

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

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

PAR
PASCALE GOBEIL

ÉVALUATION DES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT ET DE
RESTAURATION DES HABITATS DE L'OMBLE DE FONTAINE
DANS LA RÉSERVE FAUNIQUE DES LAURENTIDES

Octobre 2010

RÉSUMÉ

Annuellement, de nombreux adeptes de la pêche sportive sillonnent le territoire de la réserve faunique des Laurentides pour aller taquiner l'omble de fontaine. Ce sont environ 50 000 jours de pêche qui apportent des retombées économiques importantes pour les régions périphériques à la réserve, c'est-à-dire le Saguenay-Lac-Saint-Jean, Québec et celle du Bas-Saguenay. L'accessibilité des lacs sur le territoire de la réserve faunique a été réalisée en majeure partie lors des coupes par les compagnies forestières. Dans les années 90, des travaux de restauration de l'habitat de l'omble de fontaine ont débuté dans la réserve faunique afin d'assurer le maintien de la qualité de la pêche. En 2006, 55 sites sur le territoire avaient subi des interventions. Malgré de nombreux investissements, aucune étude sur la productivité biologique n'a été entreprise. Dans la présente étude, nous posons comme hypothèse de travail que les statistiques de pêche démontreront une amélioration de la qualité de la pêche dans les lacs aménagés comparativement aux lacs en général.

L'objectif principal de cette étude était de mesurer l'impact des aménagements réalisés dans l'habitat de l'omble de fontaine sur la qualité de la pêche. La réserve faunique des Laurentides possède une banque de statistiques de pêche de plus de 20 ans, compilées année après année par les gestionnaires du territoire. Le projet consistait plus spécifiquement à comparer les données d'exploitation de la période avant l'aménagement avec celles de la période après l'aménagement. Les statistiques de pêche des lacs aménagés ont ensuite été comparées avec les données de lacs contrôles situés sur le même territoire. Finalement, des données morphométriques, des données descriptives des bassins de drainage et des données de perturbations anthropiques dans chacun des bassins de drainage des lacs aménagés ont été comparées à celles des lacs contrôles.

Les résultats de cette étude montrent que le succès et le rendement de pêche ce sont maintenus entre 1985 et 2006 dans les lacs de la réserve. Cependant, dans les lacs où des aménagements ont été réalisés, une augmentation du succès de pêche a été observée. Le projet permet de conclure que les travaux réalisés ont favorisé les populations d'ombles de fontaine dans les lacs aménagés.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur, monsieur Pascal Sirois, pour ses précieux conseils et sans qui ce projet n'aurait pu être réalisé. Je remercie également mon codirecteur, monsieur Pierre Bérubé, pour son implication, son enthousiasme, son intérêt et aussi son soutien tout au long de mon projet de maîtrise.

Un merci spécial à mon ancien patron, monsieur Sylvain Boucher, directeur de la réserve faunique des Laurentides, qui m'a autorisé du temps sur mes heures de travail, et qui a fait preuve de compréhension lors du début de ce projet. Un gros merci aussi à madame Gaétane Tremblay, alors gérante au pavillon Les Portes-de-l'Enfer pour le soutien matériel lors de mes expérimentations sur le terrain, mais aussi pour son grand soutien moral.

Il ne faudrait pas que j'oublie non plus de remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet :

Merci à messieurs Bruno Baillargeon et Conrad Groleau, de la Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, pour leur aide et leur patience sur le terrain.

Merci à messieurs André DuTremblay et Yves Marchand du Cégep de Saint-Félicien de m'avoir enseigné et fait découvrir la géomatique.

Merci à monsieur Benoît Landry, pour sa supervision lors du volet modélisation avec ARC GIS 9.0.

Merci à monsieur Alain Demers du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, et à monsieur Martin Arvisais, de la Direction de la Capitale-Nationale du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, pour leur soutien dans la réalisation des cartes bathymétriques.

Merci à monsieur Gaétan Daigle du Département de mathématiques et de statistique, des sciences et de génie de l'Université Laval pour les analyses statistiques de mon projet.

Merci à madame Ann-Lise Fortin, du laboratoire d'écologie aquatique de l'UQAC pour ses nombreux conseils tout au long de mes études de deuxième cycle.

Un merci particulier à messieurs Jacques Boivin et Gaétan Fournier qui m'ont permis de découvrir l'univers de l'aménagement de la faune il y a maintenant 10 ans.

Merci à la Fondation de la faune du Québec et à la Fondation héritage faune pour leur soutien financier.

Enfin, un grand merci à ma famille, à mes amis (es) et à mes confrères de travail pour leur soutien durant toutes ces années!

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	i
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES ANNEXES	viii
CHAPITRE I : INTRODUCTION.....	1
1.1 Problématique.....	2
1.2 Revue de littérature.....	5
1.3 Objectifs	12
CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	13
2.1 Aire d'étude.....	14
2.2 Sélection des lacs.....	17
2.2.1 Critères de sélection des lacs	17
2.3 Description des interventions	19
2.4 Collecte des données.....	22
2.4.1 Données physico-chimiques	22
2.4.2 Données morphométriques des lacs.....	23
2.4.3 Données descriptives des bassins de drainage.....	24
2.4.4 Données de pêche	26
2.5 Analyses statistiques	27
CHAPITRE III : RÉSULTATS	30
3.1 Données morphométriques des lacs.....	31
3.2 Données descriptives des bassins de drainage	32
3.3 Données de pêche	33
3.3.1 Pression de pêche	33
3.3.2 Succès de pêche	33
3.3.3 Masse moyenne des captures.....	34
3.3.4 Rendement de pêche.....	34
CHAPITRE IV : DISCUSSION	37
4.1 Données de pêche	38
4.2 Perturbations anthropiques.....	41
4.3 Perturbations naturelles.....	43
4.4 Aménagements	44
4.4.1 Aménagement de frayères	47
4.4.2 Libre circulation du poisson.....	49
CHAPITRE V : CONCLUSION	51
RÉFÉRENCES.....	55
ANNEXES.....	61

LISTE DES FIGURES

Figure 1: A) Passe migratoire; B) Installation d'une passe migratoire pour le poisson (FFQ, 1996).....	7
Figure 2: A) Seuil en roches (FFQ, 1996); B) Aménagement d'un seuil en roches, lac F.X.-Lemieux.	8
Figure 3: A) Déflecteurs (FFQ, 1996) B) Aménagement des déflecteurs en roches, lac Fauvette RFLA	8
Figure 4: A) Schéma d'une frayère aménagée; B) Caisse frayère (FFQ, 1996).....	11
Figure 5: Localisation du site à l'étude et des lacs sélectionnés.....	15
Figure 6 : Exemple de restructuration de la banque de données pour les lacs aménagés. Les rectangles noirs correspondent aux années des aménagements, les rectangles gris foncé aux années avant l'aménagement et les rectangles gris pâle aux années après l'aménagement. a) Échelle temporelle réelle; b) Échelle temporelle restructurée avec des années négatives avant l'aménagement et des années positives après l'aménagement.	28
Figure 7: Régressions linéaires sur la variation de la pression de pêche dans le temps. Les figures de la colonne de gauche correspondent aux lacs aménagés et celles de la colonne de droite sont celles des lacs contrôles. Pression de pêche : a) et b), Succès de pêche : c) et d), Masse moyenne des captures : e) et f), Rendement de pêche : g) et h).....	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Localisation et données physicochimiques (température, pH, conductivité spécifique, et concentration OD de l'eau à la surface) des 19 lacs aménagés pour l'omble de fontaine et des 20 lacs contrôles sur le territoire de la réserve faunique des Laurentides et du parc national des Grands-Jardins.	16
Tableau 2 : Description des travaux réalisés dans l'habitat de l'omble de fontaine pour les 3 différents types d'aménagements (Frayère, Circulation et Frayère / Circulation) sur les lacs aménagés de la réserve faunique des Laurentides.	22
Tableau 3 : Résultats du test-t pour la comparaison entre la moyenne et la déviation standard de toutes les variables morphométriques des lacs aménagés et des lacs contrôles de l'étude.	31
Tableau 4 : Résultats du test-t pour la comparaison entre la moyenne et la déviation standard de toutes les variables descriptives des bassins de drainage des lacs aménagés et des lacs contrôles de l'étude.	32
Tableau 5 : Résultats de la comparaison des pentes pour les quatre paramètres de pêche pour les lacs aménagés et pour les lacs contrôles	36
Tableau 6 : Résultats du test d'égalité des pentes pour les quatre paramètres de pêche pour les périodes avant et après l'aménagement avec les lacs contrôles sur l'effet des aménagements dans l'habitat de l'omble de fontaine.	36

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Caractéristiques morphométriques des 19 lacs aménagés et des 20 lacs contrôles sur le territoire de la réserve faunique des Laurentides et du parc national des Grands-Jardins.....63
- Annexe 2 : Caractéristiques du bassin de drainage des 19 lacs aménagés et des 20 lacs contrôles sur le territoire de la réserve faunique des Laurentides et du parc national des Grands-Jardins.66

CHAPITRE I
INTRODUCTION

1.1 Problématique

La pêche sportive en eau douce est une activité récréative très populaire au Québec. Selon une étude de la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ) réalisée en 2004 (MRNF), on estime qu'il s'effectue annuellement près de 11,4 millions de jours de pêche pour une moyenne de 14 jours par adepte. La pêche sportive génère des retombées économiques importantes dans la province de Québec. Les dépenses de 800 000 Québécois adeptes de la pêche sportive s'élèvent annuellement à plus d'un milliard de dollars. Grâce à ces dépenses, le gouvernement du Québec et le gouvernement fédéral bénéficient de revenus respectifs de 135,5 millions de dollars et de 104,8 millions de dollars. De plus, elles permettent de créer ou de maintenir 9 754 emplois et de verser 245,8 millions de dollars en salaires. Uniquement pour la réserve faunique des Laurentides, cette activité permet la capture d'environ un demi-million d'ombles de fontaine, ce qui représente en moyenne plus de 50 000 jours-pêcheurs. Les retombées économiques directes et indirectes qui y sont associées se chiffrent à environ 12 millions de dollars annuellement.

L'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), communément appelé truite mouchetée, est l'espèce la plus largement distribuée et la plus pêchée au Québec (Bernatchez et Giroux, 2000). Son exploitation revêt une importance cruciale pour l'industrie de la pêche sportive dans plusieurs régions de la province (Cantin, 2000). En plus de ses populations naturelles, elle a été introduite dans de nombreux cours d'eau

autant en Amérique du Nord qu'en Europe. La réserve faunique des Laurentides est un des territoires en Amérique du Nord où l'on retrouve encore des populations d'ombles de fontaine indigènes. Plusieurs des lacs possèdent des populations d'ombles de fontaine en allopatrie, c'est-à-dire des lacs ou des réseaux de lacs où l'on retrouve uniquement cette espèce. Fondé en 1895, le parc des Laurentides fut d'abord créé comme une réserve forestière plutôt qu'un parc véritable. C'est par le biais d'un décret, en novembre 1981, que le gouvernement créait la réserve faunique des Laurentides en vertu de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune. La réserve faunique est depuis ce temps vouée à la conservation, au développement et à la gestion de la faune par les activités de prélèvement incluant la chasse, la pêche et le piégeage. Elle s'occupe aussi de la gestion des activités relatives au plein air telles que la randonnée pédestre, le canot, le canot-camping, etc.

Plusieurs facteurs d'origine naturelle comme les chablis, les crues torrentielles et des facteurs d'origine anthropique, tels que la coupe et la voirie forestières (Bérubé et Lévesque, 1998; Boivin et al., 1998; Lachance et al., 2008) et l'introduction d'espèces compétitrices (Magnan, 1988) ont affecté négativement la qualité des habitats aquatiques au Québec. L'ouverture du territoire par les compagnies forestières n'a pas seulement donné accès à de nombreux lacs, mais a aussi causé la dégradation de nombreuses frayères à ombles de fontaine. La construction de routes sur les terres publiques du Québec implique l'installation de nombreux ponceaux annuellement (Lachance et al., 2008). Dans la réserve faunique des Laurentides, des travaux de restauration et d'aménagement d'habitats ont donc été réalisés à partir du début des années 1990. En 2006, 55 lacs avaient subi des travaux d'aménagements physiques

d'habitats comme la construction de frayères, de seuils, de déflecteurs, et des interventions biologiques sur les populations de poissons, comme l'implantation d'œufs fécondés et la relocalisation de poissons indigènes. L'objectif de ces aménagements consiste à maintenir, améliorer ou restaurer les niveaux de productivité, afin de conserver la qualité de la pêche sportive. Ces aménagements ont été rendus possibles grâce à des investissements importants de la SÉPAQ. D'autres organismes ont aussi contribué à la réalisation de ces travaux. Par exemple, la Fondation de la faune s'est impliquée en subventionnant aux environs de 38 % du montant total de sept projets d'aménagement des habitats pour l'omble de fontaine entre les années 1999 à 2004 (FFQ 2010). Afin de s'assurer de l'efficacité physique des structures, un suivi de l'ensemble des aménagements est réalisé chaque année. Cependant, malgré le nombre élevé de travaux réalisés, leurs impacts sur la qualité de la pêche n'ont jamais été évalués scientifiquement jusqu'à ce jour.

La gestion de la pêche sur le territoire de la réserve faunique est réalisée avec des quotas maximum déterminés pour chacun des lacs. La limite quotidienne d'ombles de fontaine est demeurée la même depuis 1984. Les données de pêche ont toujours été enregistrées sur place dans chacun des secteurs de pêche par les responsables et ensuite compilées, chaque fin de saison, pour l'ensemble du territoire. Cette gestion rigoureuse de la pêche a amené la création d'une banque de données constante pour plusieurs lacs sur plus de 20 années d'exploitation. De plus, des données d'inventaire de toutes sortes ont été compilées sur ce vaste territoire depuis 1935.

