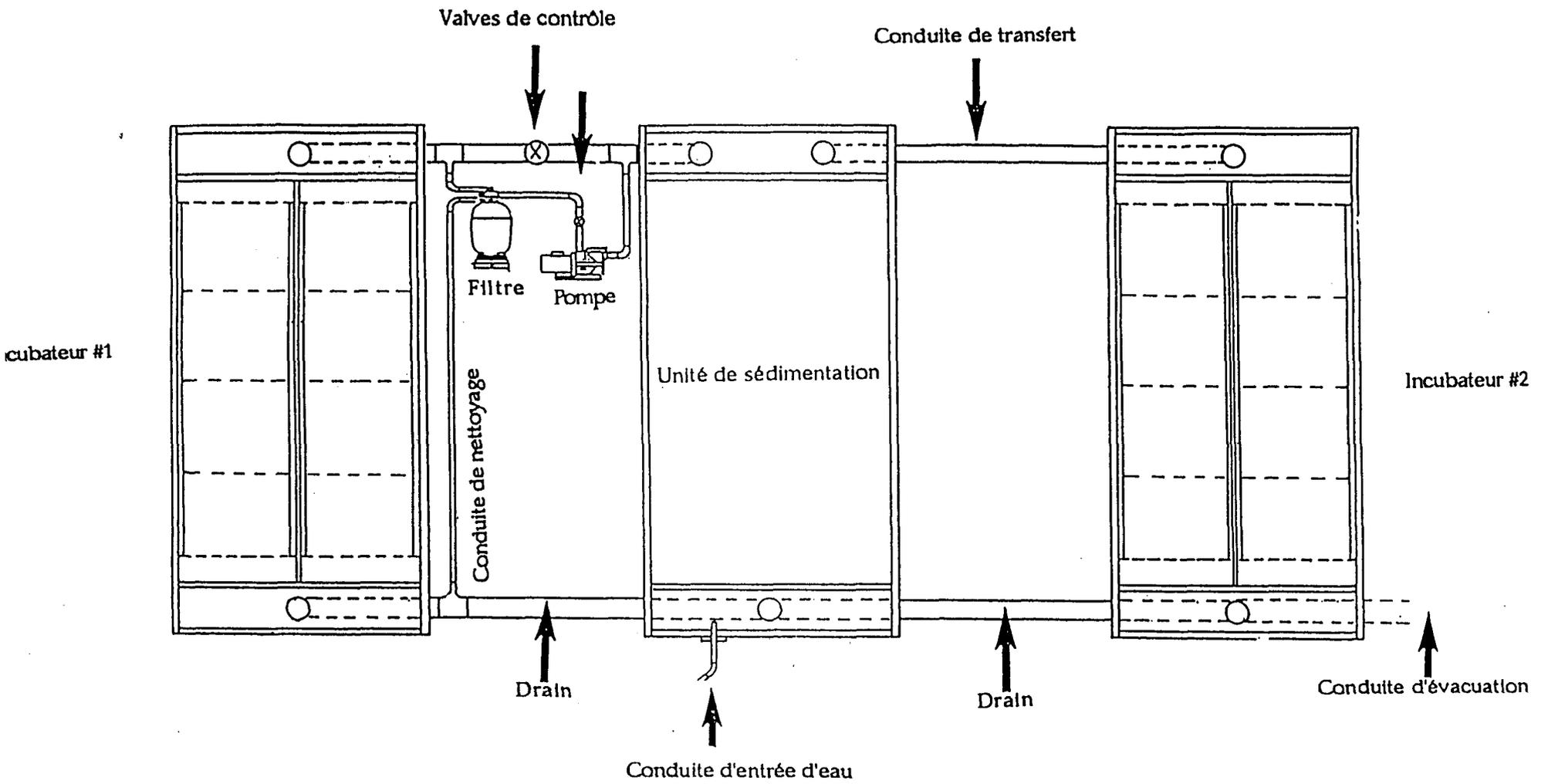
2,9 TRAITEMENTS ANTIFONGIQUES

Afin de contrer une des principales causes de mortalité, soit les infections par les champignons, une solution antifongique (vert de malachite) fut utilisée. Les oeufs furent l'objet d'un traitement en continu à l'aide d'un siphon qui distribuait le produit dilué tel que mentionné par Johnson *et al.* (1955). Les traitements étaient d'une durée de 40 minutes à tous les deux jours avec une solution à une concentration de 5 ppm jusqu'à l'apparition massive de champignons sur toutes les claies. Ensuite, le traitement fut effectué à chaque jour à une concentration de 2,5 ppm jusqu'à l'apparition des premières larves. Dès ce moment, les traitements furent arrêtés car ils pouvaient se révéler dangereux pour les alevins. Les deux incubateurs bénéficiaient du même traitement.

2,10 DESCRIPTION DU MONTAGE EXPERIMENTAL

Le montage expérimental consistait en trois unités distinctes (figure 3). L'une de ces unités servant à la sédimentation des particules grossières, tandis que les deux autres étaient des chenaux servant pour la fraie et l'incubation des oeufs. Les dimensions extérieures de chacune des unités sont de 2 438 mm de longueur par 1 219 mm de largeur et 628 mm de hauteur.

Les deux unités servant pour la fraie et l'incubation comportaient chacune 2 chambres pouvant accueillir 4 claies. Les unités étaient fabriquées en



Adaptation de Valentine et Filion (1991)

FIGURE 3 : Montage expérimental (vue en plan).

contre-plaqué (BCF 19,0 mm) enduit de résine de fibre de verre. Le bois fut favorisé parce que le caractère expérimental de la construction pouvait rendre certaines modifications nécessaires au cours de l'expérience. Les panneaux de contre-plaqué étaient joints par des clous et de la colle.

2,10,1 LES INCUBATEURS

Les unités d'incubation sont divisés en trois chambres (figure 4). La première est une chambre d'entrée et de répartition d'eau qui sert aussi au contrôle du débit. La seconde est une chambre d'incubation et la troisième est une chambre de contrôle du niveau et d'évacuation d'eau.

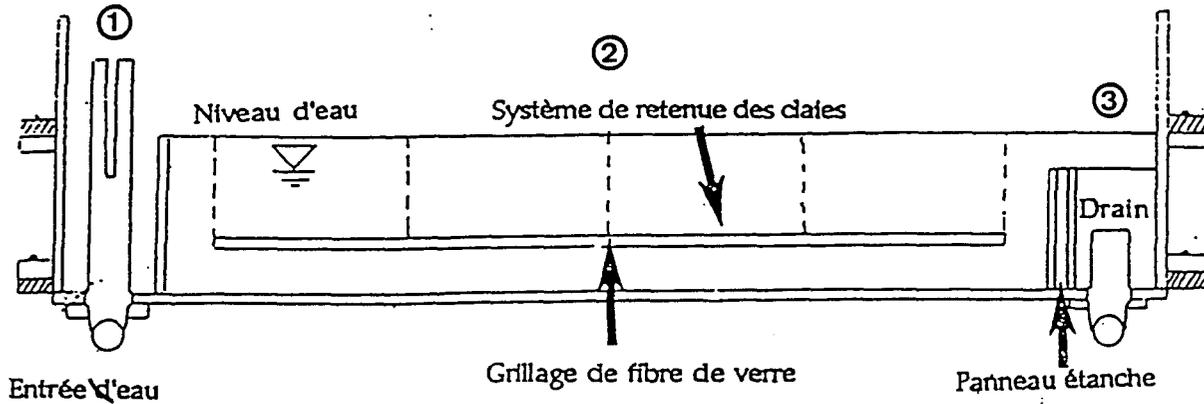
La chambre d'entrée et de répartition d'eau (1) a une longueur intérieure d'environ 302 mm. On retrouve l'entrée d'eau représentée par une conduite de 100 mm de diamètre et 500 mm de hauteur et un panneau déflecteur.

La conduite d'entrée d'eau est soutenue à sa base par une bague femelle pour conduite de 100 mm. La conduite d'entrée et de contrôle du débit est amovible et présente à son extrémité supérieure une ouverture verticale d'environ 40 mm de largeur et 250 mm de hauteur. Une section fendue et mobile de conduite 100 mm, d'une longueur de 250 mm venait recouvrir l'ouverture de façon à pouvoir contrôler le débit d'entrée d'eau. Plus l'ouverture était libre, plus grand était le débit. Le panneau déflecteur situé

Chambre d'entrée et de répartition d'eau d'eau

Chambre d'incubation

Chambre de contrôle du niveau et d'évacuation d'eau



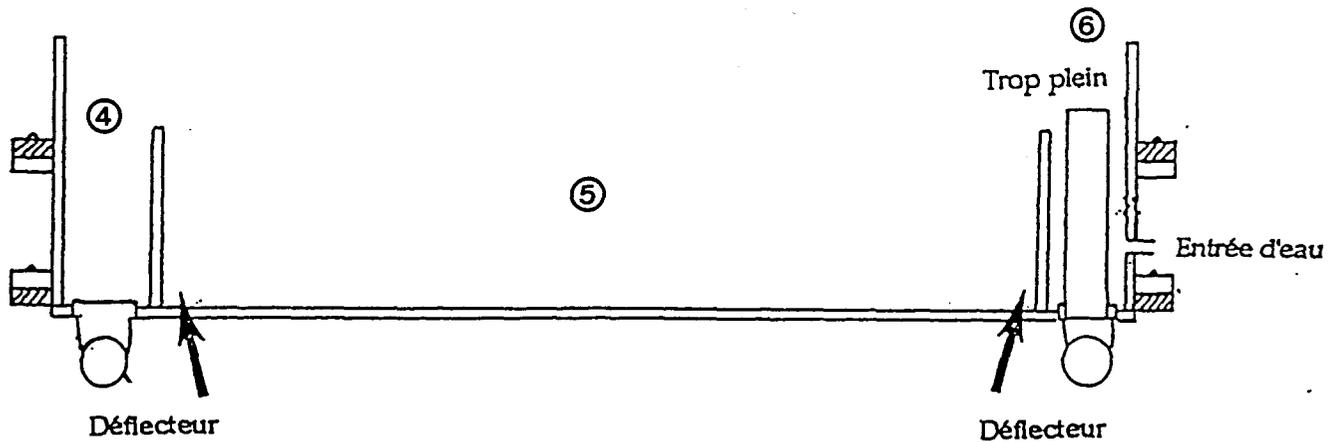
Adaptation de Valentine et Filion (1991)

FIGURE 4 : Unité d'incubation (vue en coupe).

