

**Revue de littérature critique de l'aménagement de frayères en milieu lacustre pour le
touladi (*Salvelinus namaycush*)**

Par
Clémence **Boucher**

Travail présenté à
M. Guy **Verreault**

Dans le cadre du cours
Introduction à la recherche
SCI30007

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon professeur et responsable d'introduction à la recherche, Guy Verreault, pour sa confiance et ses idées qui ont contribué à alimenter ma réflexion. Pour sa gentillesse et les nombreux encouragements qu'il m'a prodigués. Ses qualités de professeur et son expertise dans le domaine de la gestion de la faune aquatique m'auront aidées à devenir une meilleure biologiste.

Je remercie Madame Anne-Marie Pelletier, biologiste et responsable de la gestion de la faune aquatique en eaux intérieures au Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, pour sa disponibilité, sa réflexion et son aide précieuse pour la recherche de documents.

J'adresse tous mes remerciements aux nombreuses personnes qui ont contribué à la rédaction de cette revue en partageant leurs idées et leur expérience, en répondant avec beaucoup de passion à toutes mes questions et en participant efficacement à la recherche des documents constituant cette étude.

Résumé

L'objectif de la présente étude consiste à réunir les informations en lien avec l'aménagement de frayères à touladi (*Salvelinus namaycush*) en milieu lacustre, aux vues d'une éventuelle application à la problématique du lac Témiscouata. Ainsi, un résumé des documents portant sur la biologie du touladi et notamment sur son comportement reproducteur et son habitat de fraie a été entrepris en premier lieu. Dans un second temps, une analyse critique et une comparaison des différents aménagements réalisés dans divers secteurs du Québec ont été réalisées.

Les résultats de la littérature indiquent que le touladi montre une grande sensibilité aux caractéristiques du substrat dans sa sélection de sites de fraie. La profondeur du site interviendrait dans une moindre mesure. Le comportement de « *homing* », spécifique à chaque population de touladi est un facteur déterminant dans le fonctionnement d'une frayère aménagée. Il est important de préciser que les touladis semblent adopter un comportement variant en fonction des conditions du milieu dans lequel ils ont évolué. D'après la littérature, cette adaptation comportementale est génétiquement persistante.

À la lumière de cette revue de littérature, l'aménagement de frayères pour le touladi sur des sites localisés en dessous de la zone de marnage semble être une alternative efficace. Néanmoins, celles-ci doivent être installées, de préférence, à proximité de frayères traditionnelles et présenter une plus grande attractivité que la frayère initiale (perméabilité et propreté du substrat). D'autre part, pour limiter les risques de dépôt des œufs dans la zone émergée durant l'hiver, des techniques d'obstruction des frayères naturelles se trouvant en surface sont proposées ainsi que des méthodes de gestion du niveau de l'eau. Le potentiel de sédimentation est un des éléments le plus susceptibles de limiter le succès à long terme des frayères aménagées. En conséquence, des recommandations sont formulées et doivent être adaptées aux conditions du milieu concerné. Toutefois, les frayères sont parfois mal planifiées, les caractéristiques de conception des sites ne sont pas évaluées et les suivis sont à court terme. Ainsi, dans cette revue de littérature, peu de documents traitent de la réussite ou non des frayères aménagées en raison d'un manque crucial de suivis. Ceux-ci sont pourtant essentiels et ils ont majoritairement été effectués dans les réservoirs hydroélectriques au Québec.

Le touladi est un poisson très sensible aux variations de son environnement et s'adapte difficilement aux changements. C'est pourquoi, au-delà de son attrait pour la pêche, il est important de s'investir dans la réalisation d'aménagements pour assurer la pérennité de l'espèce qui risque de subir périlleusement les impacts du changement climatique.