1.2 Revue de littérature

Depuis plus d'un siècle, les activités humaines provoquent la dégradation des habitats aquatiques (Roni et al., 2008). Ce problème est répandu autant aux États-Unis, au Canada qu'en Europe. Les activités forestières, les barrages hydroélectriques, l'agriculture, la canalisation, l'industrialisation et l'utilisation de l'eau ont entraîné des conséquences négatives pour les pêches et la ressource aquatique (Roni et al., 2005). Cependant, malgré la perte de qualité de ces habitats aquatiques, la pêche sportive est toujours demeurée une activité très pratiquée. Les premiers essais en aménagement auraient eu lieu dès la fin du XVIIIe siècle par des gardiens de rivières dans des clubs de pêche en Angleterre (White, 2002). En fait, l'amélioration des habitats était devenue très populaire auprès des gestionnaires de pêche qui voulaient améliorer ou maintenir la qualité de la pêche. Comme certaines espèces étaient plus recherchées que d'autres, les aménagements étaient et sont encore réalisés dans le but d'aider des espèces spécifiques (Rosi-Marshall et al., 2006).

Il existe plusieurs définitions de la restauration, car de nombreux chercheurs et gestionnaires sont en désaccord. En général, le terme restauration est utilisé lorsque l'écosystème est ramené à son état original avant perturbation (Poplar-Jeffers et al., 2006; Roni et al., 2005). Le terme réhabilitation est utilisé quant à lui lorsqu'il y a restauration et amélioration de certains aspects de l'écosystème, mais sans remettre le cours d'eau à l'état original (Langler et Smith, 2001). L'aménagement d'habitats est

utilisé lorsqu'il y a amélioration de la qualité de l'habitat par des manipulations directes comme l'installation de nouvelles structures dans le cours d'eau (Langler et Smith, 2001). Le but commun est d'augmenter les populations de poissons commerciaux et récréatifs, peu importe le nom utilisé (Rosi-Marshall et al., 2006). Les objectifs peuvent aller de la restauration de l'état naturel des habitats (House et Boehne, 1985) jusqu'à la création de nouvelles structures dans le but d'augmenter rapidement la population d'une espèce ciblée (Carline, 1980; Lehane et al., 2002) ou pour implanter une population dans un milieu (Gard, 1961).

Selon White (1996), les premiers programmes d'aménagement gouvernementaux aux États-Unis semblent débiter à la suite d'expérimentations dans des cours d'eau dans l'État du Michigan en 1927. La première publication officielle d'un article en aménagement a été réalisée par Tarzwell en 1931 (White, 1996). Depuis ce jour, de nombreuses publications se sont ajoutées et les techniques d'aménagement n'ont pas cessé d'évoluer. Par exemple, plusieurs structures peuvent être aménagées pour modifier le profil d'écoulement de l'eau et apporter des modifications au niveau de l'habitat de l'omble de fontaine. La littérature a souvent touché l'évaluation de l'efficacité physique de ces structures. L'étude réalisée par Tarzwell (1937) avait justement pour objectif de déterminer les structures les plus économiques, les plus durables et les plus efficaces utilisées dans les aménagements. Les structures aménagées peuvent être intégrées dans le milieu pour donner un aspect naturel. Elles sont alors faites en billots de bois et en pierres récupérées dans l'environnement immédiat. Elles peuvent aussi avoir un aspect artificiel comme lors de la construction de barrages et de digues (Shetter et al., 1949; Thompson, 2002). Les premières structures étaient réalisées

en fonction du profil d'écoulement de l'eau dans le cours d'eau. Cependant, Kondolf et al. (1996) proposent dans leur étude que le choix des structures devrait plutôt se faire à partir des objectifs établis et en tenant compte du bassin de drainage du cours d'eau.

Les obstacles qui empêchent la migration des ombles de fontaine peuvent avoir un impact négatif sur la productivité (Pretty et al., 2003). Les interventions les plus communes, comme refaire les ponts et ponceaux et l'installation de passes migratoires (Figure 1) sont fréquemment utilisées pour rétablir la libre circulation du poisson (Roni et al., 2005). La réouverture des milieux isolés joue un rôle important, car elle permet la migration d'individus vers de nouveaux milieux (Poplar-Jeffers et al., 2006). Elle redonne aussi accès à une gamme d'habitats différents, favorisant les différents stades de développement des poissons (Roni et al., 2005). Riley et Fausch (1995) ont démontré que l'installation de seuils avec déversoirs en bois avait augmenté le taux de migration des espèces de salmonidés dans les six cours d'eau aménagés.

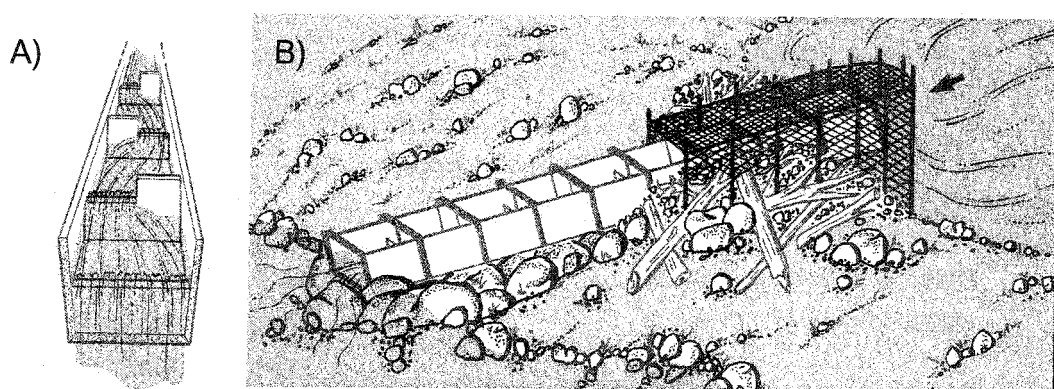


Figure 1: A) Passe migratoire; B) Installation d'une passe migratoire pour le poisson (FFQ, 1996).

Les seuils et les déflecteurs (Figures 2a, 2b, 3a, 3b) sont des structures utilisées en aménagement de cours d'eau. Ils peuvent être construits en bois ou en pierre. Les déflecteurs canalisent l'eau et favorisent le transport de fines particules. La construction de déflecteurs dans des sections de cours d'eau entraîne une augmentation du nombre de fosses, de la profondeur de ces dernières et de la surface de gravier disponible en déplaçant le sable et limon (Shetter et al., 1949). Le seuil est majoritairement utilisé afin de diminuer la pente et la vitesse de l'eau pour contrôler les zones d'érosion (FFQ, 1996).

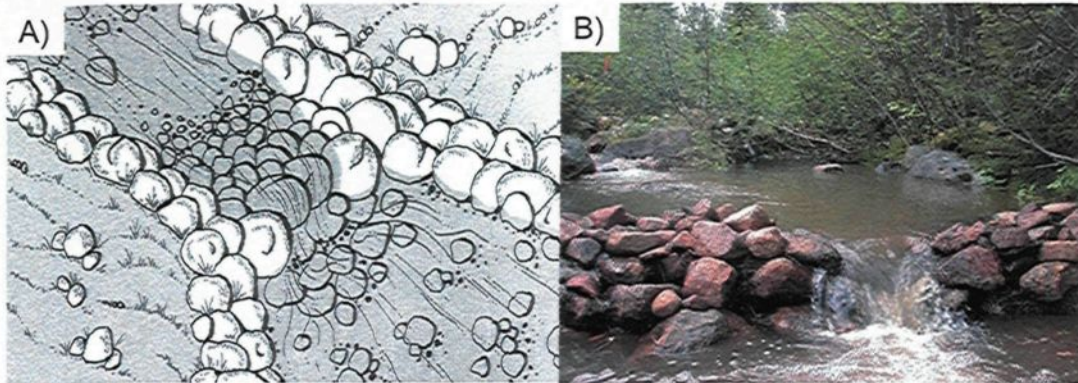


Figure 2: A) Seuil en roches (FFQ, 1996); B) Aménagement d'un seuil en roches, lac F.X.-Lemieux.

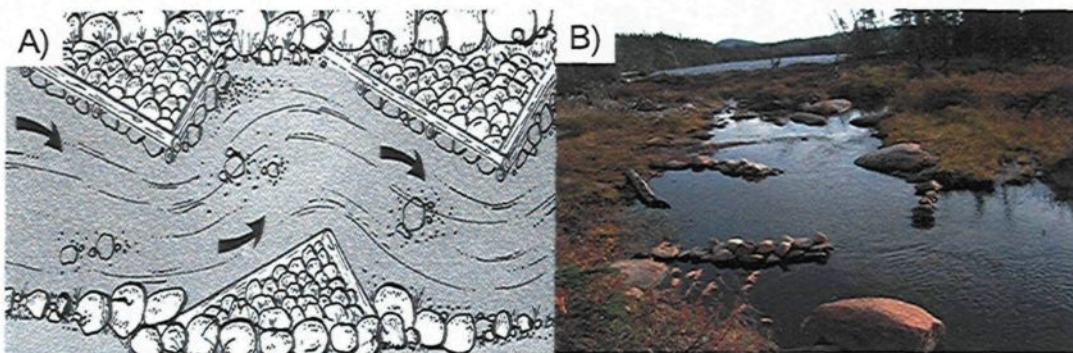


Figure 3: A) Déflecteurs (FFQ, 1996) B) Aménagement des déflecteurs en roches, lac Fauvette RFLA

L'efficacité des structures aménagées dans les cours d'eau diminue avec le temps si on ne tient pas compte du bassin de drainage lors de la construction (Champoux et al., 2003). La pente, la superficie et le relief du bassin de drainage du territoire influencent la quantité de sédiments fins retrouvés dans le gravier des cours d'eau (Adams et Beschta, 1980). La plupart des études dénoncent le fait que les aménagements sont réalisés à l'échelle du cours d'eau lui-même et non en fonction de son bassin de drainage (Champoux et al., 2003; Kondolf, 2000; Moerke et Lamberti, 2004). Wheaton et al. (2004) proposent un modèle de prédiction hydrogéomorphologique pour simuler la réponse du profil physique du cours d'eau à la suite des modifications dans l'habitat.

Dans les frayères, certains facteurs influencent le taux d'éclosion des œufs chez l'omble de fontaine. Un substrat graveleux, une bonne vitesse d'écoulement et une faible profondeur d'eau sont nécessaires à un bon taux de survie des œufs (Scott et Crossman, 1974). Adams et Beschta (1980) ont démontré que la sédimentation de fines particules sur les sites de reproduction apportait la dégradation du substrat de fraie de l'omble de fontaine. La période d'incubation est déterminante sur le taux d'éclosion des œufs fécondés (Curry et Noakes, 1995). La taille des particules du substrat sur les sites de fraie doit permettre la percolation de l'eau entre les interstices afin d'apporter l'oxygène dissous nécessaire à la survie des embryons durant la période d'incubation (Witzel et MacCrimmon, 1980). L'émergence des alevins est une période où plusieurs facteurs exerceront aussi une influence sur la survie. Curry et MacNeill (2004) ont démontré que le taux de survie des alevins diminuait (~ 50 %) dans les nids lorsqu'il y a accumulation de fines particules dans le substrat de fraie. Le nombre d'alevins qui

émergent diminue en fonction de l'augmentation de la concentration de sable dans la composition du substrat du nid (Hausle et Coble, 1976). Ces particules viennent en fait obstruer le passage vers l'eau libre aux alevins. Witzel et MacCrimmon (1982) expliquent cette mortalité par les conditions de stress causées par l'anoxie et la compression induites par le confinement dans l'espace interstitiel plus petit. L'émergence des alevins est aussi influencée par la fonte des neiges. Il s'agit d'une période où des changements ponctuels surviennent au niveau de la composition chimique de l'eau en raison de l'apport des contaminants et autres ions accumulés dans le couvert de neige. L'effet de concentration se produit par des ions préférentiels retrouvés dans la couverture de neige où 50 % à 80 % de l'acidité est alors libérée lors de la fonte des neiges. Cette situation amène les alevins à s'exposer à un gradient chimique 100 fois plus élevé en ions H^+ que dans leur milieu d'incubation (Gunn, 1986). L'ajout de gravier dans le lit des rivières (Figure 4a) est une méthode d'aménagement utilisée pour améliorer la qualité des surfaces de fraie.

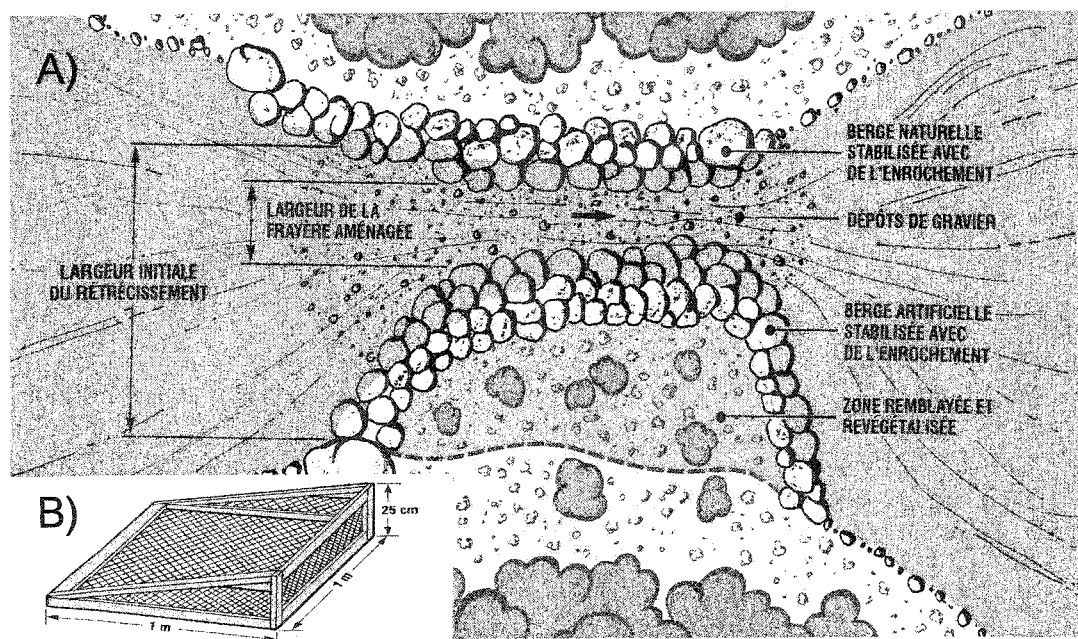


Figure 4: A) Schéma d'une frayère aménagée; B) Caisse frayère (FFQ, 1996).