Chambre de distribution d'eau

Chambre de sédimentation

Chambre d'entrée d'eau



Adaptation de Valentine et Filion (1991)

FIGURE 5 : Unités de sédimentation (vue en coupe).

transversalement est constitué par un contre-plaqué de 350 mm de hauteur. Ce panneau sert aussi de renfort au montage.

La chambre d'incubation (2) était composée de huit claies amovibles distribuées dans deux sections séparées entre elles par une cloison longitudinale de contre-plaqué. Elle est d'une hauteur de 350 mm et est fixée en amont au panneau déflecteur alors qu'en aval, elle rejoint, en partie seulement, l'extrémité de l'incubateur. Vers l'extrémité amont des chambres d'incubation se trouve un grillage de fibre de verre dont le treillis est de un mm. Ce grillage constitue la limite supérieure de la chambre d'incubation. Il sert aussi à favoriser la sédimentation des matériaux fins et à leur évacuation vers la partie profonde du système.

La troisième section, **la chambre de contrôle du niveau et d'évacuation d'eau (3)**, sert au contrôle du niveau d'eau dans les unités. On y retrouve deux panneaux transversaux étanches dont la hauteur détermine le niveau d'eau dans les unités. Ces panneaux transversaux sont fixés à une extrémité à la cloison centrale de l'incubateur, et à l'autre, aux panneaux de côté de l'incubateur.

A l'extrémité aval de cette section se trouve le drain de sortie d'eau. Le drain est une bague femelle fixée dans le fond et à laquelle on peut ajouter au besoin une conduite de 100 mm de hauteur désirée.

2,10,2 L'UNITE DE SEDIMENTATION

L'unité de sédimentation était également divisée en trois sections : la chambre de distribution d'eau, la chambre de sédimentation et la chambre d'entrée d'eau (figure 5). Dans cette unité, l'eau circulait dans le sens contraire de celui des incubateurs.

La dernière section du sédimenteur, la **chambre de distribution d'eau (4)**, assure la distribution d'eau vers les incubateurs. Sa longueur est d'environ 200 mm. On retrouve au fond de cette section deux conduites de distribution permettant à l'eau de se diriger vers chacun des incubateurs. Il s'agit d'une bague femelle pour conduite PVC 100 mm traversant le fond de l'unité et rejoignant la conduite d'amenée d'eau des incubateurs.

La **chambre de sédimentation (5)** occupe la partie centrale du sédimenteur. Elle se termine à chacune des extrémités par un déflecteur transversal d'une hauteur de 400 mm. C'est à ce niveau que l'on retrouvait les cinq cadres contenant du moustiquaire de un mm de treillis et disposés à équidistance. Ceux-ci servent à faire sédimenter les particules fines retrouvées dans l'eau. Il sont amovibles pour en faciliter le nettoyage.

Et la dernière, La **chambre d'entrée d'eau (6)**, a une longueur de 200 mm et se termine par un panneau déflecteur d'une hauteur de 400 mm. L'arrivée d'eau est assurée par une conduite de SDR de 100 mm de diamètre provenant directement de la prise d'eau dans la chute. Cette conduite rejoint l'incubateur

directement. On retrouvait également dans cette section le trop-plein. Il s'agit d'une section de conduite PVC 100 mm ayant une hauteur de 450 mm. Cette section demeurait amovible afin de permettre l'évacuation complète du compartiment où l'eau était rejetée lors des opérations de nettoyage. Elle permettait également de régulariser le niveau d'eau dans le sédimenteur en évacuant le trop plein. Elle est introduite à sa base dans une bague pour conduite PVC 100 mm traversant le fond de l'unité et rejoignant la conduite d'évacuation d'eau.

Comme on retrouvait sous les unités un certain nombre de conduites, elles devaient être déposées sur des supports. Il s'agit d'une armature de bois composée de pièces de 50 mm d'épaisseur et de 250 mm de largeur. Le système de support ainsi que les unités étaient parfaitement nivelés.

2,10,3 LES CLAIES

Le matériel de support des oeufs se composait d'une toile de jute montée sur un cadre de bois. Chaque claie avait une dimension de 425 X 570 mm. Ces claies étaient amovibles et déposées sur un système de retenue fixé à une hauteur de 100 mm du fond. Ce système de retenue consiste en des lattes de bois fixées longitudinalement au panneau central et aux panneaux de côté de l'incubateur. La nature du support fut choisie en tenant compte des succès ayant été obtenus au New Hampshire pour des expériences de même nature (Brézoski, 1957). La jute offre un bon support, beaucoup de filaments

secondaires se retrouvant entre les fibres principales, et permet une bonne perméabilité assurant de bons échanges entre les oeufs et l'eau.

2,10,4 LA TUYAUTERIE

On retrouve dans le montage trois types de conduite. D'abord la conduite d'entrée d'eau partant de la chute. Elle est composée par une conduite de drain d'égout SDR de 100 mm de diamètre. La distribution d'eau à partir du sédimenteur vers les incubateurs est assurée par des conduites domestiques PVC de 100 mm de diamètre. Les systèmes de pompage entre la pompe et le filtre à piscine sont raccordés à des conduites de Carlon (38 mm) souples. Le retour d'eau vers la rivière était assuré par une conduite domestique PVC de 100 mm de diamètre.

2,10,5 LA PRISE D'EAU

La prise d'eau se faisait directement dans la chute sur une marche naturelle incrustée dans le roc en place. La conduite de 100 mm était déposée directement sur la marche. Pour capter l'eau, une boîte en bois avec deux côtés avait été fabriquée; soit un côté dirigeant l'eau vers la conduite et un mur au fond permettant d'accumuler suffisamment d'eau pour remplir en tout temps à pleine capacité le diamètre de la canalisation. On retrouvait sur le dessus des

appuis en bois accolés à la paroi. La boîte était retenue en place à l'aide de sacs de sable.

2,10,6 LE FILTRE A SABLE

Comme il est mentionné précédemment, une des parties de l'expérience consistait à vérifier l'efficacité d'ajouter au système un filtre à sable afin d'obtenir une meilleure qualité d'eau. Le filtre installé entre le sédimenteur et l'unité d'incubation était raccordé à la conduite d'entrée d'eau à l'incubateur par un joint réduit et une soupape pour conduite rigide de 38 mm. La tuyauterie raccordant le filtre à cette soupape était une conduite de Carlon 38 mm. Le montage permettait d'utiliser ou pas le système de filtration. En cas de bris du système, l'eau pouvait circuler par trop plein comme pour l'autre unité d'incubation.

2,10,7 SYSTEMES DE POMPAGE ET ALIMENTATION EN ELECTRICITE

Une pompe à piscine était utilisée. Elle assurait le passage de l'eau à travers le filtre à sable installé entre le sédimenteur et l'incubateurs #1. L'alimentation en électricité pour la pompe était assurée par une génératrice de 3 000 watts de puissance.

2,10,8 LA STATION D'INCUBATION

La station d'incubation était un hangar construit pour abriter les installations. Celui-ci mesurait 3 mètres par 6 mètres et était constitué de panneaux de contre-plaqué. Le plafond était constitué de feuilles de fibre de verre transparentes, afin de procurer une photopériode aux oeufs se rapprochant de celle retrouvée en nature. La tombée de la nuit ayant été identifiée comme stimulant l'activité des larves et l'éclosion (Ouellet et Dodson, 1985), ce facteur se révélait important.

2,11 EVALUATION DES TAUX DE SURVIE

2,11,1 PRELEVEMENT ET DECOMPTE DES OEUFS MORTS

Afin de calculer les taux de survie, les oeufs non-éclos de chaque claie furent prélevés. Premièrement, la claie était amenée à la surface et retirée doucement de l'incubateur afin de ne perdre aucun oeuf. La claie était déposée dans un bac en plastique étanche et transportée à l'extérieur de la station.

Ensuite, à l'aide d'un jet d'eau, les oeufs étaient décollés. Les oeufs ayant résisté furent grattés de la toile de jute à l'aide d'une plume. Les oeufs se décollaient alors en amas et tombaient dans le fond du bac. A partir de ce moment, seul quelques oeufs demeuraient emprisonnés dans les trous

contenus dans la jute. Ils étaient comptés et leur nombre était noté, selon la claie d'origine.

Pour les claies de la fraie naturelle, certains oeufs se sont retrouvés sous la bordure de la jute et n'ont pu être retirés en grattant. Alors, la jute était découpée le long du cadre en bois et la totalité des oeufs s'y retrouvant fut comptée et ajoutée aux mortalités.

Par la suite, l'eau contenant les oeufs dans le bac fut filtrée à l'aide d'un moustiquaire résultant en un substrat où se retrouvaient tous les oeufs restants. Cette masse d'oeufs fut préservée dans une solution d'éthanol à 70% jusqu'au décompte en laboratoire.

Une fois en laboratoire, le nombre d'oeufs de chaque contenant fut obtenu. Différentes méthodes furent utilisées pour le décompte, selon l'aspect de l'échantillon. Lorsque les oeufs étaient séparés les uns des autres, ceux-ci étaient tous comptés un à un. Un petit échantillon était déposé dans un plat et de l'eau était ajoutée afin de les étendre uniformément. Alors le décompte se faisait un par un. Par la suite, la somme de tous les échantillons et des oeufs dénombrés précédemment représentait le nombre d'oeufs morts.

Pour certaines claies, une partie des oeufs était difficilement dénombrable car l'infection par les champignons avait eu pour conséquence de les agglomérer ensemble par groupes de plusieurs dizaines. Aussi, certaines claies avec une densité élevée furent traitées différemment. Comme

précédemment, un petit échantillon était déposé et de l'eau était ajoutée. Cependant, un tri des différents types d'oeufs était effectué. On retrouvait les oeufs infectés et agglutinés, les oeufs infectés et individuels et les oeufs non infectés. Les trois types d'oeufs étaient séparés pour préciser le décompte. Les deux premiers types furent comptés séparément par la méthode du déplacement de volume, alors que les derniers furent tous dénombrés un à un.