Table des matières

Résumé	iii
Table des matières	iv
Liste des tableaux	vi
Liste des annexes	vi
Introduction	- 1 -
Matériel et méthode	- 3 -
Méthodologie de recherche	- 3 -
Recherche de contacts	- 3 -
Analyse de la littérature.....	- 4 -
Caractéristiques biologiques et écologiques du touladi	- 4 -
Description	- 4 -
Alimentation et croissance	- 4 -
Habitat	- 5 -
Reproduction	- 5 -
Habitat de fraie	- 6 -
Résultats	- 7 -
Analyse de la littérature.....	- 7 -
1- Les Grands Lacs : Supérieur, Michigan, Huron, Érié, Ontario	- 7 -
2- Réservoir de la Péribonka.....	- 15 -
3- Réservoir de la Romaine 1 (50°22'41.07"N et 63°12'58.91"O).....	- 20 -
4- Complexe de l'Eastmain-Sarcelle-Rupert (52° 9'3.37"N et 78° 8'18.39"O)...	- 21 -
5- Lac de l'Île et réservoir du Sault aux Cochons	- 23 -
6- Réservoir Manic-3 : Manicouagan (43° 18' N, 67° 46' 0)	- 26 -
7- Lac-aux-Sables : Haute Mauricie	- 28 -
8- Réservoir Manouane : Haute-Mauricie	- 33 -
9- Lac du Missionnaire : MRC de Mékinac, Mauricie.....	- 37 -
10- Réservoir Kipawa : Abitibi-Témiscamingue.....	- 38 -
11- Lac Chibougamau	- 40 -

12- Lac Saint-Joseph : Capitale-Nationale	- 41 -
13- Petit lac des Cèdres : Saint Malachie	- 42 -
14- Lac Long et Lac Montauban : Parc Naturel Régional de Portneuf	- 42 -
15- Lac Ernest : Réserve faunique de Papineau-Labelle	- 43 -
16- Guides de planification et de réalisation d'aménagements	- 45 -
Communications personnelles.....	- 47 -
Discussion	- 49 -
Variables à considérer avant l'aménagement de frayères	- 49 -
Importance du suivi post-aménagements	- 51 -
Problématique du lac Témiscouata.....	- 52 -
Recommandations	- 55 -
Conclusion.....	- 55 -
Références bibliographiques	- 57 -

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nombre total de publications analysées dans cette étude via les bases de données et à partir des contacts. - 3 -

Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des personnes contactées qui ont travaillé sur des études en lien avec l'aménagement et/ou le suivi de frayères à touladi en milieu lacustre..... - 64 -

Annexe 2 : Localisation des sites de fraie au lac Whitepine, Ontario. - 65 -

Annexe 3 : Photos des 2 frayères aménagées pour le touladi au réservoir Péribonka..... - 66 -

Annexe 4 : Localisation de la frayère à Touladi et du site d'aménagement dans le réservoir Manouane, automne 1999 - 67 -

Annexe 5 : Localisation et photos des frayères aménagées en 2006 sur le lac du Missionnaire. - 68 -

Annexe 6 : Plan en coupe du résultat recherché dans l'aménagement d'une frayère artificielle à touladi dans le lac Chibougamau..... - 69 -

Annexe 7 : Travaux d'aménagement de la frayère à touladi au lac Ernest (Phase 1 et 2) . - 70 -

Annexe 8 : Schéma de l'expérience d'obstruction des frayères naturelles situées en surface, effectuée au lac aux Sables..... - 71 -

Introduction

Le touladi (*Salvelinus namaycush*), communément appelé « truite grise » est généralement retrouvé dans les eaux froides (10 à 12°C), stratifiées en été, bien oxygénées et alcalines des lacs oligotrophes (Royce 1951 ; Scott et Crossman 1974 ; Hansen *et al.* 1995 ; Labelle *et al.* 2010 ; Arvisais *et al.* 2017). Naturellement de grande taille, le touladi est l'un des plus gros poissons d'eau douce d'Amérique du Nord et il fait l'objet d'une pêche récréative depuis de nombreuses années (Houde 2009 ; Plourde-Lavoie 2014 ; Arvisais *et al.* 2017). Le touladi n'atteint sa maturité sexuelle en moyenne qu'entre 5 et 8 ans, ce qui est un âge tardif en comparaison aux autres salmonidés (Scott et Crossman 1974 ; Lamoureux 1989 ; 1993). Au lac Témiscouata et au réservoir Manouane, il ne l'atteint qu'à 11 ans chez les mâles et 13 ans chez les femelles (Houde 2008 ; Pelletier 2017). La période de fraie survient à l'automne, dépendamment de la latitude et ne s'effectue pas nécessairement toutes les années (Lamoureux 1989 ; Hansen *et al.* 1995 ; Lacasse et Benoît 1995 ; Benoit et Scrosati 1996). La fraie du touladi a lieu préférentiellement sur un substrat rocheux composé principalement de galets, près des rives et des hauts fonds exposés aux vents dominants et dépourvus d'algues et de sédiments (Lamoureux 1993). Il aurait tendance à utiliser la même frayère chaque année, ce comportement est défini de « *homing* » (Lamoureux 1989 ; Lacasse et Benoît 1995 ; FFQ 1996). Ainsi, la faible productivité du touladi combinée à la dégradation de son habitat de reproduction et à une augmentation considérable de l'effort et de l'efficacité de pêche a amené une diminution marquée de l'abondance des populations (Lamoureux 1993 ; Houde 2009 ; Plourde-Lavoie 2014).