L'évaluation de la réponse biologique est la meilleure façon de déterminer l'efficacité des aménagements en milieu aquatique (Roni et al., 2002). Une revue de la littérature sur les aménagements, réalisée par Roni et al. (2008), démontre que les études publiées sur la productivité biologique touchent majoritairement l'omble de fontaine et le stade juvénile des salmonidés. Les études sur l'efficacité biologique des aménagements portent souvent sur de courtes périodes d'échantillonnage avant et après les aménagements (Gowan et Fausch, 1996). Le nombre d'années d'échantillonnage varie entre un à trois ans pour les périodes avant l'aménagement et de un à six ans pour les périodes après l'aménagement (Gowan et Fausch, 1996; Shetter et al., 1949; Van Zyll de Jong et al., 1997). Hunt (1988) mentionne que la faiblesse de l'ensemble des travaux réside dans le fait qu'ils ne possèdent pas de données fiables sur la récolte de

pêche avant et après les interventions pour procéder à une bonne évaluation des aménagements.

1.3 Objectifs

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les effets des aménagements réalisés dans l'habitat de l'omble de fontaine de 19 lacs à partir des statistiques de pêche sportive. L'évaluation sera réalisée plus spécifiquement à partir des statistiques de pêche telles que le succès de pêche, la pression de pêche, la masse moyenne des captures et le rendement. Ces aménagements avaient pour but de restaurer les habitats de l'omble de fontaine dégradés avec le temps pour permettre de maintenir ou restaurer l'offre de pêche. Dans un premier temps, le projet consiste à comparer les données morphométriques, les données descriptives des bassins de drainage et les données des perturbations anthropiques des lacs aménagés à celles des lacs contrôles. Les données d'exploitation pour la période avant l'aménagement seront ensuite comparées avec celles de la période après l'aménagement. Finalement, les statistiques de pêche des lacs aménagés seront comparées avec les données des lacs contrôles situés sur le même territoire.

Notre hypothèse de travail est que les statistiques de pêche devraient démontrer une augmentation de la qualité de la pêche dans les lacs après l'aménagement. Nous supposons que cette augmentation de la qualité de la pêche sera démontrée par une augmentation du succès et du rendement de la pêche dans les lacs aménagés.

CHAPITRE II
MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 Aire d'étude

Les lacs de l'étude sont situés sur le territoire de la réserve faunique des Laurentides, lequel se trouve à mi-chemin entre les régions de Québec et du Saguenay–Lac-Saint-Jean et sur le territoire du parc national des Grands-Jardins. La réserve possède une superficie de 7 861 km² et le parc s'étend sur 310 km². Les deux territoires sont situés entre les longitudes 70° 00'O et 72° 00'O et les latitudes 47° 00'N et 49° 00'N (Figure 5). Tous les lacs sont situés sur le bouclier laurentien à des altitudes variant entre 550 et 920 m (Tableau 1). Les lacs sont localisés dans sept bassins versants : ceux des rivières Pikauba, Jacques-Cartier, Montmorency, Sainte-Anne-du-Nord, Ha! Ha!, Malbaie et à Mars.

Le territoire de l'étude correspond à un vaste secteur de massifs montagneux recouvert par la forêt boréale dominée par l'épinette noire (*Picea mariana*). Le climat est continental avec des étés chauds et des hivers froids. La température moyenne annuelle est de 0,4 °C. Les précipitations annuelles abondantes varient entre 1 000 mm et 1 500 mm. Les données climatiques proviennent de la moyenne des données de 1970 à 1999 pour le site météorologique de la forêt Montmorency de la Direction du suivi de l'état de l'environnement du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Les lacs sur le territoire sont recouverts de glace six mois par année. La prise des glaces a lieu vers la mi-novembre alors que leur disparition se produit vers la mi-mai (Laberge et al., 1994).

Les lacs du territoire possèdent des populations d'ombles de fontaine vivant en allopatrie, d'autres avec des salmonidés comme le touladi (*Salvelinus namaycush*) ou l'omble chevalier (*Salvelinus salvelinus*), ou en sympatrie avec plusieurs autres espèces comme le mulot perlé (*Semotilus margarita*), le mulot à cornes (*Semotilus atromaculatus*), le naseux des rapides (*Rhinichthys cataractae*), le meunier rouge (*Catostomus catostomus*), et le meunier noir (*Catostomus commersoni*).

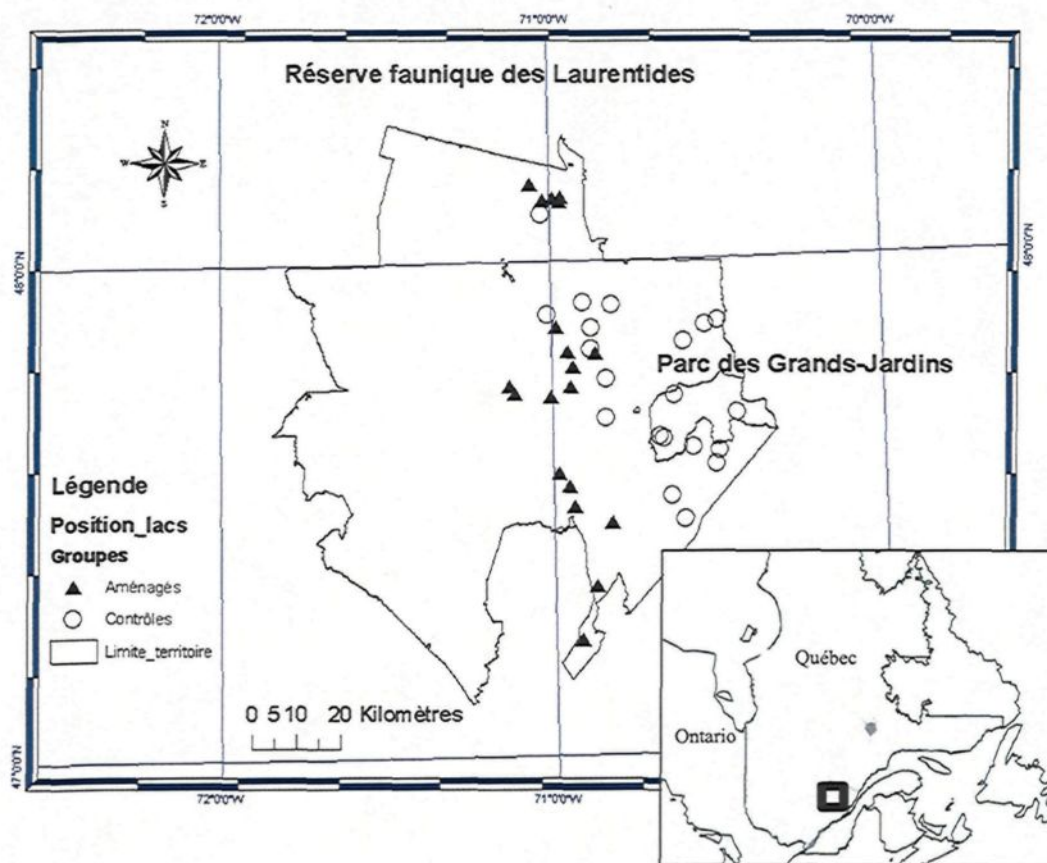


Figure 5: Localisation du site à l'étude et des lacs sélectionnés.

Tableau 1: Localisation et données physico-chimiques (température, pH, conductivité spécifique et concentration OD de l'eau à la surface) des 19 lacs aménagés pour l'omble de fontaine et des 20 lacs contrôles sur le territoire de la réserve faunique des Laurentides et du parc national des Grands-Jardins.

Lacs aménagés	Longitude	Latitude	Altitude (m)	T° eau de surface (°C)	pH à la surface	Conductivité Sp à la surface (mS/cm)	Concentration OD à la surface (mg/L)
Brouillard	47.74823	-71.42333	830	17,86	4,89	0,008	6,95
Chavaudray	47.57124	-71.27806	860	15,64		0,013	10,72
Chavigny	47.73322	-71.4058	830	17,94	5,7	0,009	7,03
Chouminich	47.54535	-71.24615	820	15,86		0,078	10,18
Decoigne	47.81201	-71.16331	850	20,14	4,9	0,008	8,42
Espérance	47.50295	-71.23262	790	17,03		0,161	9,96
Fauvette	47.72631	-71.29853	880	17,37	5,94	0,007	6,77
Général-Tremblay	47.7463	-71.23799	840	17,55	7,39	0,006	8,33
Grelon	47.81608	-71.24425	790	16,45	6,59	0,05	9,18
Grimard	48.12321	-71.313	560	19,37	6,07	0,022	7,04
Jupiter	47.78688	-71.22878	770	15,81		0,116	10,27
Laurier	48.12685	-71.28684	620	19,28	6,49	0,014	7,53
Mars	47.86719	-71.27918	780	17,67	6,06	0,012	7,95
Nixon	48.11998	-71.26311	560	20,74	5,52	0,014	7,78
Noël	47.23376	-71.21738	700	17,14		0,031	7,44
Quai	48.12909	-71.25877	550	19,37	6,86	0,016	8,03
Richelieu	48.15581	-71.3507	580	19,55	6,1	0,014	7,51
Roches	47.34122	-71.16995	820	15,87		0,244	8,36
Saint-Jacques	47.46866	-71.12163	870	15,12		0,012	8,5
Moyenne				17,6	6,0	0,0439	8,3
Écart type				1,63	0,71	0,06	1,2
Lacs contrôles							
Beaupré	47.58131	-70.80577	690	21,08	6,66	0,015	7,83
Bignell	47.47249	-70.90188	850	19,6	6,61	0,012	7,75
Bouillie	47.72512	-70.92719	780	19,85	5,76	0,015	7,74
Duburger	47.61838	-70.873	770	20,37	7,78	0,01	8,05
Emmurailé	47.87332	-70.79304	720	20,46	6,59	0,012	8,53
Fortier	47.82245	-71.17683	850	19,98	6,79	0,01	8,38
Gonzague	47.89164	-71.30955	740	21,36	6,78	0,03	8,49
Keable	47.52	-70.94	910				
Lanctôt	47.86479	-71.17717	850	20,05	6,5	0,013	8,29
Ménard	47.86596	-70.83101	850	19,49	6,6	0,017	8,1
Mignon	47.63671	-70.96139	820	20,82	7,37	0,011	8,25
Montagnais gr	47.91709	-71.1974	770	19,34	6,28	0,018	8,18
Montagnes blanches	47.68218	-71.13471	840	20,53	6,61	0,01	8,31
Paquin	47.90924	-71.11208	840	20,06	6,02	0,011	8,21
Paul	48.09534	-71.32317	590	20,36	5,79	0,017	8,3
Pinard	47.6098	-70.79334	730	21,19	5,92	0,012	7,31
Sainte-Anne	47.6846	-70.73814	750	19,67	6,23	0,019	7,95
Sicard	47.64224	-70.97326	830	20,52	6,66	0,015	7,65
Stymphale	47.83263	-70.89665	840	19,94	6,97	0,023	8,21
Verchères	47.76035	-71.13225	830	20,97	6,36	0,013	7,76
Moyenne				20,3	6,5	0,0125	8,07
Écart type				0,59	0,5	0,01	0,32

2.2 Sélection des lacs

L'étude a été réalisée sur un total de 39 lacs répartis en deux groupes. Le groupe des lacs aménagés comprend 19 lacs ayant subi des interventions dans l'habitat de l'omble de fontaine entre les années 1988 et 2000. Le groupe des lacs contrôles comprend 20 lacs n'ayant subi aucun aménagement. Pour cette étude, les lacs aménagés correspondent aux sites où différentes interventions de nettoyage de cours d'eau et d'aménagement de structures dans l'habitat du poisson ont été réalisées afin de restaurer la qualité de l'habitat dans le but d'améliorer la qualité de la pêche des lacs.

2.2.1 Critères de sélection des lacs

Afin de comparer des lacs aux caractéristiques semblables, seuls ceux présentant des populations d'ombles de fontaine en allopatrie ont été sélectionnés pour cette étude. Les lacs possédant d'autres espèces ont été ignorés dans les deux groupes.

Les lacs possédant une surface de moins de cinq hectares ont été éliminés de l'étude en raison de leur temps de renouvellement en eau trop rapide. Ils ne devaient pas non plus être reconnus comme étant des lacs acides. Les lacs retenus devaient posséder des caractéristiques morphométriques semblables et avoir été exposés aux mêmes conditions climatiques. Ils devaient avoir été exploités chaque année avec la même gestion de la pêche. Ils ne devaient pas être connus comme étant la cible de braconniers.

Les lacs ont été présélectionnés à partir de la description des interventions réalisées sur les sites aménagés. Les sites devaient avoir été visités annuellement. Ce suivi permet de s'assurer du bon fonctionnement des structures aménagées, car il est possible que les structures se dégradent et deviennent non opérationnelles à la suite d'événements naturels exceptionnels ou suite à l'installation de barrages de castor. Pour cinq sites où l'aménagement était situé entre deux lacs et dont la distance les séparant était inférieure à 500 m, un seul des deux lacs a été conservé pour l'étude afin d'éviter une double utilisation d'un aménagement.

En raison de la grande variabilité interannuelle dans l'abondance chez les salmonidés juvéniles et adultes, plusieurs années sont nécessaires pour estimer le rendement des aménagements. Ainsi, à partir de la liste obtenue par la présélection, seulement les lacs aménagés avant l'année 2000 ont été sélectionnés. Les lacs sélectionnés pour l'étude ont donc en moyenne 11 années d'exploitation consécutives avant l'aménagement et une moyenne de 10 ans après l'aménagement. L'ensemble des lacs aménagés a été exploité annuellement de 1985 à 2006 et se retrouvent sur le territoire de la réserve faunique des Laurentides.

Les lacs contrôles ont d'abord été présélectionnés aléatoirement parmi les lacs de la réserve faunique des Laurentides. Ils ne devaient avoir été soumis à aucune modification dans l'habitat du poisson et n'avoir jamais étéensemencés par le passé. Les lacs contrôles sélectionnés ont été exploités durant la même période que celle des lacs aménagés, c'est-à-dire de 1985 à 2006. En raison des critères stricts du processus de sélection des lacs contrôles, quatre lacs ont dû être sélectionnés à partir des mêmes

critères sur le territoire du parc national des Grands-Jardins. Le parc est le territoire voisin situé à l'est de la réserve faunique. L'ensemble des lacs du parc était exploité par la réserve faunique des Laurentides jusqu'en 1999. Le parc assure maintenant la gestion de la pêche sportive. Cependant, pour simplifier la compréhension du texte, les lacs du parc seront incorporés à ceux de la réserve.