Les étapes de la méthode de déplacement de volume étaient les suivantes; un petit nombre d'oeufs était placé dans un cylindre gradué contenant une quantité d'eau (ml) connue, après avoir été égoutté délicatement sur un papier buvard. La quantité d'eau (en ml) déplacée était notée. L'échantillon d'oeufs était compté en totalité par énumération directe. Alors, il était établi qu'un volume déplacé correspondait à un nombre d'oeufs. Ensuite, les mêmes étapes étaient effectuées pour le reste de l'échantillon, c'est-à-dire le nombre de ml total déplacé. Alors, le nombre d'oeufs était obtenu à partir d'une règle de trois.

Ces manipulations étaient répétées pour chaque claie et pour chaque type d'oeufs infectés (agglutinés et individuels) car le volume déplacé pouvait varier selon la quantité de champignons présents. Par la suite, le nombre obtenu pour chaque échantillon était additionné au nombre compté lors du prélèvement des oeufs ainsi que tous ceux morts pendant le développement et ayant été prélevés des claies. Le total correspond donc au nombre total d'oeufs n'ayant pas éclos. A ce nombre fut ajouté le nombre de larves mortes retrouvées dans les échantillons.

2,11,2 EVALUATION DES TAUX DE SURVIE

Les taux de survie obtenus correspondent au nombre de larves vivantes ayant été produites à partir d'un nombre connu d'oeufs déposés sur les claies. Ils furent évalués pour chaque claie afin de préciser le rendement pour les différents paramètres vérifiés. La formule utilisée était la suivante :

$$\text{Taux de survie (\%)} = \frac{(\text{Nbre d'oeufs déposés} - \text{Nbre d'oeufs restants}) \times 100}{\text{Nbre d'oeufs déposés}}$$

2,12 COMPARAISON DES TAUX DE SURVIE

Afin de vérifier l'influence des différents paramètres, soit la fécondation des oeufs, le contrôle de la sédimentation et la densité du dépôt d'oeufs, les taux de survies obtenus pour chacune des claies furent comparés. Comme il y avait peu d'échantillons (n=15), un test non paramétrique fut utilisé, soit le test de Mann-Whitney pour échantillons indépendants (Scherrer, 1984). L'influence potentielle d'une combinaison de deux ou des trois paramètres fut évaluée à l'aide d'une analyse de variance à trois critères de classification.

Pour chaque étape de l'analyse des taux de survie, l'ensemble des claies était comparé. S'il n'y avait pas de différence significative, les données étaient regroupées. Si les échantillons étaient significativement différents, ils étaient séparés pour la poursuite des comparaisons.

Pour la comparaison entre les deux méthodes de fécondation, on retrouvait les claies A,B,C,I,J,K,L pour la méthode manuelle alors que pour la méthode naturelle, les claies étaient E,F,G,H,M,N,O,P.

Pour la comparaison entre les deux méthodes de contrôle de la matière en suspension de la méthode de fécondation manuelle on retrouvait les claies I,J,K,L pour le sédimenteur seulement alors que pour le sédimenteur plus le filtre, les claies étaient A,B,C. Par la méthode de fécondation naturelle, les mêmes comparaisons impliquaient les claies M,N,O,P pour le sédimenteur alors que pour le sédimenteur plus le filtre, les claies étaient E,F,G,H.

Pour la comparaison entre les différentes densité du dépôt d'oeufs de la méthode de fécondation manuelle les claies étaient B,C,I,,L pour la densité faible alors que pour la densité élevée, les claies étaient A,J,K. Par la méthode de fécondation naturelle les comparaisons impliquaient les claies E,H,M,P pour la faible densité alors que pour la densité élevée, les claies étaient F,G,N,O.

2.13 RELATION ENTRE TEMPERATURE MOYENNE ET DEVELOPPEMENT

Deux méthodes peuvent être utilisées pour prédire la date de l'éclosion des oeufs. La première consiste à faire la somme des températures moyennes journalières. Les résultats sont en °d-1 et constituent la somme thermique. L'éclosion devrait survenir lorsqu'une somme donnée est atteinte. Pour l'éperlan arc-en-ciel, on a utilisé la moyenne obtenue à partir des résultats

mentionnés par les auteurs ayant réalisé des expériences d'incubation pour cette espèce soit $164 \text{ }^\circ\text{d}^{-1}$ (tableau 2).

La seconde méthode est principalement utilisée lors de l'incubation d'oeufs de saumon. Les différents nombre de jours de développement d'oeufs d'éperlan arc-en-ciel depuis la fécondation jusqu'à l'éclosion à partir d'une température moyenne, furent mis en relation. On a également utilisé les résultats obtenus par certains auteurs pour des expériences d'incubation avec cette espèce (tableau 2). On a fait l'essai de plusieurs modèles mathématiques (linéaire simple, logarithmique, exponentiel, polynômial) et on a retenu celui fournissant le meilleur ajustement, c'est à dire la relation la plus représentative du phénomène, soit la fonction logarithmique.

Une fois l'équation choisie, il s'agissait de diviser 100% de développement, qui correspondait à l'éclosion, par la réponse obtenue pour une température donnée. On obtenait ainsi la fraction du développement correspondant à la température. Ceci fut effectué pour une étendue de température allant de 4 à 20°C . En accumulant les pourcentages journaliers, on devait obtenir le moment de l'éclosion, soit lorsque le cumulatif de 100% serait dépassé.

Afin de vérifier quelle méthode donnait les meilleurs résultats dans la prédiction de l'éclosion, on a utilisé les données brutes du Ruisseau de l'Eglise, d'une expérience conduite par Cooper (1978) au Maryland et de celle effectuée à

TABLEAU 2: Nombre de jours de développement de la fécondation jusqu'à l'éclosion pour différentes températures moyennes, selon différentes sources.

Température moyenne (°C)	Jours pour éclosion	Somme thermique (°d-1)	Source
13,5	12	162	Mes résultats, 1992 (a)
15,3	7	107	Cooper, 1978
10,5	13	137	Bédard, 1988
13,0	17	221	Hulbert IN Bédard, 1988
9,0	18	162	Massicotte (comm.pers.)
9,0	14	126	Akielaszek, 1985
12,0	11	132	"
20,0	6	120	"
4,0	36	144	Kendall IN Akielaszek, 1985
9,0	23	207	"
11,0	18	198	"
6,0	32	192	Berlin IN Akielaszek, 1985
8,0	24	192	"
10,0	16	160	"
6,5	29	189	McKenzie, 1964
7,5	25	188	"
9,5	19	181	"
12,2	11	134	"
Moy. = 164 (sauf a)			

Chicoutimi par Bédard (1988). Pour ces trois expériences, on connaissait la température moyenne pour chaque jour de développement. On pouvait donc effectuer la somme thermique et associer à chaque température le pourcentage de développement correspondant par l'autre méthode. La comparaison entre les deux méthodes fut effectuée en fonction de la différence en nombre de jours avec la date d'éclosion effectivement constatée.

CHAPITRE III

RESULTATS

3,1 TAUX DE SURVIE GLOBAL

On retrouve au tableau 3 les résultats concernant le nombre d'oeufs déposés au départ et le nombre d'oeufs morts qui furent comptés sur le terrain et en laboratoire. Par soustraction on a établi le nombre d'oeufs ayant éclos et déterminé le taux de survie correspondant et ceci, pour toutes les claies. Les taux de survie s'échelonnent de 31,4% jusqu'à 95,3%.

On retrouvait à l'intérieur des deux incubateurs un total de 777 360 oeufs d'éperlan. Ceux-ci étaient répartis sur quinze claies dans les deux unités d'incubation. De ce total, 261 474 furent dénombrés comme morts lors des différentes opérations de comptage réalisées sur le terrain et en laboratoire après l'expérience. Il y a eu l'émergence de 515 886 alevins, qui ont été retournés directement à la rivière dès l'éclosion. Le taux de survie global est évalué à 66,4%.

3,2 METHODE DE FECONDATION DES OEUFS

Au tableau 4, on présente les résultats selon la méthode de fécondation utilisée. Le dépôt d'oeufs initial ainsi que le nombre d'oeufs retrouvés morts étaient beaucoup plus élevés pour la méthode de fécondation manuelle que pour la méthode naturelle. Le nombre d'éclosions fut cependant semblable. La moyenne des taux de survie pour la fraie manuelle est de 50,6% comparativement à 92,9% pour la fraie naturelle. Comme il fut mentionné

TABLEAU 3 : Plan de l'expérience et résultats de l'incubation d'oeufs d'éperlan arc-en-ciel au Ruisseau de l'Eglise.

<u>PLAN DE L'EXPÉRIENCE</u>				<u>RÉSULTATS</u>			
Claie	Méthode de fécondation	Contrôle de la sédimentation	Densité du dépôt attendue (oeufs.cm ⁻²)	Dépôt d'oeufs initial	Nombre d'oeufs morts	Éclosion	Taux de survie (%)
A	manuelle	sédi.+filtre	50	119473	69150	50323	42,1
B	manuelle	sédi.+filtre	13	31418	18281	13137	41,8
C	manuelle	sédi.+filtre	13	31005	19485	11520	37,2
D	manuelle	sédi.+filtre	50	NR	NR	NR	NR
E	naturelle	sédi.+filtre	13	8588	809	7779	90,6
F	naturelle	sédi.+filtre	50	44345	2098	42247	95,3
G	naturelle	sédi.+filtre	50	56166	3791	52375	93,3
H	naturelle	sédi.+filtre	13	16009	2109	13900	86,8
I	manuelle	sédimenteur	13	32039	21963	10076	31,4
J	manuelle	sédimenteur	50	122366	66083	56283	46,0
K	manuelle	sédimenteur	50	120506	37420	83086	68,9
L	manuelle	sédimenteur	13	30592	8628	21964	71,8
M	naturelle	sédimenteur	13	10278	1099	9179	89,3
N	naturelle	sédimenteur	50	64518	4252	60266	93,4
O	naturelle	sédimenteur	50	71271	3712	67559	94,8
P	naturelle	sédimenteur	13	18786	2594	16192	86,2
Global				777360	261474	515886	66,4%

NR : Claie non remplie

TABLEAU 4: Dépôt, mortalité, éclosions et taux de survie des oeufs selon la méthode de fécondation des oeufs.