Au cours des années, de nombreux plans d'eaux ont fait l'objet d'ensemencements de touladis comme en Haute Mauricie (Houde 2009), mais également au Témiscouata (Pelletier 2017). Ces actions combinées à d'autres activités dans le bassin versant de ces lacs (industriel, agricole, marnage artificiel, etc.) peuvent avoir des impacts négatifs sur les populations (Hade 2003). En effet, le touladi est une espèce très impactée par la construction de réservoirs et par l'effet du marnage (Gendron et Bélanger 1993 ; Legault *et al.* 2004). Durant la phase d'incubation des œufs, la baisse du niveau de l'eau peut amener le gel ou l'assèchement des œufs et provoquer ultimement leur mort (Bélanger et Gendron 1992 ; FFQ 1996 ; Pelletier 2016 ; Arvisais *et al.* 2017). De plus, l'augmentation de la pratique de la villégiature peut entraîner un enrichissement des eaux en phosphore ce qui engendre une prolifération du périphyton et de la végétation aquatique (Hade 2003, Legault *et al.* 2004). La végétation aquatique croît et le fond rocheux nécessaire à la fraie se recouvre peu à peu de sédiments fins

(Bélanger et Gendron 1992 ; Krueger *et al.* 1995). Dans la plupart des lacs, ce sont des problèmes de recrutement des jeunes individus qui entraînent un déclin de la population (Gendron et Bélanger 1993).

Par conséquent, depuis le début des années 1990, le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a révisé la réglementation générale en imposant une diminution de la limite quotidienne de prises, un contrôle des gammes de tailles protégées de 40 à 55 cm (longueur à la fourche), un raccourcissement de la saison de pêche, et la mise en place d'un réseau de lacs pour en suivre le succès (Lamoureux 1993 ; Legault *et al.* 2001 ; Arvisais *et al.* 2017 ; Plourde-Lavoie et Gagné 2018). Un plan de gestion du touladi au Québec a été mis en place en 2014, et impose une remise à l'eau des poissons de moins de 60cm de longueur totale (MDEF 2014). Le MFFP a aussi pris des mesures de fermeture totale ou partielle de la pêche, d'ensemencements, d'aménagements de l'habitat, ceci afin de restaurer des populations de touladi considérées comme faibles ou préoccupantes. L'aménagement de frayères est une intervention visant à améliorer ou à corriger les facteurs limitants d'un habitat afin de créer un milieu propice à la survie et au développement de l'espèce locale (FFQ 1996). Les frayères sont une des principales composantes de l'habitat essentiel du touladi. Comme la superficie des frayères convenables peut être restreinte dans la plupart des plans d'eau, la production naturelle de touladis aura sans doute tendance à plafonner et même à baisser (Houde 2009). C'est pourquoi il importe de restaurer ou d'aménager des frayères de bonne qualité et surtout durables qui puissent exercer une attraction sur les reproducteurs et favoriser la survie des œufs et l'émergence des alevins (Benoit et Legault 2001). Ainsi, des suivis de projets réalisés dans le but d'améliorer les conditions de l'habitat de cette espèce ont montré que des erreurs de conception et de planification ont affecté leur durabilité ainsi que leur efficacité. De nombreux facteurs tels que la variation du niveau de l'eau, l'introduction d'espèces aquatiques, le développement du périphyton sur les sites de fraie, la sédimentation et d'autres facteurs peuvent avoir une influence négative sur les populations de touladi (Legault *et al.* 2004). L'introduction de nouvelles espèces telles que l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*) et le crapet de roche (*Ambloplites rupestris*) dans un lac à touladi représente une menace en modifiant la disponibilité des ressources alimentaires que le touladi soit planctonophage ou piscivore (Arvisais *et al.* 2017).