2.3 Description des interventions

Au fil des années, de nombreuses techniques ont été développées par les aménagistes pour différents contextes de restauration des cours d'eau. Les structures construites pour améliorer l'habitat de l'omble de fontaine sur le territoire de la réserve faunique des Laurentides ne diffèrent pas de celles décrites dans la littérature par Champoux et al. (2003), Moerke et Lamberti (2004) et Roni et al. (2002).

L'aménagement des cours d'eau dans la réserve faunique des Laurentides a été réalisé soit pour créer ou restaurer des sites de fraie pour l'omble de fontaine, soit pour permettre la libre circulation du poisson. Le type d'intervention a été choisi en fonction de l'un et/ou l'autre des objectifs poursuivis (Tableau 2). Plusieurs des aménagements de cette étude ont été créés à la suite du démantèlement de digues de castor.

Les 19 lacs aménagés sont répartis de la manière suivante :

- Six lacs ont été aménagés pour créer ou restaurer un site de fraie. Pour ces lacs, une certaine quantité de gravier visant à favoriser la reproduction de l'omble de fontaine a été déposée sur le lit du cours d'eau, soit au niveau d'un de ses tributaires ou à son émissaire.
- Trois lacs ont été aménagés pour permettre une libre circulation du poisson vers des habitats devenus inaccessibles en enlevant les débris obstruant l'écoulement de l'eau (tributaires et/ou émissaire). Pour certains sites, il a été nécessaire d'installer une passe migratoire afin de permettre la circulation du poisson.
- Dix lacs ont été aménagés pour une action combinée. Les aménagements peuvent inclure des dépôts de roches et de gravier pour restaurer et protéger les berges et le lit du cours d'eau de l'érosion; des seuils en roches ou en bois construits pour créer des zones de rapides et des zones d'eau plus profondes où l'eau s'écoule moins rapidement; des déflecteurs construits pour canaliser l'écoulement de l'eau; de la restauration et/ou stabilisation des berges, le nettoyage de ponceaux écrasés, ou la construction d'une digue.

Finalement, l'implantation d'œufs fécondés d'ombles de fontaine sur les sites aménagés a été faite sur 18 des 19 lacs de l'étude, incluant les sites aménagés pour la restauration de la circulation du poisson. L'implantation d'œufs fécondés dans des boîtes d'incubation a servi à imprégner les sites pour permettre le retour des alevins sur ces sites de fraie lorsqu'ils seront adultes. Les boîtes étaient disposées directement sur les sites de fraie aménagés ou existants. Le nombre d'œufs dans les boîtes d'incubation

variait entre 1 458 à 13 068 œufs. L'implantation de ces boîtes a été faite sur une récurrence de un à cinq ans.

Tableau 2: Description des travaux réalisés dans l'habitat de l'omble de fontaine pour les 3 différents types d'aménagements (Frayère, Circulation et Frayère / Circulation) sur les lacs aménagés de la réserve faunique des Laurentides.

Lacs aménagés	Année intervention	Travaux réalisés	Surface frayère aménagée (m ²)	Surface cours d'eau nettoyée (m ²)	Surface totale aménagée (m ²)
Frayère					
Laurier	1996	GR - DF	75		75
Quai	1998	GR-S	40		40
Richelieu	1988	GR	nd		nd
Roches	1993	GR-S - DF	75		75
Saint-Jacques	1998	GR	40		40
Mars	1998	GR-S-RS - DF	nd		nd
Circulation					
Espérance	2000	S-RS		20	20
Fauvette	1998-1999	PM		160	160
Jupiter	1997	S-RS		290	290
Frayère / Circulation					
Chavaudray	1998	GR-S-RS - DF	66	66	66
Chavigny	1999	GR-S-RS - DF	145	180	180
Chouminich	1998	GR-S-RS - DF	70	175	175
Decoigne	1999	GR-S-RS - DF	87	1286	1286
Général-Tremblay	1993	GR-S-RS - DF	100	1450	1450
Nixon	1994	GR-S-RS	nd	320	320
Noël	1995	GR-S-RS - DF	nd	240	240
Brouillard	1997-1998	GR-D-S-RS - DF	105-350	0-1890	1890
Grelon	1994	GR-D-S-RS -DF	35	100	100
Grimard	1997	GR-D-S-RS - DF	nd	Nd	nd

* GR : dépôt de substrat de reproduction, DF : déflecteurs, S : seuils, RS : restauration et/ou stabilisation des berges, PM : passe migratoire, D : digue, nd = non défini

2.4 Collecte des données

2.4.1 Données physico-chimiques

Les mesures physico-chimiques de l'ensemble des lacs de l'étude ont été effectuées à l'aide d'une sonde YSI 556 MPS du 16 au 24 d'aout 2005 et du 24 au 31 juillet 2006.

2.4.2 Données morphométriques des lacs

La surface et le périmètre des lacs ont été déterminés en utilisant la banque de données du MRNF (Annexes 1 et 2). Les profils bathymétriques des lacs ont été faits à l'aide d'un sonar GPSMAP 178C Sounder et un GPS Garmin 76, durant les étés 2005 et 2006. Le logiciel ARC GIS 9.0 a été utilisé afin de créer les cartes bathymétriques et pour calculer les données physiques telles que la profondeur moyenne, la profondeur maximale, le volume total d'eau des lacs et le volume d'eau 0-6 m. La transparence moyenne de l'eau des lacs a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. La ligne de développement de rivage a été calculée à l'aide de la formule :

$$DL = L/2 \sqrt{\pi A_0} \quad (1)$$

Où,

DL = Ligne de développement de rivage

L = Longueur de la ligne de rivage du lac (km)

A_0 = Surface du lac (km²) (Wetzel, 1983).

Les données morphométriques pour les lacs aménagés et les lacs contrôles sont disponibles à l'annexe 1.

2.4.3 Données descriptives des bassins de drainage

Le logiciel ARC GIS 9.0 a été utilisé pour déterminer la surface du bassin de drainage (km^2) de tous les lacs de l'étude, ainsi que la pente moyenne et maximum de ces bassins (%). Par la suite, la surface des dénudés secs et des milieux humides (km^2), la longueur de route (km), la surface de route et la surface de coupe dans le bassin de drainage des lacs (km^2) ont été aussi calculées à l'aide de ce logiciel.

L'extension « Hydrology » a servi à modéliser l'écoulement de l'eau des cours d'eau et le ruissellement jusqu'aux lacs (Poplar-Jeffers et al., 2006). Cette modélisation a permis de déterminer l'emplacement de la ligne de partage des eaux du bassin de drainage de chaque lac. Par la suite, la superficie du bassin de drainage a été calculée ainsi que la valeur en pourcentage de la pente moyenne et maximum des bassins. La surface du bassin de drainage des lacs, la pente moyenne et la pente maximum ont été obtenues à l'aide d'un modèle numérique d'élévation (MNE) « Topo To Raster » (Petty et Thorne, 2005).

La surface totale des dénudés secs, des milieux humides et des coupes forestières dans le bassin de drainage a été calculée à partir des polygones avec l'extension « Spatial analysis ». La surface de route des bassins a été calculée en attribuant une largeur aux tracés des routes. Les routes provinciales ont été calculées à 8 m de largeur, les chemins carrossables non pavés à 6 m, les chemins non carrossables à 4 m. La

longueur de la route a été calculée en faisant la somme des tronçons de routes incluses dans le bassin de drainage à l'aide de « Spatial analysis ». Le nombre de ponts et ponceaux a été calculé partir du dénombrement des chemins croisant un cours d'eau.

Le volume d'eau en circulation a été calculé avec les données environnementales de la banque de données du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) selon la formule suivante :

$$(P - E) * S * 10\ 000 \quad (2)$$

Où,

P = Précipitation moyenne de pluie en mm (1970 à 1990) Station forêt Montmorency

E = Évapotranspiration potentielle en mm (1970 à 1999) Station forêt Montmorency

S = Surface du bassin de drainage en hectare (ha)

(Houde, 1986)

Les données descriptives pour les lacs aménagés et les lacs contrôlés sont disponibles à l'annexe 2.

2.4.4 Données de pêche

L'ensemble des données de pêche provient de la banque historique de statistiques de pêche du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) à la Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale. La SÉPAQ assure l'enregistrement de la totalité des captures qui y sont faites annuellement pour chacun des lacs, chaque jour et par secteur de pêche. Dans la réserve faunique des Laurentides, un quota de départ est attribué pour chaque lac. Il est calculé à 2kg/hectare à l'ouverture pour chacun des lacs à omble de fontaine en allopatrie. Ce quota est ensuite ajusté en fonction des statistiques de pêche. Le taux d'exploitation correspond au pourcentage de poissons capturés par rapport au quota total permis dans un lac. Ce mode de gestion a permis de maintenir le contrôle sur la quantité de poissons capturés et d'établir le profil de pêche des lacs au fil des ans. La banque historique contient les données de pêche des lacs de la réserve faunique des Laurentides compilées à la fin de chaque saison de pêche depuis plus de 30 ans.

Les quatre paramètres de pêche utilisés dans l'étude sont : la pression de pêche, le succès de pêche, le poids moyen des captures et le rendement de pêche. La pression de pêche correspond à l'effort de pêche sur le plan d'eau. C'est le nombre de jours de pêche total divisé par la superficie du lac et il s'exprime par le nombre de jours de pêche par hectare (nb j-p/ha). Dans la réserve faunique et dans le parc, un pêcheur se voit attribuer un lac pour sa journée de pêche. La présence d'un pêcheur sur le lac est donc égale à un jour de pêche. Le succès de pêche est le nombre moyen de poissons capturés par un pêcheur durant une journée de pêche. La masse moyenne des captures est le

poids total des captures en kilogramme (kg) durant la saison de pêche, divisé par le nombre total de captures de la saison de pêche. Le succès de pêche et la masse moyenne des captures sont les deux variables qui servent à décrire la qualité de la pêche sur un lac. Elles indiquent si le lac offre un grand nombre de petites captures ou un petit nombre de grosses captures. Le rendement de pêche correspond au poids total de poissons capturés en kilogramme (kg) durant une saison divisé par la surface totale du lac en hectare (ha); c'est en fait l'indice de productivité des lacs.

2.5 Analyses statistiques

Les paramètres morphométriques, les variables descriptives du bassin de drainage et les variables relatives aux perturbations anthropiques des lacs aménagés et des lacs contrôles ont été comparés avec un test-t (SAS Institute, JMP7.0).

Pour l'analyse des données d'exploitation, un modèle statistique à coefficient aléatoire a été utilisé pour déterminer les tendances à long terme des quatre paramètres de pêche dans les lacs aménagés et les lacs contrôles. Les analyses ont consisté à établir une comparaison entre les données avant l'aménagement et après l'aménagement et les données des lacs contrôles. Puisque l'année d'aménagement pour chacun des lacs aménagés variait entre les années 1988 à 2000, une restructuration temporelle des données a été réalisée. Le modèle suppose une coupure à l'an 0 correspondant à l'année des aménagements (Figure 6).

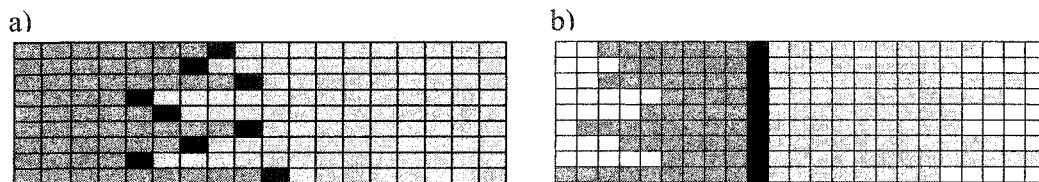


Figure 6 : Exemple de restructuration de la banque de données pour les lacs aménagés. Les rectangles noirs correspondent aux années des aménagements, les rectangles gris foncé aux années avant l'aménagement et les rectangles gris pâle aux années après l'aménagement. a) Échelle temporelle réelle; b) Échelle temporelle restructurée avec des années négatives avant l'aménagement et des années positives après l'aménagement.

Un profil moyen a été déterminé pour les lacs aménagés avant et après l'aménagement et pour les lacs contrôles pour chacun des quatre paramètres de pêche. Chacun des lacs aménagés ou contrôles est modélisé avec sa propre évolution temporelle, laquelle est exprimée comme une déviation aléatoire autour d'un profil d'évolution temporelle moyen pour l'ensemble des lacs de son groupe. Le profil moyen a été ajusté pour les lacs contrôles en considérant le nombre d'années depuis 1985. Le modèle statistique à coefficient aléatoire a été utilisé afin d'éviter l'effet de valeurs extrêmes dans le calcul de la tendance des variables de pêche. La dépendance dans les observations a été également prise en compte en ajustant une structure d'autocorrélation d'ordre 1 sur les résidus du modèle.

Une transformation logarithmique (\ln) a été appliquée pour la pression de pêche et pour la masse moyenne des captures, tandis qu'une transformation racine carrée ($\sqrt{\cdot}$) a été utilisée pour le succès et pour le rendement de pêche afin de satisfaire aux conditions d'application de l'analyse.

L'ensemble des pentes obtenues a été comparé à zéro pour suivre l'évolution dans le temps des quatre paramètres de pêche. Les pentes entre la période avant l'aménagement et après l'aménagement ont ensuite été comparées entre elles et à celles des lacs contrôles à l'aide d'un test d'égalité des pentes. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de Statistical Analysis System (SAS).

CHAPITRE III

RÉSULTATS

3.1 Données morphométriques des lacs

Les paramètres morphométriques des lacs de l'étude ne démontrent aucune différence significative entre les lacs aménagés et les lacs contrôles pour l'ensemble des variables (Tableau 3). Les lacs sélectionnés possèdent donc des profils comparables.

Tableau 3: Résultats du test-t pour la comparaison entre la moyenne et la déviation standard de toutes les variables morphométriques des lacs aménagés et des lacs contrôles de l'étude.