Méthode de fécondation	Dépôt d'oeufs initial	Nombre d'oeufs morts	Éclosion	Taux de survie (%)	
				Moyenne	Ecart type
Manuelle	487399	241010	246389	50,6	15,7
Naturelle	289961	20464	269497	92,9	3,5

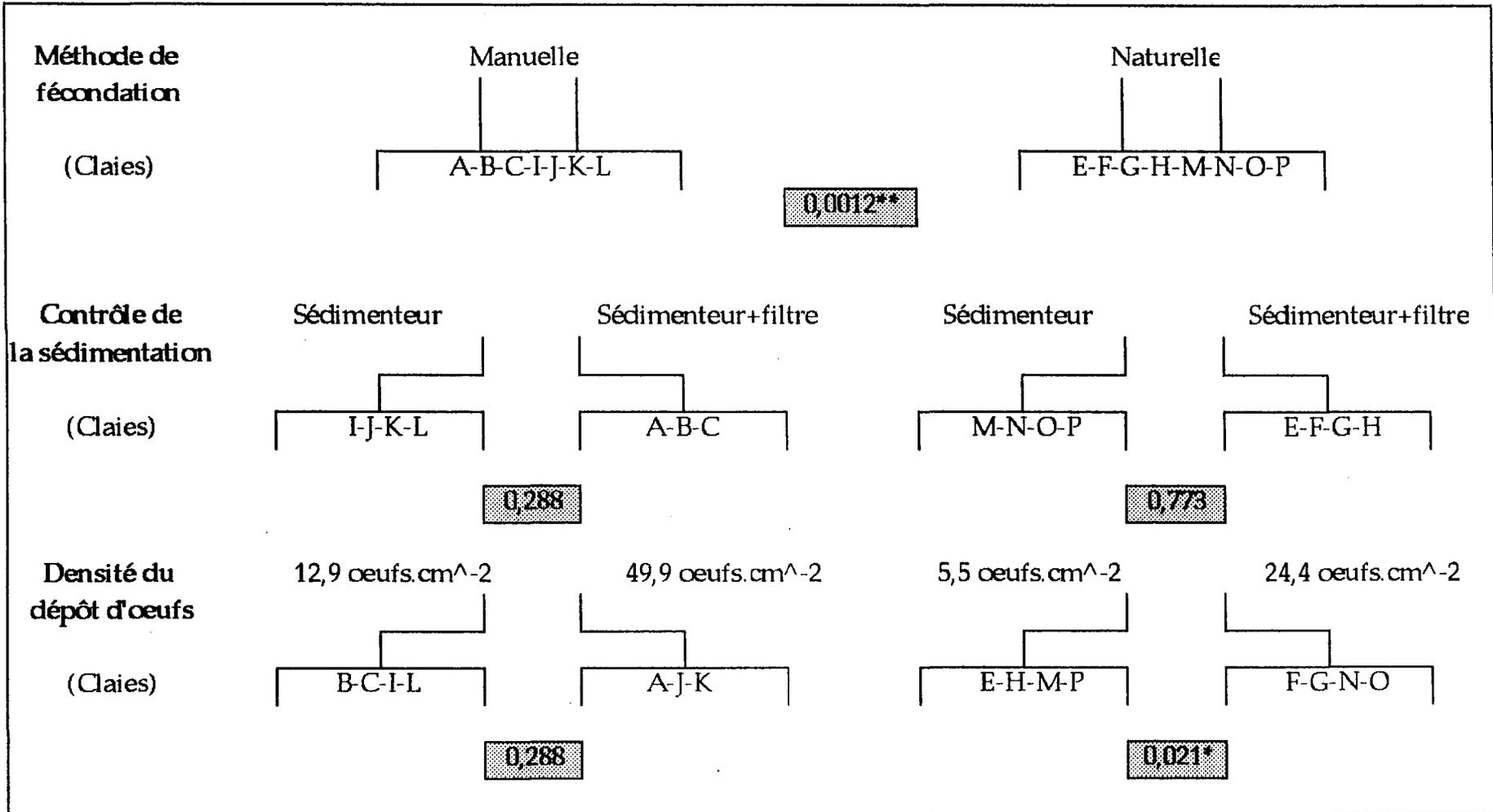
précédemment, la comparaison fut effectuée à partir des taux de survie de chacune des claies. L'analyse statistique utilisée a révélé une différence hautement significative entre les taux de survie (Test de Mann-Whitney, $n_1=7$ et $n_2=8$; $P=0,0012$) (tableau 5). Ceci signifie que les taux de survie obtenus par la méthode de fécondation naturelle sont significativement plus élevés.

On a ensuite comparé les taux de survie obtenus pour les deux autres paramètres, soit la méthode de contrôle de la sédimentation et la densité du dépôt d'oeufs sur les claies, toujours en regroupant les claies selon la méthode de fécondation. Des différences significatives furent obtenues pour le sédimenteur (manuelle vs naturelle) (Mann-Whitney $P=0,0209$) et pour le sédimenteur plus filtre (Mann-Whitney, $P=0,0339$). Le même phénomène fut observé pour la densité faible (manuelle vs naturelle) (Mann-Whitney, $P=0,0209$) et pour la densité plus élevée (Mann-Whitney, $P=0,0339$). Il semblait donc que les résultats obtenus étaient vraiment différents selon la méthode de fécondation. Pour la suite des analyses, les données ont été séparées et regroupés selon que la fécondation fut réalisée manuellement ou naturellement afin de mieux discerner l'effet des autres paramètres soit la sédimentation et la densité du dépôt d'oeufs, sur les taux de survie.

3,3 METHODE DE CONTROLE DE LA SEDIMENTATION

On retrouve au tableau 6 les résultats regroupés en fonction du contrôle de la sédimentation soit pour l'incubateur #1 qui était alimenté par l'eau

TABLEAU 5 : Plan d'analyse statistique des taux de survie.



N.B: Le carré ombré indique la probabilité obtenue par le biais de l'analyse statistique.

Seuil de signification : * = significatif (p < 0,05), ** = hautement significatif (p < 0,01).

TABLEAU 6: Dépôt, mortalité, éclosion et taux de survie des oeufs selon le contrôle de la sédimentation.

Méthode de fécondation	Contrôle de la sédimentation	Dépôt d'oeufs initial	Nombre d'oeufs morts	Éclosion	Taux de survie (%)	
					Moyenne	Ecart type
Manuelle	sédimenteur	305503	134094	171409	56,1	19,2
	sédi.+filtre	181896	106916	74980	41,2	2,8
Naturelle	sédimenteur	164853	11657	153196	92,9	3,9
	sédi.+filtre	125108	8807	116301	93,0	3,6

provenant de l'unité de sédimentation avec en plus un filtre à piscine ainsi que pour l'incubateur dont l'eau provenait directement de l'unité de sédimentation (Incubateur #2). Ils ont été séparés selon la méthode de fécondation utilisée.

Pour la fraie manuelle, la moyenne des taux de survie de l'incubateur #1 (sédimenteur plus filtre) est de 56,1% alors que pour l'incubateur #2, 41,2% des oeufs ont éclos. L'analyse statistique utilisée n'a pas révélé de différence significative entre les taux de survie (Test de Mann-Whitney, $n_1=4$ et $n_2=3$; $P=0,288$) (tableau 5). Ceci signifie que la survie obtenue des oeufs n'est pas significativement différente entre le système de contrôle de la sédimentation avec l'unité de sédimentation seule ou avec l'ajout d'un filtre supplémentaire, par la méthode de fécondation manuelle.

Pour la fraie naturelle, la moyenne des taux de survie entre les deux type de contrôle de la sédimentation est pratiquement la même. L'analyse statistique n'a évidemment pas révélé de différence (Test de Mann-Whitney, $n_1=4$ et $n_2=4$; $P=0,773$) (tableau 5). Ceci signifie que les taux de survie obtenus ne sont pas significativement différents entre le système de contrôle avec l'unité de sédimentation seule ou avec l'ajout d'un filtre supplémentaire, également par la méthode de fécondation manuelle.

3,4 EFFICACITE DE L'UNITE DE SEDIMENTATION

On avait ajouté à l'unité de sédimentation des cadres de moustiquaire pour favoriser le dépôt des particules retrouvées dans l'eau avant que celle-ci soit distribuée aux incubateurs. Les particules grossières étaient bien filtrées par le système. A tous les deux jours, le système était nettoyé et une grande quantité de débris était retrouvée au fond de l'unité de sédimentation. Cependant, le problème de colmatage des claies venait des particules encore plus fines. Quoique le débit fut maintenu à un niveau minimum, une certaine quantité de ces particules parvenait tout de même aux incubateurs. De plus, lundi le 11 mai, on a observé la présence, en grande quantité, de matière en suspension dans l'eau. Alors, les particules n'avaient pas le temps de sédimenter suffisamment avant que l'eau ne soit redistribuée; la charge en sédiments de l'eau dépassait les limites d'efficacité de l'unité de sédimentation. Ce facteur contribua au colmatage des oeufs et de la jute, ce qui favorisa le développement des champignons et est responsable d'une partie des mortalités obtenues.

Malgré un certain niveau de sédimentation, les bons taux de survie obtenus avec la fécondation naturelle confirme que l'unité de sédimentation installée avec les cadres de moustiquaire était efficace .

3,5 DENSITE DU DEPOT D'OEUFES

On retrouve au tableau 7 les résultats obtenus pour les différentes densités du dépôt d'oeufs initial, pour la méthode de fécondation manuelle. La densité faible est de 12,9 oeufs.cm⁻² et la densité élevée de 49,9 oeufs.cm⁻² ce qui correspond au plan de l'expérience. La moyenne des taux de survie pour la densité faible est de 45,3% alors que pour la densité élevée une moyenne de 52,4% des oeufs ont éclos. L'analyse statistique utilisée a révélé que les taux de survie n'étaient pas significativement différents (Test de Mann-Whitney, $n_1=4$ et $n_2=4$; $P=0,288$). Ceci signifie que la survie des oeufs peut être aussi élevée en incubant plus d'une couche d'oeufs comparativement à une seule couche, par la méthode de fécondation manuelle.