Ainsi, cette revue de littérature recense et analyse les actions d'aménagement de frayères entreprises dans différents lacs. Dans un premier temps, les caractéristiques biologiques et écologiques de l'espèce sont précisées afin d'étudier le comportement du touladi. Dans un deuxième temps, une comparaison des aménagements qui ont été effectués est réalisée et

commentée. Ceci, afin d'en améliorer la qualité, mais surtout leur durabilité. Puis, des recommandations sont formulées et concernent la restauration de frayères naturelles en lacs ainsi que la mise en place de frayères artificielles. Les conclusions tirées des aménagements effectués sont spécifiques à chaque milieu et ne peuvent être généralisées à tous les plans d'eau.

Matériel et méthode

Méthodologie de recherche

Cette recherche était tout d'abord centrée sur le recensement de publications évoquant les différents habitats et les conditions propices à la reproduction du touladi. Puis, elles se sont plus directement portées sur l'aménagement de frayères à touladis en milieu lacustre au Canada et aux États-Unis. Pour enfin se diriger vers les suivis réalisés et les méthodes d'aménagements qui ont fonctionnées (ou non). De plus, des publications portant sur les facteurs désavantageant la pérennité du touladi ont été étudiées. L'utilisation de diverses bases de données a permis de se procurer cette littérature. Ainsi, les plateformes : *Google Scholar*, *Web Science*, *Science direct* ainsi que les bases de données de la bibliothèque de l'UQAR ont été utilisées.

Des documents proviennent également des sites du gouvernement du Québec, du Ministère de la Faune et des Parcs ainsi que de la plateforme de documentation d'Hydro-Québec.

Sur ces bases de données, les mots clefs suivants ont été utilisés : « *frayères* », « *touladi* », « *aménagement* », « *lake* », « *trout* », « *spawning* ». Seuls les documents concernant le touladi ont été étudiés.

Recherche de contacts

Les bases de données n'ont pas permis de trouver tous les articles nécessaires à la revue. Ainsi les contacts répertoriés ont été un moyen efficace de se procurer les documents introuvables sur les bases de données (tableau 1). En effet, à partir de ces contacts, des articles et rapports ont pu être ajoutés à la bibliographie. Ces contacts ont été joints par téléphone ou par courriel (annexe 1).

Tableau 1 : Nombre total de publications analysées dans les résultats de cette étude via les bases de données et à partir des contacts.

Nombre total de publications obtenues	À partir de base de données	À partir de contacts
58	29	29

Analyse de la littérature

Une liste des livres, articles et documents étudiés a été effectuée et organisée par date de publication puis par ordre alphabétique de nom de famille des auteurs et présentée suivant le style bibliographique APA dans des sections par localisation. Chaque référence est suivie d'une note qui correspond à différents types d'informations : résumé, évaluation, description des aménagements effectués et commentaire. Les documents sont regroupés et présentés par plan d'eau pour faciliter la compréhension des différentes interventions effectuées. De plus, dans les sections correspondant aux plans d'eau, les documents sont classés par date allant des plus anciennes références aux plus récentes.

Caractéristiques biologiques et écologiques du touladi

Description

Le touladi appartient à la sous-famille des salmonidés. Il partage avec ces espèces des caractéristiques morphologiques similaires telles que de petites écailles, des dents bien développées et une nageoire adipeuse (Arvisais *et al.* 2017). La distinction du touladi se fait par sa queue très fourchue (Arvisais *et al.* 2017). C'est un poisson possédant une grande espérance de vie, pouvant atteindre de grandes tailles et endurer de longues périodes de jeûne (Houde 2009). D'après Lamoureux (1993), de spécimens capturés au cours des inventaires ichthyologiques avaient atteint l'âge de 25 ans et parfois plus dans certain plan d'eau.