Variables	LACS AMÉNAGÉS		LACS CONTRÔLES		t	p
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ		
Surface du lac (ha)	30,4737	33,4969	32,3	21,7	0,20107	0,842
Périmètre (km)	2,77895	1,57218	3,04	1,18	-0,58395	0,5632
Ligne de développement de rivage DL	1,58874	0,25170	1,53273	0,31909	0,61023	0,5456
Profondeur maximum (m)	10,6842	6,1559	10,4789	4,2937	0,11921	0,9059
Profondeur moyenne (m)	4,67895	3,02078	5,9864	3,3712	-1,21991	0,2313
Profondeur moyenne secchi (m)	3,55	1,78	3,36579	1,19001	0,375298	0,71
Volume total (m ³)	1 579 437	2 977 028	1 635 741	1 343 434	-0,07278	0,9426
Volume 0-6m (m ³)	894 448	1 405 821	744 622	450 529	0,418458	0,6802

3.2 Données descriptives des bassins de drainage

Les paramètres descriptifs des bassins de drainage des lacs de l'étude ne diffèrent pas entre les lacs aménagés et les lacs contrôles, sauf en ce qui concerne la surface totale de dénudés secs qui est plus grande pour les lacs contrôles avec 0,02352 km² comparativement à 0,00052 km² pour les lacs aménagés (Tableau 4).

Cependant, la surface totale des dénudés secs pour les lacs contrôles ne représente qu'une petite proportion de la surface totale des bassins de drainage avec 0,0253 km² / 4,54 km².

Tableau 4: Résultats du test-t pour la comparaison entre la moyenne et la déviation standard de toutes les variables descriptives des bassins de drainage des lacs aménagés et des lacs contrôles de l'étude.

Variables	LACS AMÉNAGÉS		LACS CONTRÔLES		t	p
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ		
Surface du bassin de drainage (km ²)	3,029	2,612	4,54211	4,00586	-1,404	0,1697
Volume d'eau en mov. (m ³)	2,65E+09	2,28E+09	3,97E+09	3,50E+09	-1,40576	0,1692
Pente moyenne du bassin (%)	8,46899	2,38749	9,24418	2,92627	-0,90845	0,3697
Pente maximum du bassin (%)	45,8744	7,2260	47,8404	8,9948	-0,75429	0,4556
Surface totale des milieux humides (km ²)	0,028792	0,058247	0,07787	0,10733	-1,78662	0,0842
Surface totale des dénudés secs (km ²)	0,00052	0,00227	0,02352	0,04129	-2,48731	0,0223*
Surface de coupe avant 1980 (km ²)	0,7406	1,3276	1,22871	1,56399	-1,05253	0,2995
Surface de coupe après 1980 (km ²)	0,039903	0,125333	0,042214	0,078571	-0,0686	0,9458
Longueur totale des routes (km)	8,1628	10,9364	10,6627	12,8573	-0,65513	0,5165
Surface totale des routes (km ²)	0,03368	0,04393	0,041081	0,048433	-0,50027	0,6199
Nb de ponceaux	5,26316	7,25597	5,7	6,3337	-0,1999	0,8427

3.3 Données de pêche

3.3.1 Pression de pêche

Les résultats démontrent que la pression de pêche est stable avant les aménagements, après les aménagements et dans les lacs contrôles, entre 1985 et 2006 (Figures 7a et 7b, Tableau 5). Le test d'égalité des pentes démontre qu'elles ne sont pas significativement différentes (Tableau 6).

3.3.2 Succès de pêche

Les résultats démontrent qu'il n'y a pas de baisse significative du succès de pêche moyen dans le temps dans les lacs aménagés pour la période avant l'aménagement et dans les lacs contrôles (Figures 7c et 7d, Tableau 5), tandis que le succès de pêche moyen augmente significativement dans les lacs aménagés pour la période après l'aménagement (Figure 7c, Tableau 5).

La pente des lacs aménagés pour la période avant l'aménagement et celle des lacs contrôles ne sont pas différentes (Tableau 6). Le succès est stable dans les deux cas. Par contre, la pente de la droite pour la période après l'aménagement est significativement différente de celle des lacs contrôles (Tableau 6). Le succès est statistiquement à la hausse dans les lacs aménagés tandis qu'il est stable dans les lacs contrôles.

3.3.3 Masse moyenne des captures

Les résultats pour la masse moyenne des captures démontrent qu'il y a eu une augmentation significative du poids des captures pour la période avant aménagement. La masse moyenne des captures est demeurée constante dans les lacs aménagés pour la période après aménagement (Figure 7e, Tableau 5). Pour les lacs contrôles, il y a une augmentation significative de la masse moyenne des captures de 1985 à 2006 (Figure 7f, Tableau 5). Cependant, le test de comparaison des pentes est non significatif entre les deux groupes de lacs pour chaque période. (Tableau 6). Il n'y a donc pas de différence significative dans l'évolution de la masse moyenne des captures entre les lacs aménagés et les lacs contrôles.

3.3.4 Rendement de pêche

Le rendement de pêche moyen est stable entre les périodes, et ce, pour les deux groupes de lacs (Figures 7g et 7h, Tableau 5). L'évolution du rendement des lacs aménagés et des lacs contrôles est statistiquement similaire (Tableau 6).

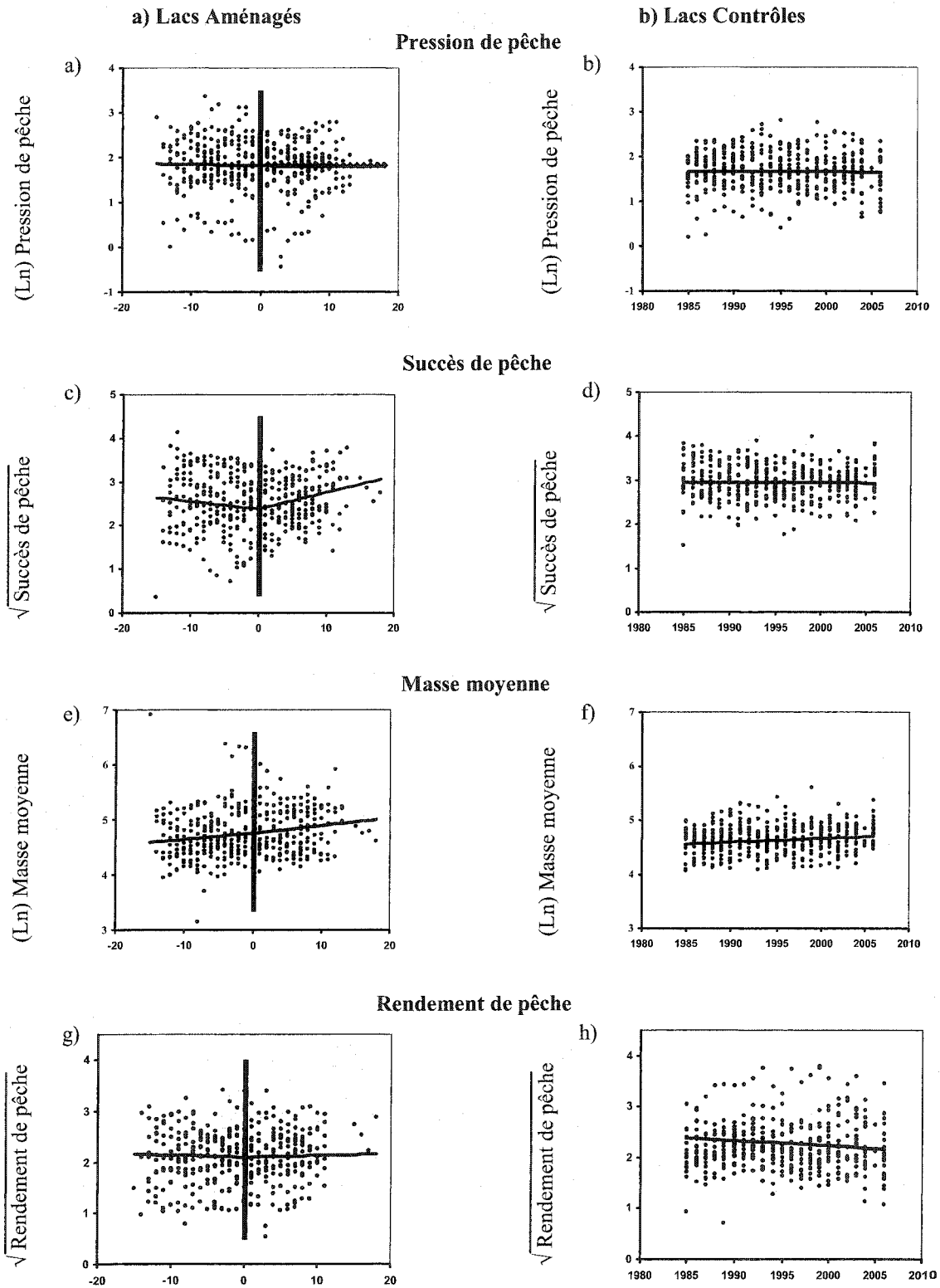


Figure 7: Régressions linéaires sur la variation de la pression de pêche dans le temps. Les figures de la colonne de gauche correspondent aux lacs aménagés et celles de la colonne de droite sont celles des lacs contrôles. Pression de pêche : a) et b), Succès de pêche : c) et d), Masse moyenne des captures : e) et f), Rendement de pêche : g) et h).

Note : La ligne verticale indique l'année de l'aménagement : la section à gauche correspond à la période avant l'aménagement et la section à droite correspond à la période après l'aménagement.

Tableau 5 : Résultats de la comparaison des pentes pour les quatre paramètres de pêche pour les lacs aménagés et pour les lacs contrôles

Variables de pêche	Hypothèses nulles	df	t	P
Pression de pêche	Pente avant l'aménagement = 0	18	-0,30	0,7683
	Pente après l'aménagement = 0	18	-0,10	0,9178
	Pente contrôle = 0	19	-0,99	0,3337
	Pente avant l'aménagement = Pente après l'aménagement	18	0,15	0,8843
Succès de pêche	Pente avant l'aménagement = 0	18	-1,93	0,0699
	Pente après l'aménagement = 0	18	3,43	0,0030*
	Pente contrôle = 0	19	-0,24	0,8094
	Pente avant l'aménagement = Pente après l'aménagement	18	3,40	0,0032*
Masse moyenne des captures	Pente avant l'aménagement = 0	18	2,18	0,0427*
	Pente après l'aménagement = 0	18	1,58	0,1310
	Pente contrôle = 0	19	2,75	0,0129*
	Pente avant l'aménagement = Pente après l'aménagement	18	0,23	0,8220
Rendement de pêche	Pente avant l'aménagement = 0	18	0,49	0,8270
	Pente après l'aménagement = 0	18	0,11	0,9131
	Pente contrôle = 0	19	-0,29	0,7721
	Pente avant l'aménagement = Pente après l'aménagement	18	-0,26	0,7983

Tableau 6 : Résultats du test d'égalité des pentes pour les quatre paramètres de pêche pour les périodes avant et après l'aménagement avec les lacs contrôles sur l'effet des aménagements dans l'habitat de l'omble de fontaine.

Variables de pêche	Hypothèses nulles	df	z	P
Pression de pêche	Avant l'aménagement = Contrôle	38	0,0891	0,9289
	Après l'aménagement = Contrôle	38	0,3293	0,7419
Succès de pêche	Avant l'aménagement = Contrôle	38	1,627	0,1036
	Après l'aménagement = Contrôle	38	3,27	<0,001*
Masse moyenne des captures	Avant l'aménagement = Contrôle	38	0,6334	0,5264
	Après l'aménagement = Contrôle	38	0,6802	0,4964
Rendement de pêche	Avant l'aménagement = Contrôle	38	0,5649	0,5721
	Après l'aménagement = Contrôle	38	1,2796	0,2006

CHAPITRE IV

DISCUSSION

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer les effets des aménagements réalisés dans l'habitat de l'omble de fontaine de 19 lacs de la réserve faunique des Laurentides à partir des statistiques de pêche sportive. Les résultats de l'étude démontrent qu'entre 1985 et 2006, la qualité de la pêche était stable dans les lacs contrôles. Les aménagements fauniques ont été bénéfiques pour la qualité de la pêche, les analyses démontrant une augmentation significative du succès de pêche pour la période après aménagement. L'ensemble des lacs de l'étude est situé sur le même territoire. Les paramètres morphométriques et les variables descriptives des lacs et des bassins de drainage sont comparables entre les deux groupes et ils ont tous les deux subi les mêmes perturbations anthropiques au fil des ans.

4.1 Données de pêche

Les résultats démontrent que la pression de pêche moyenne pour l'ensemble des lacs est demeurée stable lors de la période de l'étude, de 1985 à 2006, entre les lacs aménagés et les lacs contrôles. Les données utilisées pour cette étude proviennent d'une banque de données d'exploitation de pêche sportive. Les lacs avaient tous été sélectionnés en fonction d'un taux d'exploitation à plus de 50 % de leur quota annuel. Selon Ricker (1980), pour mesurer l'effort de pêche, la pêche devrait être idéalement pratiquée avec un seul type d'engin et toucher une seule espèce de poisson. Les lacs sélectionnés pour l'étude possèdent tous des populations d'ombles de fontaine en

allopatric. Il était donc possible d'y pêcher que cette espèce. La durée de la pêche sportive, l'accessibilité et la distance à parcourir peuvent exercer une influence sur le taux d'exploitation d'un lac (Lewin et al., 2006). L'exploitation des lacs de l'étude sont sous la gestion de la SÉPAQ. Chaque lac de la réserve est pêché en fonction d'un quota maximal et chaque pêcheur se voit attribuer un lac par journée de pêche. De ce fait, la période d'ouverture, l'accessibilité et la distance à parcourir n'ont pas influencé le taux d'exploitation des lacs de l'étude.

La pression de pêche moyenne des lacs de cette étude est demeurée stable entre 1985 et 2006. Le succès de pêche pour les lacs aménagés avant les interventions et pour les lacs contrôles, est aussi stable. Par contre, le succès de pêche est significativement à la hausse pour la période après l'aménagement. Le succès correspond à un indice d'abondance de l'omble de fontaine dans le milieu et il est influencé par la pression de pêche (Moring, 1993). Une augmentation de la pression de pêche peut entraîner un plus grand nombre de captures par pêcheur. Le nombre de captures a augmenté, mais les résultats démontrent aussi que l'effort de pêche pour la période avant l'aménagement est comparable à celle de la période après l'aménagement. L'augmentation du nombre de captures par pêcheur ne peut donc être attribuable à un effort de pêche plus grand, car la pression de pêche n'est pas différente entre la période avant et après l'aménagement.