Les résultats obtenus pour les différentes densités du dépôt d'oeufs initial pour la méthode de fécondation naturelle sont également présentés au tableau 7. Les densités de dépôt sont plus faibles que ce qui avait été initialement prévu, soit 5,5 oeufs.cm⁻² pour la densité faible et 24,4 oeufs.cm⁻² pour la densité élevée. L'analyse statistique utilisée a révélé une différence significative entre les taux de survie (Test de Mann-Whitney, $n_1=4$ et $n_2=4$; $P=0,0209$). Ceci signifie que les taux de survie sont meilleurs pour la densité de dépôt élevée, selon la méthode de fécondation naturelle.

TABLEAU 7 : Dépôt, mortalité, éclosion et taux de survie des oeufs selon la densité du dépôt.

Méthode de fécondation	Densité observée (cm ²)	Dépôt d'oeufs initial	Nombre d'oeufs morts	Éclosion	Taux de survie (%)	
					Moyenne	Ecart type
Manuelle	12,9	125054	68357	56697	45,3	18,0
	49,9	362345	172653	189692	52,4	14,5
Naturelle	5,5	53661	6611	47050	87,7	2,1
	24,4	236300	13853	222447	94,1	1,0

3,6 EFFET COMBINE DES PARAMETRES

Afin de vérifier si une interaction entre les différents paramètres (fécondation, matière en suspension et densité) pouvait expliquer les variations dans les taux de survie obtenus une analyse de variance à trois critères de classification fut utilisée (tableau 8). L'analyse statistique n'a démontré aucune différence significative dans l'interaction de deux paramètres ou des trois ensemble (AB, AC, BC et ABC). Ceci signifie que l'interaction de deux ou trois paramètres n'a pas d'effet significatif sur les taux de survie. Une probabilité très hautement significative est obtenue pour la méthode de fécondation (ANOVA: facteur fécondation, $F = 44,22$; $p = 0,0003$). Ceci signifie que la méthode de fécondation un effet isolé très important sur les taux de survie.

3,7 STADES DU DEVELOPPEMENT

Les oeufs d'éperlan incubés au Ruisseau de l'Eglise ont pris une moyenne de 12 jours avant d'arriver à éclosion à une température moyenne de 13,5 °C, ce qui correspond à un cumulatif de 162 °d-1 de développement. Au tout début, avant la fécondation, ils étaient de couleur jaune foncé. Puis, avec la fécondation et au contact de l'eau, les oeufs devenaient translucides. Après environ 40 à 50 h de développement, les oeufs étaient blancs et opaques.

Le stade de différenciation de l'oeil fut atteint aux environs des jours sept et huit, soit vers 90 °d-1 et 110 °d-1 de développement. A ce moment,

TABLEAU 8 : Comparaison entre les taux de survie, pour la méthode de fécondation, la méthode de contrôle de la sédimentation et la densité du dépôt; facteur isolé ou en interaction.

Source de variation	Degré de liberté	Test de F	Probabilité
Fécondation (A)	1	44,222	0,0003
Sédimentation (B)	1	0,987	0,3535
Densité du dépôt (C)	1	1,145	0,3201
AB	1	0,644	0,4486
AC	1	0,013	0,9119
BC	1	0,013	0,9119
ABC	1	0,013	0,9119
Erreur	7		

l'apparition des pigments de mélanine donnait aux yeux une teinte grisâtre, s'accroissant avec les jours pour devenir complètement noire.

Les premiers mouvements occasionnels de la larve à l'intérieur de l'oeuf furent notés vers 80 °d-1 alors qu'à partir de 105 °d-1, on observait beaucoup de mouvements.

3,8 RELATION ENTRE TEMPERATURE MOYENNE ET DEVELOPPEMENT

Afin de prédire le moment de l'éclosion des oeufs par la méthode de l'addition des pourcentages de développement journaliers, on a établi une équation de régression entre la température moyenne et le nombre de jours de développement des oeufs d'éperlan jusqu'à l'éclosion. L'équation obtenue est présentée à la figure 6.

Ensuite, tel que mentionné par Alderdice et Velsen (1978), on a obtenu le pourcentage de développement journalier en divisant 100% par le résultat de l'équation prédictive, et ce pour une température donnée. Comme l'équation est obtenue à partir des résultats de la période d'incubation nécessaire avant l'éclosion des oeufs, l'éclosion correspond au 100% de développement. Par la suite, à l'aide de la température moyenne journalière effectivement observée, on peut adjoindre le pourcentage de développement correspondant. En accumulant ces pourcentages, on connaît le stade de développement atteint par les oeufs à chaque jour, l'éclosion se produisant lorsque le 100% est atteint.

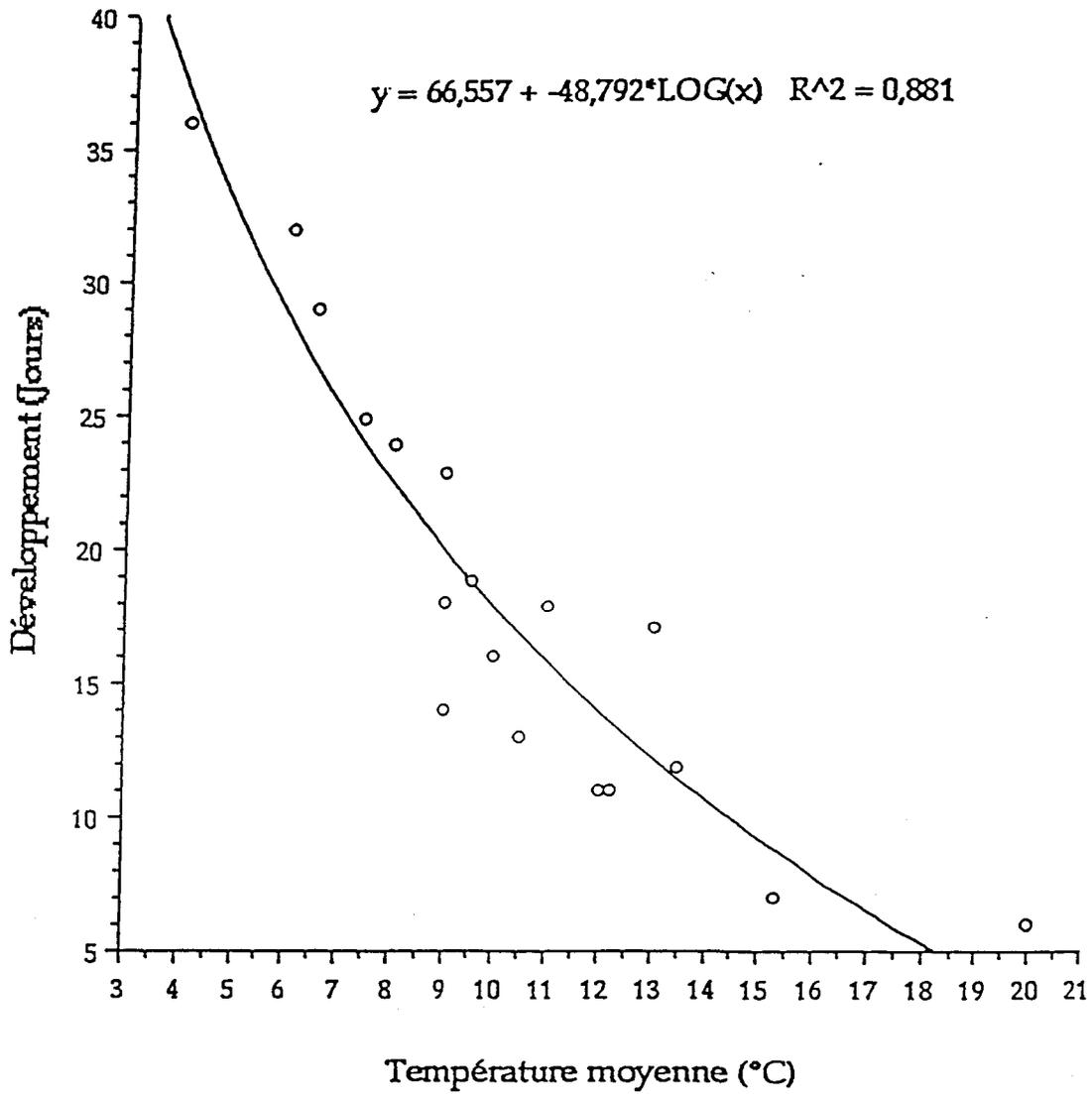


FIGURE 6 : Période de développement de l'éperlan arc-en-ciel, de la fécondation jusqu'à l'éclosion, en relation avec la température moyenne journalière.

Au tableau 9, on présente le pourcentage de développement établi à partir de l'équation retenue à différentes températures journalières d'incubation, pour l'éperlan arc-en-ciel. On remarque que le pourcentage de développement augmente avec la température d'incubation. Cependant, la relation n'est pas linéaire; l'écart entre deux températures augmente de façon exponentielle.

Afin de comparer les résultats ainsi obtenus à ceux de la somme thermique, on a utilisé les données de l'expérience réalisée au Ruisseau de l'Eglise ainsi que celles mentionnées par Cooper (1978) qui s'est déroulée au Maryland et par Bédard (1988) pour son expérience réalisée à Chicoutimi. Les résultats sont présentés au tableau 10. Pour pouvoir analyser la validité des deux méthodes avec les résultats observés, il fallait avoir en main les températures journalières utilisées lors de l'incubation afin de pouvoir effectuer la somme thermique et de leur accorder la fraction du développement correspondante pour les additionner.

Pour l'expérience du Ruisseau de l'Eglise, on obtient l'éclosion au jour 12 par la méthode de la somme thermique, soit lorsque la moyenne obtenue par les autres auteurs ($164 \text{ }^\circ\text{d}^{-1}$) est approchée. A partir de la méthode basée sur le cumulatif journalier des pourcentages de développement, on obtient que l'éclosion se serait produite au jour 11. Les premières larves furent notées au 12^e jour, lors de la vérification journalière des oeufs, ce qui signifie que les deux méthodes fonctionnent pour cette expérience.

TABLEAU 9: Développement journalier, de la fécondation jusqu'à l'éclosion, pour l'éperlan arc-en-ciel à différentes températures.