Alimentation et croissance

Le touladi est un prédateur reconnu pour son alimentation diversifiée, ce qui le place au sommet de la chaîne alimentaire (Scott et Crossman 1974 ; Houde 2006). Il peut se nourrir d'éponges d'eau douce, de crustacés, de plancton, d'insectes, d'invertébrés benthiques et de poissons (Scott et Crossman 1974 ; Arvisais *et al.* 2017). Les populations planctonophages sont composées de touladis typiquement plus petits et ont une longévité moindre que les touladis piscivores (Houde 2006 ; 2009). Le touladi est majoritairement ichthyophage (piscivore) lorsque les poissons-fourrages sont présents en abondance dans le plan d'eau (Arvisais *et al.* 2017 ; Houde 2009). Lorsqu'il est ichthyophage, le touladi consomme principalement du Cisco de lac (*Coregonus artedii*), l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*), le grand corégone (*Coregonus clupeaformis*), la perchaude (*Perca flavescens*), le chabot (*Cottus sp.*), le meunier rouge

(*Catostomus catostomus*) (Arvisais *et al.* 2017). Dans l'habitat préférentiel du touladi, les proies sont présentes en faible abondance, ce qui réduit son rythme de croissance (Arvisais *et al.* 2017). Le taux de croissance du touladi est très variable, dépendant de différents facteurs tels que la latitude, la disponibilité des ressources alimentaires, la compétition, l'exploitation, etc. (Houde 2009 ; Arvisais *et al.* 2017).

Habitat

Les lacs à touladi sont généralement grands, profonds (>20m), peu productifs (conductivité 50 à 100 micromhos/cm), aux eaux légèrement alcalines (pH 7 à 8) et transparentes (>3m) (Lamoureux 1993). La température optimale de l'eau pour le touladi est de 10/12°C et la concentration en oxygène dissous doit être supérieure à 5 ppm (Marcus *et al.* 1984 ; Lamoureux 1993). Le recrutement serait de bon à excellent dans les lacs où la valeur moyenne de l'oxygène dissous dans l'hypolimnion en fin d'été est de 7 mg/l ou plus (Marcus *et al.* 1984 ; Evans 2007 ; Houde 2009). Evans (2007) recommande un seuil minimal de 7 mg/l d'oxygène dissous en moyenne dans l'hypolimnion pour les activités essentielles à la survie des jeunes touladis. Dans ces plans d'eau, le réchauffement de l'eau en surface au cours de l'été amène le touladi à se réfugier en profondeur, ce qui restreint son habitat même si celui-ci migre près de la surface pour s'alimenter (Houde 2009 ; Arvisais *et al.* 2017). En effet, durant la période de stratification thermique estivale, les couches d'eau présentent une thermocline empêchant les transferts d'oxygène dissous dans l'hypolimnion (Hade 2003 ; Arvisais *et al.* 2017). La productivité du plan d'eau est mesurée par le phosphore total, la chlorophylle a ou encore la transparence (Houde 2009). Les eaux profondes sont les premières à souffrir d'un déficit en oxygène dissous à la suite de l'eutrophisation (Houde 2009). La zone profonde qu'est l'hypolimnion voit ses concentrations en oxygène diminuer peu à peu ce qui entraîne la réduction de l'habitat propice au touladi. Même si les besoins en oxygène dissous des juvéniles sont similaires à ceux des adultes, les jeunes se réfugient dans les eaux les plus froides et profondes pour échapper au cannibalisme des grands spécimens (Evans 2007 ; Houde 2009). Ainsi, la distribution en profondeur serait fonction de la taille des poissons (Houde 2009).

Reproduction

La maturité sexuelle est atteinte à l'âge de 7 ans en moyenne chez les populations à croissance rapide et à l'âge de 10 ans chez celles à croissance lente, ce qui les rend vulnérables à la

surexploitation par la pêche (Scott et Crossman 1974 ; Lamoureux 1993 ; Houde 2009). La maturité sexuelle survient 1 an plus tôt chez les mâles comparativement aux femelles donc on aurait tendance à observer plus de mâles sur les sites de fraie (Lamoureux 1989). La fécondité des femelles touladi varie de 990 à 2640 œufs/kg (Scott et Scrossman 1974 ; Arvisais *et al.* 2017). La femelle produit des œufs de 5 à 7 mm de diamètre (Lamoureux 1989) qu'elles déposent dans des crevasses formées par les substrats rocheux où ils sont fécondés par un ou plusieurs mâles (FFQ 1996 ; Arvisais *et al.* 2017). Les reproducteurs arrivent sur la frayère à la tombée du jour et sont présents en nombre entre 19h et 22h (Bélanger et Gendron 1992 ; Pelletier 2017). Les touladis se nourrissent très peu pendant la période de fraie (Lamoureux 1989 ; Bélanger et Gendron 1992). Il y aurait existence d'un *homing* des reproducteurs pour les mêmes sites de fraie année après année ; ce comportement est moins observé pour les stocks issus d'ensemencement (Lamoureux 1989). Après une incubation de 4 à 5 mois, les alevins restent dans les interstices du substrat pendant plusieurs semaines jusqu'à ce que leur sac vitellin soit résorbé (Lamoureux, 1989 ; Bélanger et Gendron 1992 ; Hade 2003 ; Arvisais *et al.* 2017). Par la suite, ils montent en surface et restent dans la zone peu profonde puis après une certaine croissance ils migrent vers les zones plus profondes (Bélanger et Gendron 1992). Les touladis subissent une mortalité importante au cours de leur première année de vie et seulement 5% survivent jusqu'à l'âge de 1 an (Lamoureux 1993).