La masse moyenne des captures pour les lacs aménagés avant les interventions et celle des lacs contrôles a significativement augmenté. Il a été démontré qu'une diminution de l'abondance des individus d'une même espèce dans un milieu amène une

moins grande compétition alimentaire (Hile, 1939). Cependant, les résultats ne démontrent pas de diminution significative de la population dans les lacs aménagés et dans les lacs contrôles. Par contre, pour les lacs aménagés, les résultats démontrent une forte tendance à la baisse avant les interventions. En ce qui concerne les lacs contrôles, l'augmentation significative de la masse moyenne pourrait s'expliquer par la popularité croissante de la remise à l'eau des spécimens jugés trop petits par les pêcheurs. Pour les lacs aménagés, la masse moyenne des captures s'est stabilisée après les interventions. Un meilleur recrutement à la suite des interventions pourrait être responsable de cette observation.

La masse moyenne des captures et le nombre de captures (succès) influencent le rendement de pêche d'un lac. Plus la masse moyenne des poissons capturés et/ou plus le nombre de poissons capturés est élevé, plus le rendement d'un lac augmente. Dans cette étude, le rendement de pêche moyen est stable pour la période avant, après l'aménagement et pour les lacs contrôles. Généralement, l'augmentation du nombre de captures par pêcheur fait augmenter le poids total de la récolte des lacs, ce qui influence le rendement de pêche moyen, qui s'exprime en termes de masse de poissons capturés par superficie de plan d'eau. Cependant, pour les lacs de cette étude, la méthode de gestion de la pêche pourrait expliquer la stabilité du rendement dans les lacs aménagés et contrôles. Dans la réserve faunique des Laurentides, le quota, pour un lac est déterminé, à sa première année d'exploitation, à partir d'un rendement théorique de 2 kg/ha. Ce quota est ensuite divisé par 100 g dans le but de déterminer le quota en nombre de captures maximales. Cette valeur de 100 g correspond au poids moyen des captures du territoire de la réserve faunique. Au fil des années, le quota en kg/ha est ajusté en

fonction des résultats de la pêche pour atteindre un plateau. L'un et l'autre de ces quotas sont ajustés année après année en fonction de la variation du poids réel des captures. Ces deux quotas sont donc toujours interreliés. Pour le gestionnaire de la pêche, la fermeture des lacs se fait lorsque l'un ou l'autre de ces quotas est atteint. Comme tous les lacs de cette étude sont sous ce mode de gestion, le rendement en kg/ hectare d'un lac ne peut donc pas dépasser le quota qui lui a été établi par les gestionnaires. Cela explique donc que le rendement demeure stable.

4.2 Perturbations anthropiques

La coupe forestière est reconnue pour avoir entraîné de nombreuses modifications dans les habitats aquatiques (Roni et al., 2008; Thompson, 2002). Dans la réserve faunique, l'ouverture du territoire par les compagnies forestières a permis l'accès à de nombreux lacs de pêche. Cependant, les ponts et les ponceaux traversant les cours d'eau sont apparus avec les coupes forestières et en grand nombre dans certains secteurs. La dégradation des zones de fraie ou leur inaccessibilité peut limiter le recrutement juvénile d'un milieu (Curry et Noakes, 1995). Lachance et al. (2008) ont démontré que la qualité des habitats était moindre en aval d'un ponceau pour l'incubation de l'omble de fontaine et pour l'élevage, à la suite de l'apport des sédiments accumulés provenant essentiellement du sable de construction ou de l'érosion routière des chemins forestiers. L'omble de fontaine affectionne les fonds de gravier ou de gravier et de sable comme substrat pour se reproduire (Webster et Eiriksdottir, 1976). Lachance et al. (2008) ont aussi démontré que les dépôts annuels de fins sédiments dans

la zone en aval des ponceaux peuvent s'étendre jusqu'à 358 m de la structure. Les ponts et ponceaux ne font pas qu'augmenter l'apport de sédiments fins dans le milieu. Avec le temps, les structures se dégradent et peuvent obstruer le passage des poissons dans les cours d'eau. Ils provoquent ainsi une diminution dans le recrutement de nouveaux individus (Poplar-Jeffers et al., 2006).

Cette étude indique que le succès de pêche tendait à diminuer dans les lacs aménagés avant que les aménagements ne soient pratiqués. Les bassins versants de ces lacs ont subi des perturbations diminuant la qualité des habitats de reproduction. On retrouve en moyenne cinq ponceaux par bassin de drainage pour l'ensemble des lacs de cette étude. L'apport de sédiments fins en provenance des routes au niveau de ces ponceaux dégrade les habitats de reproduction de l'omble de fontaine et apporte des problèmes de recrutement en juvéniles dans le milieu (Lachance et al., 2009). De plus, plusieurs ponceaux en bois se sont affaissés avec le temps sur le territoire de la réserve, bloquant ainsi l'accès aux habitats situés en amont. Ils auraient pu causer, à plus long terme, une diminution significative du succès de pêche. L'obstruction du passage pour les poissons dans les cours d'eau peut aussi causer la diminution du recrutement de nouveaux individus dans un milieu.

4.3 Perturbations naturelles

Certains événements naturels viennent changer le profil d'écoulement d'un cours d'eau; la construction de barrages et de digues par les castors en est un (Roni et al., 2008). À la suite d'une période de surexploitation intensive dans les années 1900, les castors sont de nouveau abondants en Amérique du Nord (Rosell et al., 2005). Les castors sont reconnus comme étant des ingénieurs d'écosystèmes en raison de leur capacité à changer, maintenir ou créer des habitats pour eux et pour d'autres espèces (Gurney et Lawton, 1996; Jones et al., 1994). Le castor affecte la structure et la dynamique des écosystèmes des cours d'eau en transférant de la matière organique terrestre dans le milieu aquatique lorsqu'il construit les digues (Naiman et Melillo, 1984). L'effet des digues de castor sur l'écoulement des ruisseaux varie selon l'endroit où elles se situent dans le bassin de drainage. Dans les vallées étroites des hautes terres, les étangs de castor sont généralement petits alors que dans une plaine d'inondation, même une digue basse peut inonder une surface relativement grande de la région. Les effets les plus évidents à la suite de l'installation d'une digue sont la rétention de sédiments, de matières organiques et d'eau, et une augmentation de la surface inondée (Naiman et al., 1988). Une étude réalisée par Naiman et al. (1986) sur des petits cours d'eau de second ordre, dans la région de Sept-Îles, a démontré une densité moyenne de 10,6 digues/km de cours d'eau. Ces digues pouvaient retenir jusqu'à 6 500 m³ de sédiments et la surface de la région inondée pouvait augmenter jusqu'à des centaines de mètres en amont de la digue.

Les phénomènes naturels comme les chablis provoqués par les forts vents peuvent empêcher la circulation du poisson. Les pluies ou les crues torrentielles peuvent aussi avoir un impact sur le milieu. La moyenne des précipitations totales annuelles entre 1970 et 1990, pour la station météorologique de la forêt Montmorency sur le territoire de la réserve faunique, est de 9,5 mètres (MDDEP, 2000). Lorsqu'il y a augmentation du débit dans les cours d'eau, il peut y avoir érosion des berges et transport de substrat fin lequel amène un nouveau profil d'écoulement du cours d'eau et vient modifier l'emplacement des sites de fraie ou les détruire.

Des aménagements ont été réalisés dans la réserve faunique à la suite du démantèlement de digues de castor. Encore une fois, la tendance à la baisse du succès pourrait être reliée, pour ces lacs, à un problème de recrutement dans le milieu causé par la dégradation des habitats de reproduction ou par l'inaccessibilité de ces sites à la suite de l'installation de colonies de castors. Par contre elle pourrait aussi être reliée, pour d'autres lacs, à l'incapacité des ombles de fontaine à se déplacer dans leur environnement en raison des chablis ou encore de la disparition ou de la dégradation des habitats de reproduction causée par les crues torrentielles.

4.4 Aménagements

La constatation de la diminution des populations avant aménagement n'a pas été souvent démontrée dans les études inventoriées dans la littérature, car leur période d'échantillonnage était souvent trop courte (Gowan et Fausch, 1996). Les études se

basaient souvent sur une ou deux années de données disponibles pour comparer les périodes avant et après l'aménagement (Gowan et Fausch, 1996; Van Zyll de Jong et al., 1997; Warren et Kraft, 2003). Une étude synthèse réalisée par Hunt (1988) propose, qu'en raison de la grande variabilité interannuelle dans l'abondance chez les salmonidés juvéniles et adultes, une période de 10 années ou plus de suivi devrait être utilisée pour détecter une réponse des aménagements sur les populations. Korman et Higgins (1997) ont démontré avec une comparaison avant/après (BACI) qu'il y avait moins de 50% de probabilité de détecter une réaction de la population, à moins qu'elle ait doublée, ou que la période de surveillance après traitement ait été de plus de 10 ans. Avec ce projet, aucune diminution significative du succès et du rendement de pêche n'a été démontré entre 1985 et 2006 pour les lacs contrôles. Cependant, pour les lacs aménagés, la période de 10 années de données de pêche après aménagement a permis de démontrer une augmentation significative du succès de pêche.

La tendance à la baisse du succès de pêche moyen dans les lacs avant l'aménagement peut démontrer une diminution du nombre d'ombles de fontaine dans le milieu qui pourrait être reliée à un problème de recrutement. Cette tendance aurait conduit à l'augmentation de la masse moyenne des captures dans les lacs aménagés avant les interventions. De plus, la masse moyenne des captures pour les lacs aménagés après aménagement s'est stabilisé. Les interventions dans l'habitat pourrait avoir conduit à une augmentation du nombre d'individu dans le milieu apportant une compétition alimentaire, visible sur les données par la stabilisation de la masse moyenne des captures dans les aménagés après les interventions. Par contre, pour les lacs

contrôles, l'augmentation de la masse moyenne des captures pourrait être reliée au fait que les pêcheurs sélectionnent les spécimens de plus grande taille.

La qualité de la pêche en lac pour un pêcheur est basée généralement sur le nombre (succès) et la masse moyenne des captures (Englin et Lambert, 1995; Englin et al., 1997). Les résultats montrent que le succès de pêche est stable pour les lacs aménagés avant les interventions et pour les lacs contrôles. Par contre, à la suite des interventions, les résultats démontrent que le succès de pêche est significativement à la hausse après les aménagements. La qualité de la pêche s'est donc améliorée sur ces lacs. La hausse significative du succès de pêche sur les lacs aménagés ne peut pas s'expliquer par des différences entre les profils descriptifs des lacs. L'augmentation du succès de pêche pourrait s'expliquer par le dépôt des boîtes d'œufs fécondés pour conditionner les frayères aménagées. Cependant, comme le dépôt de ces boîtes avait lieu pendant une période variant entre un et cinq ans et que les résultats démontrent une hausse au-delà de ces cinq années, celle-ci serait plutôt attribuable à l'effet des interventions dans le milieu. L'augmentation de la densité de poissons à la suite d'aménagements en cours d'eau a déjà été démontrée par de nombreuses études (Burgess et Bider, 1980; Gowan et Fausch, 1996; Rosi-Marshall et al., 2006; Van Zyll de Jong et al., 1997). Elle peut provenir soit d'un meilleur taux d'éclosion et de survie des alevins des sites de reproduction dans le milieu, soit de la migration de nouveaux individus.

4.4.1 Aménagement de frayères

La vitesse d'écoulement de l'eau est influencée par la pente du bassin de drainage dans lequel elle coule (Wheaton et al., 2004), mais elle est aussi influencée par le profil du cours d'eau. Les déflecteurs servent à augmenter la vitesse de l'eau dans un endroit précis en diminuant la largeur du chenal d'écoulement. Ils assurent le maintien d'un substrat adéquat pour la fraie en le nettoyant des plus fines particules (Champoux et al., 2003). Le taux de survie des œufs est influencé par l'écoulement constant de l'eau qui assure leurs oxygénation dans les interstices du gravier et aussi par le type de substrat dans lequel ils ont été déposés (Witzel et MacCrimmon, 1980). Shettler et al. (1949), ont démontré que la réalisation de déflecteurs dans des sections de cours d'eau entraîne une augmentation du nombre de fosses, une augmentation de la profondeur des fosses, et une augmentation de la surface de gravier disponible en déplaçant le sable et le limon, ce qui amenait à l'amélioration de la pêche à la truite de ruisseau. Champoux et al. (2003) en sont arrivés avec les mêmes résultats en plus de le caractériser comme étant un des aménagements les plus utilisés.

Merz et al. (2004) ont démontré que l'aménagement de sites de reproduction avait augmenté la survie et la croissance des embryons chez le saumon quinnat (*Oncorhynchus spp.*) dans la rivière Mokelumne en Californie. Cependant, contrairement aux résultats de cette étude, celle réalisée par Avery (1996) pour évaluer l'installation de trappes à sédiments et le dépôt de gravier pour augmenter le potentiel reproducteur de la truite brune (*Salmo trutta*) et l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) dans trois cours d'eau de l'État du Wisconsin n'a pas démontré que ces

interventions résolvait le problème de recrutement. L'étude réalisée par Kondolf et al. (1996), n'a pas non plus été en mesure de démontrer un effet positif sur la population de saumon chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) à la suite d'aménagements de frayères. Cependant, la nécessité de ces aménagements était contestable selon les auteurs, et ils recommandent de procéder à une planification préliminaire en tenant compte du contexte géomorphologique du cours d'eau avant de procéder à des aménagements de frayères. Plusieurs études affirment que l'efficacité des structures est influencée par les caractéristiques du bassin de drainage (Champoux et al., 2003; Kondolf, 2000; Moerke et Lamberti, 2003). L'étude de Wheaton et al. (2004) propose de procéder en période de préaménagement à des études sur la géomorphologie et l'hydrologie afin de bien déterminer le profil hydrologique pour simuler des aménagements et ainsi identifier la réaction des cours d'eau visés (Kondolf, 2000; Wheaton et al., 2004). La création de ce modèle permettrait de valider la durabilité des structures en fonction des paramètres du milieu. Néanmoins, les aménagements des lacs de la présente étude ont toujours été réalisés dans des buts précis, en réponse à des problématiques réelles.