Température journalière (°C)	Développement journalier (%)	Température journalière (°C)	Développement journalier (%)
4,0	2,68	4,5	2,87
5,0	3,07	5,5	3,28
6,0	3,49	6,5	3,70
7,0	3,93	7,5	4,17
8,0	4,43	8,5	4,69
9,0	4,98	9,5	5,28
10,0	5,60	10,5	5,94
11,0	6,31	11,5	6,71
12,0	7,14	12,5	7,61
13,0	8,13	13,5	8,69
14,0	9,32	14,5	10,01
15,0	10,78	15,5	11,66
16,0	12,65	16,5	13,79
17,0	15,10	17,5	16,65
18,0	18,49	18,5	20,71
19,0	23,45	19,5	26,93
20,0	31,47	20,5	37,68

TABLEAU 10 : Méthode de la somme thermique et de l'addition du pourcentage de développement journalier pour l'expérience du Ruisseau de l'Eglise (1992), du Maryland (Cooper, 1978) et de Chicoutimi (Bédard, 1988).

RUISSEAU DE L'EGLISE					MARYLAND					CHICOUTIMI				
Jour	T° (°C)	Somme therm. (°d-1)	Dével. journ. (%)	Dével. cum. (%)	Jour	T° (°C)	Somme therm. (°d-1)	Dével. journ. (%)	Dével. cum. (%)	Jour	T° (°C)	Somme therm. (°d-1)	Dével. journ. (%)	Dével. cum. (%)
1	11,7	11,7	6,71	6,71	1a	9,5	9,5	2,20	2,20	1b	11,0	11,0	6,31	6,31
2	13,0	24,7	8,13	14,84	2	13,0	22,5	8,13	10,32	2	9,0	20,0	4,98	11,29
3	10,3	35,0	5,94	20,78	3	16,3	38,8	13,79	24,11	3	9,0	29,0	4,98	16,26
4	17,0	52,0	15,10	35,88	4	18,0	56,8	18,49	42,59	4	9,0	38,0	4,98	21,24
5	12,6	64,6	7,61	43,49	5	18,5	75,3	20,71	63,30	5	11,0	49,0	6,31	27,55
6	16,5	81,1	13,79	57,28	6	16,0	91,3	12,65	75,95	6	12,5	61,5	7,61	35,16
7	11,9	93,0	7,14	64,42	7	16,4	107,7	13,79	89,74	7	13,0	74,5	8,13	43,29
8	14,3	107,3	10,01	74,43	8	15,0	122,7	10,78	100,52	8	10,0	84,5	5,60	48,89
9	11,8	119,1	7,14	81,57	9	15,3	138,0	11,66	112,18	9	9,0	93,5	4,98	53,86
10	14,5	133,6	10,01	91,58	⑩	17,9	155,9	18,49	130,66	10	9,0	102,5	4,98	58,84
11	15,0	148,6	10,78	102,36	11	17,0	172,9	15,10	145,77	11	8,5	111,0	4,69	63,53
⑫	13,3	161,9	8,69	111,06	12	18,0	190,9	18,49	164,25	12	9,5	120,5	5,28	68,81
13	14,9	176,8	10,78	121,84	13	18,0	208,9	18,49	182,74	13	9,5	130,0	5,28	74,08
14	16,0	192,8	12,65	134,49	14	18,5	227,4	20,71	203,44	14	12,0	142,0	7,14	81,22
15	18,0	210,8	18,49	152,97	15	20,1	247,5	31,47	234,92	⑮	12,5	154,5	7,61	88,84
16	18,0	228,8	18,49	171,46	16	17,6	265,1	16,65	251,57	16	13,5	168,0	8,69	97,53
17	9,7	238,5	5,28	176,74						17	?	?	?	

a= 10 h de développement, b=19 h de développement, ?= détail non fourni par l'auteur

■ : éclosion selon la méthode de la somme thermique, °d-1.

□ : éclosion selon la méthode de l'addition des % de développement journaliers.

○ : éclosion observée.

Au Maryland, Cooper (1978) mentionne que la première éclosion fut remarquée au cours du huitième jour suivant la fécondation des oeufs. On obtient la période d'éclosion entre les jours 10 et 11 à l'aide de la somme thermique, ce qui correspond à un peu plus de deux jours plus tard. À partir de la méthode basée sur le cumulatif journalier des pourcentages de développement, on obtient l'éclosion pour le jour huit, le jour même où les premières éclosions furent observées. La méthode du cumulatif procure donc de meilleurs résultats pour cette expérience.

Pour l'expérience réalisée à Chicoutimi (Bédard, 1988), la méthode de la somme thermique prédit l'éclosion entre les jours 15 et 16 alors qu'en appliquant la méthode basée sur le cumulatif journalier des pourcentages de développement, on obtient la période d'éclosion pour le 17^e jour. Selon Bédard, les premières éclosions furent notées au cours du jour 13, ce qui signifie que les deux méthodes n'ont pas fonctionné pour cette expérience.

CHAPITRE IV

DISCUSSION

4,1 TAUX DE SURVIE GLOBAL

Pour l'expérience d'incubation d'oeufs d'éperlan arc-en-ciel en chenaux de fraie au Ruisseau de l'Eglise, le taux global de survie obtenu est de 66% pour les quinze claies. Les taux de survies en conditions naturelles seraient de beaucoup inférieurs. Selon McKenzie (1964), les taux de survie observés en rivière dans des conditions naturelles varieraient entre 3% et 5%, pour des conditions de densité et de milieu optimales. Le succès obtenu en chenaux de fraie est donc entre 14 et 23 fois supérieur.

Au Ruisseau de l'Eglise, les conditions du milieu pour l'incubation des oeufs déposés naturellement par les éperlans, sont particulières. Les reproducteurs fraient dans la baie à l'embouchure du ruisseau, dans une zone affectée par la marée et les vagues. Selon Rupp (1965), à ces endroits, la survie jusqu'à l'éclosion peut être dix fois moindre que pour les oeufs déposés à l'abris dans les rivières. En effet les vagues peuvent détacher les oeufs ou les broyer en déplaçant le substrat en place. Au Ruisseau de l'Eglise, à marée basse, seul un faible filet d'eau variant dans sa position persiste, ce qui fait que plusieurs oeufs se retrouvent à découvert et sèchent. De plus, les habitudes des pêcheurs sportifs qui piétinent dans le lit de la rivière ne favorisent pas un taux de survie optimal. On peut donc croire que pour les oeufs incubés au Ruisseau de l'Eglise, les taux de survie doivent se rapprocher davantage du minimum. Le nombre de larves qui aurait été obtenu par ce même nombre d'oeufs qui ont été incubés à la station aurait été beaucoup plus faible sans cet aménagement.

4,2 METHODE DE FECONDATION DES OEUFS

Les résultats obtenus pour la partie de l'expérience visant à comparer l'efficacité des deux méthodes de fécondation des oeufs démontrent que la fraie naturelle procure les meilleurs succès. Il semble que le fait que les oeufs d'une femelle soient en contact avec la laitance de plusieurs mâles à la fois aurait pour effet d'augmenter les chances de fécondation de ces oeufs. Ainsi, comme la fraie semble se produire en même temps pour plusieurs reproducteurs des deux sexes, il y aurait dans l'eau une grande quantité de spermatozoïdes, prêts à féconder les oeufs directement à leur sortie.

Les taux de survie obtenus par le biais de cette méthode sont de 92,9% en moyenne. Les succès sont semblables à ceux obtenus par Brezoski (1957) qui mentionne que 2% seulement des oeufs ayant été déposés de façon naturelle n'étaient pas fécondés et que 88% de ces oeufs s'étaient rendus jusqu'à l'éclosion.

Il semblerait qu'un des facteurs importants pour augmenter les chances de fécondation des oeufs d'éperlan soit la présence d'eau. Akielaszek *et al.* (1985) mentionnent avoir transporté des gamètes à sec sur la glace et avoir fécondé les oeufs une fois arrivé au laboratoire; il ajoutent que la fécondation ne pourrait survenir sans la présence d'eau. Woynarovich et Hornath (1981) mentionnent également qu'il est important d'ajouter du liquide (eau ou solution de liquide ovarien) au mélange des produits sexuels lors de la fécondation manuelle, indépendamment de l'espèce de poisson. Selon ces

auteurs, la quantité serait très importante; si on en ajoute trop, beaucoup de spermatozoïdes s'en iront à la dérive et manqueront le micropyle. Ne pas en ajouter suffisamment augmenterait les risques que le micropyle soit recouvert par un autre oeuf ou par du mucus ovarien, ce qui empêcherait le spermatozoïde de féconder l'ovule.

Peu d'expériences avaient été tentées à partir de la méthode de fécondation manuelle pour l'éperlan. Certains auteurs ont affirmé avoir obtenu de bons résultats à partir de cette méthode (J. Moring; P. Dexter; B. Massicotte comm. pers.) alors qu'un autre (Misitano, 1977) mentionne de faibles taux de fécondation. Avec une moyenne de 50,6%, les taux de survie obtenus à partir de la fraie manuelle semblent confirmer la problématique d'utiliser cette méthode pour l'éperlan arc-en-ciel. Comme les oeufs étaient conservés dans un petit contenant et que juste un peu d'eau était ajouté, il se peut que l'entassement et la présence de mucus aient réduit les déplacements des spermatozoïdes. De plus, comme les oeufs deviennent adhésifs après environ 30 secondes au contact de l'eau s'agglutinant les uns aux autres en boules, il fallait les étendre rapidement sur les claies. Alors le temps accordé à la fécondation, une fois le liquide ajouté, était peut être trop court. Il semble que plusieurs spermatozoïdes n'ont pas eu le temps de rejoindre le micropyle, ce qui a affecté les taux de succès.

4,3 METHODE DE CONTROLE DE LA SEDIMENTATION

Les résultats obtenus pour les deux méthodes de fécondation concernant le contrôle de la sédimentation démontrent que l'ajout d'un filtre à piscine pour tenter de réduire le colmatage des oeufs par les sédiments fins n'améliore pas les taux de survie. L'addition de ce type de filtre alourdit le montage et augmente les coûts d'opération. La dimension des particules à filtrer (limon et argile) dépasse le pouvoir de filtration de cet appareil.

Lorsqu'il a des dépôts de sédiments fins, certaines particules vont se coller à la paroi de l'oeuf et colmatent les espaces entre les oeufs, réduisant la circulation d'eau. Les échanges d'oxygène sont alors réduits et les résidus provenant du métabolisme des embryons, comme le CO₂, ne sont plus évacués efficacement, ce qui peut affecter les oeufs. Selon Rosenthal et Alderdice (1976 IN Bédard, 1988), peut importe l'agent stressant, l'embryon de poisson essaierait de compenser un déficit énergétique pour survivre et qu'au début du développement embryonnaire les réserves énergétiques sont faibles et investies pour leur développement, le stress affecterait le taux ou l'importance de la différenciation cellulaire à ce moment. Cette affirmation se basait sur l'observation d'une augmentation du taux métabolique des cellules lors du développement embryonnaire en réponse à des stress environnementaux. Les taux de survie sont affectés par ces phénomènes.

Brezoski (1957) avait mentionné que des taux de mortalité supérieurs étaient survenus pour des échantillons ayant été affectés plus fortement par la

sédimentation. Cependant, il ne mentionnait aucun taux de survie. Cette cause de mortalité est également commune pour d'autres espèces de poissons.

4,4 DENSITE DU DEPOT D'OEUF

Pour ses expériences d'incubation d'oeufs d'éperlan arc-en-ciel en chenaux de fraie, Brézoski (1957) mentionne qu'il a obtenu de bons taux de survie avec des densités aussi élevées que 147 oeufs par cm^2 , ce qui correspond à plusieurs couches d'oeufs. Kircheis et Geffen (1987 IN Geffen, 1990) et McKenzie (1964) avaient cependant observé des mortalités plus élevée pour des densités de dépôt excessifs. Akielaszek *et al.* (1985) et McKenzie (1964) affirment quand à eux que la densité présentant les meilleurs rendements correspond à une seule couche d'oeufs. La différence entre ces résultats venait probablement du fait de ce que l'incubation en chenaux de fraie permet une circulation d'eau au-dessus et au-dessous des oeufs offrant une meilleure circulation d'eau, donc une oxygénation plus efficace.

Les résultats obtenus à partir de la méthode de fécondation manuelle semblent confirmer qu'il est possible d'incuber plus d'une couche d'oeufs fécondés par cette méthode, car les taux de survie ne sont pas différents des claies où une seule couche avait été déposée. Le problème de suffocation causé par un empilement excessif ne fut pas observé. Pour la fécondation naturelle, les résultats sont significativement supérieurs pour la densité la plus élevée.

Cependant, les pertes d'oeufs survenues, ont fait que le problème d'empilement a été évité.

4,5 STADES DU DEVELOPPEMENT

La durée du développement des oeufs d'éperlan incubés au Ruisseau de l'Eglise (162 °d⁻¹) se compare à la moyenne obtenue par les auteurs utilisés pour les calculs de la section 3,7 et qui est de 164 °d⁻¹ (n=17). Le développement était relativement semblable à celui de l'éperlan du nord (*Osmerus mordax dentex*) pour qui Shadrin (1988) avait obtenu 167 °d⁻¹ de développement, de la fécondation jusqu'à l'éclosion.

L'observation du stade de différenciation de l'oeil (entre 90 °d⁻¹ et 110 °d⁻¹) est comparable à la période mentionnée par certains auteurs. Ainsi, les oeufs incubés par Bédard (1988) ont atteint ce stade de développement vers 91 °d⁻¹s, pour Geffen (1990) vers 104 °d⁻¹ alors que Massicotte (comm. pers.) mentionnait 99 °d⁻¹ pour son expérience. Pour l'éperlan du nord, le stade de différenciation de l'oeil avait été atteint plus tôt, soit vers 68 °d⁻¹ (Shadrin, 1988).

Les mouvements de la larve à l'intérieur des oeufs incubés au Ruisseau de l'Eglise (entre 80 et 105 °d⁻¹) ont été remarqués vers la même période que pour ceux de l'espèce du nord qui sont survenus vers 83 °d⁻¹ (Shadrin, 1988). Massicotte (comm. pers.) n'a relevé des mouvements que plus tardivement

soit vers 135 °d⁻¹, lors de son expérience.

Il semble donc que ces trois stades du développement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax mordax*) soient relativement uniforme malgré les diverses conditions d'incubation. Ils correspondent également à ceux observés pour l'éperlan du nord (*Osmerus mordax dentex*).

4,6 RELATION ENTRE LA TEMPERATURE MOYENNE ET LE DEVELOPPEMENT

L'équation retenue explique pour un R² équivalent à 0,881 la relation mathématique entre la température moyenne journalière et le nombre de jours de développement de la fécondation jusqu'à l'éclosion chez l'éperlan arc-en-ciel. Cette équation représente le meilleur ajustement parmi les modèles mathématiques vérifiés. Pour que la relation obtenue soit encore plus significative, il aurait été nécessaire de posséder plus de données concernant l'incubation aux températures extrêmes, ce qui aurait pu modifier l'allure de la courbe. Ainsi, seules trois données sur dix-huit sont retrouvées pour des températures inférieures à 6 °C et supérieures à 14 °C parmi les expériences effectuées dans le passé.

Les résultats obtenus à partir de la méthode de la somme thermique fonctionnent pour l'expérience du Ruisseau de l'Eglise mais surestime d'un

peu plus de deux jours la période d'éclosion pour les deux autres expériences. Alderdice et Velsen (1978) avait également observé des différences de quelques jours avec l'utilisation de cette méthode pour le saumon chinook.

La méthode de l'addition du pourcentage de développement journalier fonctionne pour les deux premières expériences. En accordant le pourcentage de développement aux températures effectivement observées au Ruisseau de l'Eglise, on obtient une différence d'une seule journée avec l'observation des premières éclosions. Cependant, il n'y avait pas de grillage à la sortie des incubateurs si bien que les premières larves furent observées parmi les oeufs recueillis pour la vérification quotidienne du développement. Alors, il se pourrait qu'un petit nombre d'entre elles aient effectivement éclos au cours du 11^e jour. De plus, pour l'expérience conduite au Maryland, le cumulatif des pourcentages de développement journaliers indique que l'éclosion des oeufs serait survenu au cours du jour huit, le jour même pour lequel Cooper (1978) mentionne avoir observé les premières éclosions.

Cependant, pour l'expérience de Chicoutimi, la méthode de l'addition des pourcentages de développement journaliers surestime d'environ quatre jours la période d'éclosion. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la température de l'eau ayant servi pour les deux premières expériences n'était pas constante. Au Ruisseau de l'Eglise, l'expérience fut réalisée sur le terrain; l'alimentation en eau provenait directement du ruisseau et a suivi les variations naturelles. L'écart entre les température fut de 14°C au cours de l'incubation. Au Maryland, l'expérience fut réalisée en laboratoire; l'eau était

recirculée dans le système mais les variations de températures furent également marquées, soit 12,5°C au cours de l'incubation. Cependant, pour l'expérience réalisée à Chicoutimi, l'incubation fut réalisée en bassin dont les variations de température de l'eau étaient plus faibles (5 °C).

Ainsi, Alderdice et Velsen (1978) ont observé des différences de quelques jours dans les résultats de l'éclosion d'oeufs de saumon chinook calculés à partir de la méthode de l'addition des pourcentages de développement journaliers selon que l'incubation avait été réalisée sous une température constante ou variable. Ils mentionnent que pour des températures basses, il semble que le développement des oeufs soit inférieur à des températures constantes que pour des températures variables de même moyenne. Selon Kane (1988), l'utilisation de la méthode de l'addition des pourcentages de développement journaliers pour le saumon atlantique, ne peut être utilisée que lorsque l'incubation se fait avec des températures d'eau suivant des variations saisonnières. Ainsi, ils demanderont plus de temps pour atteindre le même niveau de développement. D'après les résultats obtenus, il semble que pour les oeufs d'éperlans arc-en-ciel le même phénomène soit observable.

La méthode de l'addition des pourcentages journaliers a été plus efficace pour prédire l'éclosion des oeufs d'éperlan. Il semble que le tableau des pourcentages correspondant pour des températures d'incubation données représente bien la relation entre la température moyenne journalière et le nombre de jours d'incubation de la fécondation jusqu'à l'éclosion pour

l'éperlan arc-en-ciel. Celui-ci pourrait être utilisé dans l'avenir pour suivre le développement des oeufs lors d'expériences avec cette espèce.

4,7 MATERIEL DE SUPPORT DES OEUFS

Le matériel de support des oeufs utilisé était une toile de jute montée sur un cadre de bois. Ce matériel avait été utilisé avec succès pour des expériences effectuées en chenaux de fraie par Brezoski (1957).

La jute a procuré les résultats escomptés puisque des taux de survie élevés furent obtenus. Cependant, après environ 9 jours d'incubation, la jute était considérablement colmatée, réduisant du même coup la circulation d'eau entre les oeufs. Vers la même période, la présence de champignons en quantité fut observée, ce qui laisse croire que ce facteur aurait joué un rôle dans la propagation de l'infection.

4,8 TRAITEMENTS ANTIFONGIQUES

Il semble que les traitements antifongiques aient été efficaces. On a réussi à retarder d'environ huit jours l'apparition massive des champignons. De plus, on a réussi à éviter les mortalités importantes qui avaient été observées au cours des quatre premiers jours par quelques auteurs ayant tenté l'expérience sans utiliser de fongicide (Akielaszek *et al.*, 1985 et Bédard, 1988).

Cependant, la grande densité d'oeufs, la température élevée de l'eau, le colmatage des claies et l'impossibilité de pouvoir retirer les oeufs morts du système ont probablement contribué à la propagation de l'agent pathogène.

4,9 EVACUATION DES LARVES

Une des caractéristiques importantes du système devait être de permettre l'évacuation des larves sans manipulation. L'évacuation des larves s'est produite sans encombre. Le débit utilisé (environ 90 l.min⁻¹) était suffisant pour permettre l'évacuation des larves car plusieurs ont été retrouvées dans le drain de sortie lorsque celui-ci a été bloqué pour déterminer le début des émergences. De plus, lors des visites aux incubateurs le soir dans la période forte des éclosions, seules quelques larves étaient visibles, la plupart étant vraisemblablement emportées par le courant peu après l'éclosion.