Le substrat joue un rôle important sur le taux de survie des œufs (Chapman, 1988). Durant la période d'incubation, un faible apport en oxygène dissous causé par une accumulation de fins sédiments dans les nids provoque la mortalité des embryons (Witzel et MacCrimmon, 1980). La survie jusqu'à l'émergence des alevins est favorisée par l'augmentation de la taille du gravier. Les conditions de stress causées par l'anoxie et la compression induite par le confinement dans l'espace interstitiel moins grand dans le gravier de petite taille empêchent les alevins de se déplacer dans le substrat et d'émerger. Ce n'est que le gravier grossier qui procure de larges espaces

pour ces déplacements (Witzel et MacCrimmon, 1980). Les dépôts de nouveau gravier dans les cours d'eau ont été réalisés sur 16 des 19 lacs aménagés. Le gravier utilisé pour les aménagements était un gravier de pierres rondes, permettant à l'eau de percoler entre les interstices des pierres et procurant un bon apport en oxygène aux œufs. De plus, le fait que le substrat soit rond et non concassé l'empêche de se compacter et favorise ainsi l'émergence des alevins au printemps.

Les travaux pour les aménagements de frayères de cette étude consistaient d'abord à modifier l'écoulement de l'eau par l'installation de déflecteurs dans le milieu pour favoriser le nettoyage du substrat de reproduction. Ils pouvaient, par la suite consister en l'ajout de substrat propice à la reproduction. L'augmentation du succès de pêche pourrait donc s'expliquer en partie, par un meilleur recrutement dû à l'augmentation du taux de survie des œufs et des alevins à l'émergence du substrat, celui-ci étant de meilleure qualité suite aux interventions dans l'habitat.

4.4.2 Libre circulation du poisson

L'écoulement de l'eau implique aussi le libre accès aux habitats, car il permet non seulement l'accès à de nouveaux habitats favorables pour la reproduction et pour le développement des jeunes stades, mais il permet aussi la migration de nouveaux ombles de fontaine adultes dans le milieu. Poplar-Jeffers et al. (2006) ont démontré que 97 % des ponceaux de leur étude étaient classifiés comme un obstacle ou une barrière à la dispersion des ombles de fontaine. Ils suggèrent que pour les petits cours d'eau, la pente

supérieure à plus de 3 à 5% des ponceaux pourrait expliquer le fait qu'ils soient infranchissables. Une étude réalisée par Gowan et Faush (1996) a démontré qu'à la suite de l'introduction de 10 seuils avec déversoirs dans six petits cours d'eau, il y a eu une augmentation significative de l'abondance et de la biomasse des poissons adultes. La migration aurait été responsable en grande partie de cette augmentation.

Pour cette étude, les travaux visant à nettoyer le lit des cours d'eau des embâcles naturels et des ponceaux affaîssés, de même que l'installation de passes migratoires et de seuils, auraient permis l'apport de nouveaux individus dans les lacs. Donc, malgré l'accessibilité à de nouveaux habitats, il est aussi possible d'expliquer l'augmentation du succès de pêche par une augmentation de la migration de nouveaux individus dans les lacs de cette étude.

Ce projet a consisté à analyser les aménagements de façon générale et non à connaître l'efficacité de chacune des structures utilisées pour aménager les cours d'eau. Pour cette raison, il n'a donc pas été possible de séparer les effets des aménagements de frayères de ceux pour la libre circulation. Néanmoins, il se peut que l'augmentation du succès de pêche pour les lacs aménagés soient associées à une augmentation du recrutement de juvéniles dans le milieu à la suite des dépôts de gravier, combinée au nettoyage des cours d'eau et à l'installation de déflecteurs.

CHAPITRE V

CONCLUSION

Les résultats de la présente étude démontrent une stabilité dans la qualité de la pêche pour les lacs contrôles, entre les années 1985 et 2006, et pour les lacs aménagés en ce qui concerne la période avant l'aménagement. Par contre, pour les lacs aménagés, les résultats démontrent une augmentation significative du succès de pêche en ce qui concerne la période après l'aménagement.

Les aménagements associés à cette étude avaient pour objectif de créer ou de restaurer des sites de fraie, de permettre une libre circulation du poisson vers des habitats devenus inaccessibles ou de combiner les deux méthodes. L'ensemble des lacs de l'étude est situé sur le même territoire. Les paramètres morphométriques et les variables descriptives des lacs et des bassins de drainage sont comparables entre les deux groupes et ils ont tous les deux subi les mêmes perturbations anthropiques au fil des ans. Les lacs de cette étude étaient donc comparables en tous points.

L'augmentation du succès de pêche est statistiquement significative après l'aménagement. Cependant, cette étude ne peut démontrer hors de tout doute l'origine de cette accroissement du nombre de captures à partir des données utilisées. L'augmentation pourrait être aussi reliée à un meilleur taux de survie des œufs dans le substrat des sites aménagés, ou à un plus haut taux de survie des alevins à l'émergence, comme elle pourrait être reliée à une redistribution/concentration des poissons dans les habitats restaurés et aménagés.

La dégradation des habitats par l'activité humaine et les perturbations naturelles, combinée au maintien de la pression de pêche, ont amené les responsables de l'exploitation de la pêche de la réserve faunique des Laurentides à vouloir améliorer ou préserver la qualité des habitats de l'omble de fontaine pour maintenir l'offre de pêche. Notre étude concerne l'utilisation de 21 années consécutives de données d'exploitation de pêche sportive pour évaluer l'efficacité de ces travaux de restauration et d'aménagement de l'habitat de l'omble de fontaine sur la qualité de la pêche. La disponibilité de cette banque de données est donc une richesse qu'il a été possible d'utiliser.

Les résultats de cette étude pourraient ouvrir la voie à d'autres projets sur la réponse biologique des aménagements. Il pourrait être intéressant d'évaluer l'efficacité des aménagements, mais en séparant les différents types, soit ceux concernant seulement les frayères et ceux pour la libre circulation du poisson. Il pourrait aussi y avoir une suite en ce qui concerne la taille des aménagements de frayère aménagée. Les dépôts de gravier sont planifiés selon la zone où l'écoulement de l'eau est jugé adéquat. Cependant, il serait très pertinent de connaître les superficies réellement utilisées par les géniteurs comparativement aux surfaces totales aménagées.

Les retombées économiques qui découlent de la pêche sportive ne sont pas négligeables au Québec. Pour faire suite à ces résultats positifs, il serait intéressant que les aménagements dans l'habitat de l'omble de fontaine se poursuivent et puissent être envisagés dans d'autres secteurs de pêche afin de maintenir ou d'améliorer la qualité de la pêche.

RÉFÉRENCES

- Adams, J.N. et R.L. Beschta, 1980. Gravel bed composition in Oregon coastal streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37:1514-1521.
- Avery, E.L., 1996. Evaluation of sediment traps and artificial gravel riffles constructed to improved reproduction of trout in three Wisconsin streams. *North American Journal of Fisheries Management*. 16:282-293.
- Bernatchez, L., Giroux M., 2000. Guide des poissons d'eau douce du Québec et leur distribution dans l'Est du Canada:304.
- Bérubé, P. et F. Lévesque, 1998. Effects of forestry clear-cutting on numbers and sizes of brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), in lakes of the Mastigouche wildlife Reserve, Québec, Canada. *Fisheries Management and Ecology*. 5:123-135.
- Boivin, J., P. Dulude, G. Fournier et M. Savard 1998. Suivi des aménagements et des restaurations d'habitats de l'omble de fontaine dans la région de Québec. *In Séminaire de la Fondation de la faune du Québec*, Québec.
- Burgess, S.A. et J.R. Bider, 1980. Effects of stream habitat improvements on invertebrates, trout populations, and mink activity. *Journal of Wild Life Management*. 44:871-880.
- Cantin, M. 2000. Situation de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) dans la région de la Capitale-Nationale Ed. D.d.l.a.d.l.f.d.l.C.-N. Société de la faune et des parcs du Québec.
- Carlisle, R.F., 1980. Features of succesful spawning site development for brook trout in Wisconsin ponds. *Transactions of the American Fisheries Society*. 109:453 - 1980.
- Champoux, O., P. Biron et A. Roy, 2003. The long-term effectiveness of fish habitat restoration practices: Lawrence creek, Wisconsin. *Annals of the Association of American Geographers*. 93:42-54.
- Chapman, D.W., 1988. Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids. *Transactions of the American Fisheries Society*. 117:1-21.

- Curry, R.A. et W.S. MacNeill, 2004. Population-level responses to sediment during early life in brook trout. *Journal of the North American Benthological Society*. 23:140 - 150.
- Curry, R.A. et D.L.G. Noakes, 1995. Groundwater and the selection of spawning sites by brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 52:1733-1741.
- Englin, J. et D. Lambert, 1995. Measuring angling quality in count data models of recreational fishing: a non-nested test of three approaches. *Environmental and Resource Economics*. 6:389-399.
- Englin, J., D. Lambert et W. Douglass Shaw, 1997. A structural equations approach to modelling consumptive recreation demand. *Journal of Environmental Economics and Management*. 33:33-43.
- FFQ 1996. Habitat du poisson: Guide de planification, de réalisation et d'évaluation d'aménagements. 133 p.
- Gard, R., 1961. Creation of trout habitat by constructing small dams. *Journal of Wild Life Management*. 52:384-390.
- Gowan, C. et K.D. Fausch, 1996. Long-term demographic responses of trout populations to habitat manipulation in six Colorado streams. *Ecological Applications*. 6:931-946.
- Gunn, J.M., 1986. Behaviour and ecology of salmonid fishes exposed to episodic pH depressions. *Environmental Biology of Fishes*. 17:241 - 252.
- Gurney, W.S.C. et J.H. Lawton, 1996. The population dynamics of ecosystem engineers. *Oikos*. 76:273-283.
- Hausle, D.A. et D.W. Coble, 1976. Influence of sand in redds on survival and emergence of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Transactions of the American Fisheries Society*. 1:57-63.
- Hile, R., 1939. Age and growth of the cisco, *Leucichthys artedi* (Le Sueur), in the lakes of the northeastern highlands, Wisconsin. U.S. Bureau of Fisheries, Bulletin. vol. 48 (1940):211-317.
- Houde, L. 1986. Méthodologie du chaulage comme technique de récupération des lacs acides. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale des Trois-Rivières, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune Trois-Rivières.

- House, R.A. et P.L. Boehne, 1985. Evaluation of instream enhancement structures for salmonid spawning and rearing in a coastal Oregon stream. *North American Journal of Fisheries Management*. 5:283-295.
- Hunt, L.R., 1988. A compendium of 45 trout stream habitat, development evaluations in Wisconsin during 1953-1985. Technical bulletin, Department of natural resources:19.
- Jones, C.G., J.H. Lawton et M. Shachak, 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*. 69:373-386.
- Kondolf, G.M., 2000. Some suggested guidelines for geomorphic aspects of anadromous salmonid habitat restoration proposals. *Restoration Ecology*. 8:48-56.
- Kondolf, G.M., J.C. Vick et T.M. Ramirez, 1996. Salmon Spawning Habitat Rehabilitation on the Merced River, California: An Evaluation of Project Planning and Performance. *Transactions of the American Fisheries Society*. 125:899-912.
- Korman, J., P.S. Higgins, 1997. Utility of escapement time series data for monitoring the response of salmon populations to habitat alteration. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*. 54:2058-2067.
- Laberge, C., D. Cluis et G.-M. Saulnier, 1994. Analyses directionnelles multivariées de la qualité des précipitations sur la région de Québec. *Revue des sciences de l'eau*. 7:269-284.
- Lachance, S., M. Dubé, R. Dostie et P. Bérubé, 2008. Temporal and spatial quantification of fine-sediment accumulation downstream of culvert in brook trout habitat. *Transactions of the American Fisheries Society*. 137:1826-1838.
- Langler, G.J. et C. Smith, 2001. Effects of habitat enhancement on 0-group fishes in a lowland river. *Regulated Rivers Research & Management*. 17:677-686.
- Lehane, B.M., P.S. Giller, J. O'Halloran, C. Smith et J. Murphy, 2002. Experimental provision of large woody debris in streams as a trout management technique. *Aquatic Conservation*. 12:289-311.
- Lewin, W.C., R. Arlinghaus et T. Mehner, 2006. Documented and potential biological impacts of recreational fishing: insight for management and conservation. *Fisheries Sciences*. 14:305-367.
- Magnan, P., 1988. Interactions between brook charr, *Salvelinus fontinalis*, and nonsalmonid species: ecological shift, morphological shift, and their impact on zooplankton communities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 45:999-1009.