4,10 QUALITE DE L'EAU

L'eau du Ruisseau de l'Eglise utilisée pour l'incubation des oeufs d'éperlan ne présentait pas de facteur ayant pu affecter les taux de survie observés. L'oxygénation de l'eau était adéquate alors que les degrés de saturation se sont tenus en deça de 111% alors que la limite acceptable serait de 80% pour les oeufs de salmonidés selon Pepper (1985). Les températures étaient peut être un peu trop élevées par moment. Il est connu qu'une

température plus élevée accélère le développement embryonnaire, cependant, elle augmente également les risques de propagation de champignons.

Aucun des résultats concernant les paramètres physico-chimiques ayant fait l'objet d'analyse ne sont compris hors des limites mentionnées dans la littérature comme pouvant affecter le développement embryonnaire d'oeufs de poisson .

CHAPITRE V

CONCLUSION

L'expérience d'incubation d'oeufs d'éperlan arc-en-ciel en chenaux de fraie au Ruisseau de l'Eglise démontre qu'il est possible d'augmenter considérablement les taux de survie obtenus à l'aide de cet aménagement en comparaison avec ceux obtenus en nature. Ainsi, le taux de survie moyen obtenu est de 66%, ce qui est environ 14 à 23 fois supérieur aux meilleurs taux de survie retrouvés en nature. Pour ce faire, l'accent fut mis sur la réduction de l'impact des facteurs les plus importants causant la mortalité chez les oeufs au cours du développement embryonnaire. Ils concernent l'absence de fécondation des oeufs, la sédimentation des particules fines et la densité du dépôt d'oeufs.

L'étude comparant l'efficacité de deux méthodes de fécondation des oeufs a permis d'identifier que c'est la méthode naturelle qui donnait les meilleurs résultats. Celle-ci consistait à essayer de reproduire des conditions favorables à l'intérieur de chenaux de fraie pour permettre la reproduction d'éperlan arc-en-ciel adulte. Ainsi, malgré le stress causé par les manipulations de capture, de transport et l'espace réduit sur les claies, le comportement de fraie des poissons ne fut pas inhibé. Il semblerait que la présence de plusieurs mâles augmente les chances de fécondation, le laitance de plusieurs entrant en contact avec les oeufs de plusieurs femelles. Pour la méthode de fécondation manuelle utilisée (méthode sèche), les nombreuses manipulations impliquées, leurs durées ainsi que les contraintes occasionnées par l'adhérence des oeufs, comme le faible temps allouable lorsque les oeufs sont recouvert d'eau pour permettre la fécondation, sont les principaux problèmes rencontrés.

Comme les taux de survie observés pour la méthode de fécondation naturelle sont supérieurs il serait bon de favoriser cette approche pour les expériences à venir avec ce type d'aménagement (chenaux de fraie). Il serait également important de tenter d'améliorer les rendements obtenus par la méthode manuelle (revoir les manipulations) car au cas où le comportement de fraie des reproducteurs utilisés pour l'expérience soit inhibé, il serait possible d'avoir recours à cette technique, les gamètes étant toujours disponibles à l'intérieur des poissons.

L'utilisation d'une unité de sédimentation comme méthode de contrôle de la sédimentation des particules fines semble suffisante. Ainsi, les résultats suggèrent que l'addition d'un élément filtrant additionnel comme un filtre à piscine n'augmente pas les taux de survie. La présence de moustiquaires pour favoriser la déposition a contribué à fournir aux incubateurs une eau de qualité suffisante pour produire des taux de survie élevés.

Des densités de dépôt élevées correspondant à environ trois couches d'oeufs peuvent être incubées avec des taux de survie semblables aux densités plus faibles lorsque la fécondation est effectuée par la méthode manuelle. Pour les oeufs fécondés naturellement, la densité plus élevée a procuré des taux de survie supérieurs. Il semble donc qu'il soit possible d'incuber plus d'une couche d'oeufs à la fois pour une ou l'autre des méthodes de fécondation avec ce type d'aménagement (chenaux de fraie). Cependant, il faudrait réviser le protocole afin de favoriser une déposition d'oeufs maximale pour la fraie naturelle.

La méthode de l'addition des pourcentages de développement journaliers donne un meilleur résultat pour suivre le développement des oeufs et pour estimer la période de leur éclosion, comparativement à la méthode de la somme thermique. Les résultats obtenus suggèrent également que le traitement des oeufs contre les infections par les champignons permettent d'obtenir de bons taux de survie. La réduction des effets de cette cause de mortalité a sûrement eu un effet bénéfique sur les taux de survie.

L'aménagement en chenaux de fraie permet l'évacuation des larves d'éperlan dès leur éclosion. Le débit utilisé était suffisant pour permettre aux larves d'être retournées à la rivière sans problème.

BIBLIOGRAPHIE

- AKIELASZEK, J.J., MORING, J.R., CHAPMAN, S. ET J.H. DEARBORN. 1985.
Experimental culture of Rainbow smelt (*Osmerus mordax*). Trans. Amer.
Fish. Soc. 114: 596-603.
- ALDERDICE, D.F. ET F.P.J. VELSEN. 1978. Relation between temperature and
incubation time for eggs of Chinook Salmon (*Oncorhynchus*
tshawytscha). J. Fish. Res. Board Can. 35: 69-75.
- ANONYME. 1957. The effects of handling and shipping smelt eggs during various
stages of development, part I. Fish and Game Distributor and Manage-
ment, Fisheries Division.
- BEDARD, D. 1988. Croissance et reproduction d'une population d' *Osmerus mordax*
au Lac Vert, et développement embryonnaire et larvaire dans deux
milieux de matière organique, le glucose et l'acétate. Thèse de maîtrise,
Université du Québec à Chicoutimi, 90 p.
- BEDARD, D. ET L.M. LALANCETTE. 1989. Comportement des larves d'éperlan,
Osmerus mordax, en fonction de l'intensité lumineuse, du courant et du
type de nourriture. Naturaliste can. 103 (1): 75-79.

- BREZOSKI, P.E. 1957. A progress of the eggs collection and stocking program conducted at Black Brook, 1957. Fish and Game Distributor and Manager, Fisheries Division.
- COOPER, J.E. 1978. Identification of eggs, larvae and juveniles of the Rainbow smelt, *Osmerus mordax*, with comparisons to larval Alewife, *Alosa pseudo-harengus* and Gizzard Shad, *Dorosoma cepedianum*. Trans. Amer. Fish. Soc. 107(1): 56-62.
- COURTOIS, R. ET J.J. DODSON. 1986. Régime alimentaire et principaux facteurs influençant l'alimentation des larves de capelan (*Mallotus villosus*), d'éperlan (*Osmerus mordax*) et de hareng (*Clupea harengus harengus*) dans un estuaire partiellement mélangé. Can. J. Aquat. Sci. 43: 968-979.
- FRECHET, A. DODSON, J.J ET H. POWLES. 1983. Use of variation in biological characters for the classification of anadromous rainbow smelt (*Osmerus mordax*) groups. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 718-727.
- GEFFEN, A.J. 1990. Response of rainbow smelt, *Osmerus mordax* eggs to low pH. J. Fish. Biol. 37 (6): 865-872.
- GIROUX, M. (EN PREPARATION). Suivi de la reproduction de l'éperlan arc-en-ciel de l'estuaire du Saint-Laurent, saison 1990. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Région de Québec.

- HUET, M. 1960. *Traité de pisciculture*. Troisième édition, Bruxelles, Wyngaert, 369 p.
- JOHNSON, H.E, ADAMS, C.D ET R.J MCELRATH. 1955. A new method of treating salmon eggs and fry with malachite green. *The Progressive Fish-Culturist* 17(2) :76-78.
- 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. *Naturaliste can.* 102 (3): 508-514.
- KANE, T.R. 1988. Relationship of temperature and time of initial feeding of Atlantic Salmon. *The Progressive Fish-Culturist* 50: 93-97.
- MCKENZIE, R.A. 1964. Smelt life history and fishery in the Miramichi river, New Brunswick. *Fish. Res. Board Can.* 144: 77 p.
- MISITANO, D.A. 1977. Technic for incubating and hatching eggs of Surf smelt for bioassay. *The Progressive Fish Culturist* 39: 187.
- OLAH, J. ET J. FARKAS. 1978. Effets of temperature, pH, antibiotics, formalin and malachite green on the growth and survival of *Saprolegnia* and *Achyla* parasitic on fish. *Aquaculture*, 13: 273-288.

- OUELLET P. ET J.J. DODSON. 1985. Tidal exchange of anadromus rainbow smelt (*Osmerus mordax*) larvae between a shallow tributary and the St-Lawrence estuary. Can. J. Fish Aquat. Sci. 42: 1352-1358.
- PEPPER, V.A. 1985. Incubateurs à substrat profond. Guide sur la mise en valeur du Saumon de l'Atlantique. Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat. 71: 27 pages.
- 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. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2057: 56 p.
- RUPP, R.S. 1965. Shore-spawning and survival of eggs of the American smelt. Trans. Amer. Fish. Soc., 94: 160-168.
- SCOTT, W.B. ET E.J. CROSSMAN. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Environnement Canada, Service des pêches et des sciences de la mer, Office des recherches sur les pêcheries du Canada, Ottawa Bulletin 184: 1026 p.
- ↙ SHADRIN, A.M. 1988. Embryo-larval development of far eastern osmeridae, *Osmerus mordax* (Arctic smelt). Traduit dans Journal of Ichthyology 28 (1): 76-87.
- SCHERRER, B. 1984. Biostatistique. Edition Gaétan Morin, Chicoutimi, Québec, 850 p.

VALENTINE, M. 1991. Compte rendu de la visite des chenaux de fraie pour éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au ruisseau Black Brook dans le New Hampshire le 11 octobre 1990. Rapport de visite, Centre Ecologique Du Lac Saint-Jean.

VALENTINE, M. et G. FILION. 1991. Causes de mortalité des oeufs d'éperlan arc-en-ciel *Osmerus mordax* et possibilité d'aménagement de chenaux de fraie à la Rivière Ouelle et au Ruisseau de l'Eglise. Centre Ecologique Du Lac Saint-Jean. 20 p. + 3 annexes.

WOYNAROVICH, E. ET L. HORNATH. 1981. La reproduction artificielle des poissons en eau chaude : manuel de vulgarisation. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. FAO Document Technique sur les Pêches 201: 191 p.