- MDDEP 2000. Statistiques annuelles et mensuelles, Ed. D.d.E.e. Parc, Québec.
- Merz, J.E., J.D. Setka, G.B. Pasternack et J.M. Wheaton, 2004. Predicting benefits of spawning-habitat rehabilitation to salmonid (*Oncorhynchus* spp.) fry production in a regulated California river. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 61:1433-1446.
- Moerke, A. et G.A. Lamberti, 2003. Responses in fish community structure to restoration of two streams. *North American Journal of Fisheries Management*. 23:748-759.
- Moerke, A. et G.A. Lamberti, 2004. Restoring stream ecosystems: Lessons from a Midwestern State. *Restoration Ecology*. 12:327-334.
- [Web] MRNF 2004. La faune et la nature en chiffres.
- Naiman, R.J., C.A. Johnston et J.C. Kelley, 1988. Alteration of North American streams by beaver. *Biosciences*. 38:753-762.
- Naiman, R.J. et J.M. Melillo, 1984. Nitrogen budget of a subarctic stream altered by beaver (*Castor canadensis*). *Oecologia*. 62:150-155.
- Naiman, R.J., J.M. Melillo et J.E. Hobbie, 1986. Ecosystem alteration of boreal forest streams by beaver (*Castor canadensis*). *Ecology*. 67:1254-1269.
- Petty, J.T. et D. Thorne, 2005. An ecologically based approach to identifying restoration priorities in an acid-impacted watershed. *Restoration Ecology*. 13:348-357.
- Poplar-Jeffers, I.O., J.T. Petty, J.T. Anderson, S.J. Kite, M.P. Strager et R.H. Fortney, 2006. Culvert replacement and stream habitat restoration: implications from brook trout management in an Appalachians Watershed, U.S.A. *Restoration Ecology*
- Pretty, J.L., S.S.C. Harrison, D.J. Shepherd, C. Smith, A.G. Hildrew et R.D. Hey, 2003. River rehabilitation and fish populations: assessing the benefit of instream structures. *Journal of Applied Ecology*. 40:251-265.
- Ricker, W.E. 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. *In* Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada. 409 p.
- Riley, S.C. et K.D. Fausch, 1995. Trout population response to habitat enhancement in six northern Colorado streams. *Canadian Journal of Aquatic Sciences*. 52:34-53.
- Roni, P., T.J. Beechie, R.E. Bilby, F.E. Leonetti, M.M. Pollock et G.R. Pess, 2002. A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for

- prioritizing restoration in pacific northwest watersheds. *North American Journal of Fisheries Management*. 22:1-20.
- Roni, P., K. Hanson et T. Beechie, 2008. Global review of the physical and biological effectiveness of stream habitat rehabilitation techniques. *North American Journal of Fisheries Management*. 28:856-890.
- Roni, P., K. Hanson, T. Beechie, G. Pess, M. Pollock et B. Devin 2005. Habitat rehabilitation for inland fisheries: Global review of effectiveness and guidance for rehabilitation of freshwater ecosystems. FAO Fisheries technical paper, Rome, p. 116.
- Rosell, F., O. Bozser, P. Collen et H. Parker, 2005. Ecological impact of beaver *Castor fiber* and *Castor Canadensis* and their ability to modify ecosystems. *Mammal Society, Mammal review*. 35:248-276.
- Rosi-Marshall, E.J., A.H. Moerke et G.A. Lamberti, 2006. Ecological responses to trout habitat rehabilitation in a Northern Michigan stream. *Environmental Management*. 38:99-107.
- Scott, W.B. et E.J. Crossman, 1974. *Poissons d'eau douce du Canada*.
- Shetter, D.S., O.H. Clark et A.S. Hazzard, 1949. The effects of deflectors in a section of a Michigan trout stream. *Transactions of the American Fisheries Society*. 76:248-278.
- Tarzwel, C.M., 1937. Experimental evidence on the value of trout stream improvement in Michigan. *Transactions of the American Fisheries Society*. 66:177-187.
- Thompson, M.D., 2002. Long-term effect of instream habitat-improvement structures on channel morphology along the blackedge and salmon rivers, Connecticut, USA. *Environmental Management* 29:250-265.
- Van Zyll de Jong, M.C., I.G. Cowx et D.A. Scruton, 1997. An evaluation of instream habitat restoration techniques on salmonid populations in a Newfoundland stream. *Regulated Rivers Research & Management*. 13:603-614.
- Warren, D.R. et C.E. Kraft, 2003. Brook trout (*Salvelinu fontinalis*) response to wood removal from high-gradient streams of the Adirondack Mountains (N.Y, U.S.A.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 60:379-389.
- Webster, D.A. et G. Eiriksdottir, 1976. Upwelling water as a factor influencing choice of spawning sites by brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Transactions of the American Fisheries Society*. 105:416-421.
- Wetzel, R., G. 1983. *Limnology*, second edition. Saunders College Publishing. 767 p.

- Wheaton, J.M., G.B. Pasternack et J.E. Merz, 2004. Spawning habitat rehabilitation - Conceptual approach and methods. *International Journal of River Basin Management*. 2:3-20.
- White, R.J., 1996. Growth and development of north american stream habitat management for fish. *Canadian Journal of Aquatic Sciences*. 53 (suppl. 1):342-363.
- White, R.J. 2002. Restoring streams for salmonids: where have we been? Where are we going? *In* In M. Ogrady, ed. Proceeding of the 13th international salmonid habitat *enhancement* Workshop, County Mayo, Ireland, pp. 1-31.
- Witzel, L.D. et H.R. MacCrimmon, 1980. Role of gravel substrate on ova survival and alevin emergence of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Canadian Journal of Zoology*. 59:629 - 636.
- Witzel, L.D. et H.R. MacCrimmon, 1982. Embryo survival and alevin emergence of brook charr, *Salvelinus fontinalis*, and brown trout, *Salmo trutta*, relative to redd gravel composition. *Canadian journal of Zoology*. 61:1783 - 1792.

ANNEXES

ANNEXE 1

DONNÉES BRUTES SUR LES CARACTÉRISTIQUES
MORPHOMÉTRIQUES DES LACS AMÉNAGÉS ET DES LACS CONTRÔLES
SUR LE TERRITOIRE DE LA RÉSERVE FAUNIQUE DES LAURENTIDES ET DU
PARC NATIONAL DES GRANDS-JARDINS

Annexe 1 : Caractéristiques morphométriques des 19 lacs aménagés et des 20 lacs contrôles sur le territoire de la réserve faunique des Laurentides et du parc national des Grands-Jardins.

Lacs aménagés	Surface (ha)	Perimètre (km)	DL calculé	Profondeur maximum (m)	Profondeur moyenne (m)	Profondeur moyenne Secchi (m)	Volume total (m ³)	Volume 0-6m (m ³)
Brouillard	34	3.9	1.887	11	3.0	3.00	1 185 862	1 076 140
Chavaudray	8	1.8	1.795	6	1.5	4.60	118 868	118 868
Chavigny	41	3.3	1.454	14	7.0	2.50		
Chouminich	5	1.1	1.388	9	3.0	7.80	127 271	124 041
Decoigne	142	6.9	1.633	32	9.0	4.65	12 952 911	6 051 922
Espérance	5	1.4	1.766	13	4.0	5.15	206 954	206 750
Fauvette	39	4.0	1.807	7	9.5	6.00	3 659 063	1 063 838
Général-Tremblay	65	4.5	1.575	5	2.0	1.75	1 212 883	1 212 336
Grelon	13	1.7	1.330	14	2.5	4.30	330 192	265 869
Grimard	28	3.9	2.079	9	2.0	1.25	546 944	546 944
Jupiter	36	2.7	1.269	5	2.0	1.50	1 610 900	1 610 900
Laurier	8	1.6	1.596	9	3.0	2.75	233 561	211 160
Mars	26	2.1	1.162	12	7.5	3.00	2 218 518	706 579
Nixon	5	1.4	1.766	9	6.4	2.15	485 605	257 734
Noël	70	4.6	1.551	6	2.0	3.00	993 076	990 960
Quai	5	1.1	1.388	12	5.5	2.15	271 253	199 347
Richelieu	10	1.8	1.606	11	8.0	4.75	998 400	349 916
Roches	10	1.4	1.249	15	10.0	5.40	1 065 293	
Saint-Jacques	29	3.6	1.886	4	1.0	1.75	212 306	212 306

Annexe 1 : Suite.

Lacs contrôlés	Surface (ha)	Perimètre (km)	DL calculé	Profondeur moyenne (m)	Profondeur maximum (m)	Profondeur moyenne Secchi (m)	Volume total (m ³)	Volume 0-6m (m ³)
Beaupré	23	2.7	1.588	15.0	11.0	2.5	2 892 175	836 727
Bignell	73	3.5	1.156	5.7	1.3	5.0	997 273	997 273
Bouillie	26	3.1	1.715	5.4	3.8	2.0	1 137 941	1 137 941
Duburger	36	3.7	1.740	14.1	10.0	2.8	3 938 431	1 098 741
Emmurailé	10	1.5	1.338	12.6	8.3	5.0	829 652	226 333
Fortier	23	2.4	1.412	14.7	8.0	5.2	2 110 984	398 893
Gonzague	10	1.7	1.517	8.0	5.5	4.5	732 658	510 993
Keable	31	2.2	1.115					
Lanctôt	44	3.5	1.488	12.0	4.0	3.0	101 557	92 262
Ménard	8	1.9	1.895	9.4	2.5	3.45	86 405	86 405
Mignon	23	3.3	1.941	14.4	10.0	3.4	2 659 924	588 835
Montagnais gr	70	4.8	1.618	5.2	2.0	1.2	1 335 225	1 335 225
Montagnes blanches	36	3.2	1.505	5.1	3.4	3.0	1 356 411	1 356 411
Paquin	21	2.9	1.785	9.1	6.5	4.3	1 460 968	954 983
Paul	10	1.6	1.427	5.4		3.6		
Pinard	5	1.1	1.388	10.4	6.0	2.0	342 708	135 996
Sainte-Anne	70	4.5	1.517	13.0		3.0		
Sicard	23	3.3	1.941	7.2	5.0	3.0	1 307 329	1 052 882
Stymphale	44	4.5	1.914	20.4	12.0	5.0	5 075 267	555 566
Verchères	60	5.4	0.656	12.0	2.5	2.0	1 442 687	1 293 106

ANNEXE 2

DONNÉES BRUTES SUR LES CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS DE
DRAINAGE DES LACS AMÉNAGÉS ET DES LACS CONTRÔLES SUR LE
TERRITOIRE DE LA RÉSERVE FAUNIQUE DES LAURENTIDES ET DU PARC
NATIONAL DES GRANDS-JARDINS

Annexe 2 : Caractéristiques du bassin de drainage des 19 lacs aménagés et des 20 lacs contrôles sur le territoire de la réserve faunique des Laurentides et du parc national des Grands-Jardins.

Lacs aménagés	Bassin drainage (km ²)	Volume d'eau mov (10 ³ m ³)	Pente moyenne bassin (%)	Pente maximum bassin (%)	Surface dénudés secs (km ²)	Surface milieu humide (km ²)	Nb. ponceaux	Longueur route (km)	Surface route (km ²)	Surface de coupe avant 80 (km ²)	Surface de coupe après 80 (km ²)
Brouillard	3.40	2 973 028	7.13	40.03	0.0	0.026	3	2.748	0.015	0.411	0.000
Chavaudray	0.88	760 745	12.16	55.48	0.0	0.000	1	1.934	0.008	0.338	0.000
Chavigny	1.55	1 346 607	6.44	33.01	0.0	0.000	1	0.705	0.003	0.051	0.000
Chouminich	2.27	1 984 933	9.26	50.84	0.0	0.042	4	8.606	0.037	0.037	0.545
Decoigne	5.18	4 529 496	8.42	48.79	0.0	0.000	4	8.381	0.034	1.391	0.000
Espérance	0.27	236 093	5.56	39.47	0.0	0.000	1	0.874	0.005	0.000	0.001
Fauvette	2.29	2 011 166	10.23	51.22	0.0	0.054	1	8.240	0.028	0.904	0.000
Général-Tremblay	4.80	4 197 216	7.79	51.62	0.0	0.000	8	15.992	0.062	2.278	0.000
Grelon	1.76	538 979	7.84	40.46	0.0	0.000	6	7.609	0.032	0.629	0.000
Grimard	5.49	4 809 310	8.05	47.45	0.0	0.121	5	3.617	0.016	0.000	0.000
Jupiter	9.08	7 939 734	6.21	51.88	0.0	0.055	32	42.468	0.171	5.459	0.000
Laurier	0.60	524 652	6.13	44.15	0.0	0.000	1	0.219	0.001	0.000	0.000
Mars	3.34	2 920 563	5.37	33.60	0.0	0.000	5	6.132	0.023	0.669	0.000
Nixon	0.82	717 024	10.22	43.91	0.0	0.007	1	0.869	0.004	0.000	0.021
Noël	7.79	6 811 732	7.79	52.50	0.0	0.010	14	29.979	0.123	1.808	0.061
Quai	0.31	262 326	11.32	49.56	0.0	0.000	1	0.797	0.004	0.000	0.025
Richelieu	0.52	454 698	7.63	34.20	0.0	0.000	2	0.534	0.003	0.000	0.000
Roches	1.71	1 495 258	14.57	55.25	0.0	0.000	4	5.777	0.028	0.047	0.105
Saint-Jacques	5.48	4 791 822	8.79	48.19	0.01	0.231	6	9.613	0.043	0.051	0.000

Annexe 2 : Suite.

Lacs contrôlés	Bassin drainage (km ²)	Volume d'eau mouv (10 ³ m ³)	Pente moyenne bassin (%)	Pente maximum bassin (%)	Surface dénudés secs (km ²)	Surface milieu humide (km ²)	Nb. ponceaux	Longueur route (km)	Surface route (km ²)	Surface de coupe avant 80 (km ²)	Surface de coupe après 80 (km ²)
Beaupré	4.86	4 249 681	10.67	58.39	0.12	0.042	8	16.628	0.065	2.270	0.000
Bignell	3.16	2 763 167	7.26	42.39	0.00	0.119	1	5.654	0.025	0.022	0.000
Bouillie	10.92	9 548 666	10.90	57.06	0.07	0.303	7	17.305	0.071	2.651	0.157
Duburger	5.92	5 176 566	7.64	47.62	0.00	0.137	5	7.399	0.025	2.481	0.000
Emmurailé	0.89	778 234	17.20	59.36	0.00	0.000	1	1.317	0.006	0.464	0.000
Fortier	0.94	821 955	10.13	44.34	0.00	0.000	1	1.981	0.006	0.301	0.000
Gonzague	2.22	1 941 212	5.14	38.08	0.00	0.000	5	10.585	0.040	1.059	0.000
Keable	3.90	3 410 238	9.13	50.36	0.00	0.131	1	3.740	0.013	0.513	0.000
Lanctôt	7.97	6 969 127	7.95	45.11	0.07	0.079	14	21.461	0.088	2.553	0.000
Ménard	1.55	1 355 351	10.40	46.50	0.09	0.000	0	0.157	0.001	0.143	0.000
Mignon	0.64	55 963	5.44	28.06	0.00	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Montagnais gr	16.18	14 148 116	5.44	45.70	0.00	0.362	23	52.738	0.195	6.414	0.000
Montagnes blanches	8.56	7 485 035	12.58	62.46	0.10	0.121	1	1.980	0.009	0.113	0.120
Paquin	3.03	2 649 493	9.88	48.64	0.00	0.016	7	6.959	0.028	0.763	0.000
Paul	1.25	1 093 025	9.68	46.73	0.00	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Pinard	1.29	1 128 002	10.51	49.21	0.00	0.018	3	3.996	0.019	0.000	0.132
Sainte-Anne	4.75	4 153 495	8.39	52.28	0.00	0.000	11	26.034	0.101	1.955	0.248
Sicard	1.22	1 066 792	5.55	31.31	0.00	0.021	0	0.000	0.000	0.000	0.000
Stymphale	4.64	4 057 309	12.48	59.37	0.02	0.000	14	19.742	0.074	1.893	0.187
Verchères	6.97	6 094 707	8.52	43.85	0.00	0.209	12	15.578	0.057	0.980	0.000