Habitat de fraie

Le touladi se reproduit généralement en milieu lacustre (Legault *et al.* 2004), mais quelques frayères ont pu être retrouvées dans les tributaires et en rivière (Marcus *et al.* 1984 ; Arvisais *et al.* 2007). La fraie a lieu dans une eau oscillant autour de 10°C, en général pendant la période de brassage automnale, sur des fonds rocheux ou caillouteux (Royce 1951 ; Scott et Crossman 1974 ; Marcus *et al.* 1984 ; Lacasse et Benoît 1995 ; Fitzsimons *et al.* 2005). Il y a de grandes variations de la période de fraie suivant les plans d'eau, en fonction de la latitude, du climat, de la grandeur et de la topographie du lac (Scott et Crossman 1974 ; Arvisais *et al.* 2017) mais également des risques de prédation (Fitzsimons *et al.* 2005). La période survient plus tôt à de hautes latitudes et, inversement, plus tard à de basses latitudes (Lamoureux 1989 ; Benoit et Scrosati 1996). Les sites de fraie sont constitués de pointes, d'îles, de rives et de hauts fonds exposés aux vents dominants du nord ou de l'ouest ou aux courants pélagiques, et localisés à proximité d'une zone profonde (Lamoureux 1989). Celle-ci a lieu, en général, sur un substrat composé de moellons (pierre de 5-20cm de diamètre, entre le caillou et le bloc), dépourvu de

végétation et de matières organiques, et présentant une fréquence d'interstices élevée (Royce 1951 ; Lamoureux 1989 ; Arvisais *et al.* 2017). En effet, le touladi ne réaliserait généralement aucun nettoyage du substrat de site de fraie (Lacasse et Benoit 1995). Le touladi semble également utiliser d'autres types de substrat comme l'argile, le limon ou la vase (Marcus *et al.* 1984 ; Thibodeau et Kelso 1990) et des accumulations de coquilles d'Unionidé (Chatelain et Chabot 1983 ; Lamoureux 1989), **cependant ce sont des exceptions. La profondeur des frayères a été identifiée à des valeurs variantes de 15cm à 55 m** (Marcus *et al.* 1984), et exceptionnellement dans les Grands Lacs, à des profondeurs supérieures à 100m (Thibodeau et Kelso 1990).

Résultats

Analyse de la littérature

1- Les Grands Lacs : Supérieur, Michigan, Huron, Érié, Ontario

Marcus, M. D., W. A. Hubert, and S. H. Anderson. (1984). Habitat suitability index models: Lake trout (Exclusive of the Great Lakes). U.S. Fish. Wildl. Serv. FWS/OBS-82/10.84. 12 pp.

Résumé : Ce document recense les caractéristiques d'un habitat de fraie pour le touladi dans les Grands Lacs (HSI). Il traite des caractéristiques physico-chimiques et bathymétriques. D'après ce document, le touladi peut frayer sur divers substrats tels qu'observés sur des fonds argileux au lac Michigan et du limon et argile au lac Green. Mais il **préfère les substrats > 2,5 cm de diamètre comme constaté au lac Supérieur. Les frayères doivent être propres, exemptes de limon ou détrit.** **La survie des alevins va demander une protection adéquate contre la prédation avec la présence d'interstices.** Les substrats de particules fines telles que le limon, l'argile, ou la marne (carbonate de calcium) ne conviennent généralement pas pour une reproduction avec un taux de survie élevé des alevins.

Commentaire : Ce document ne traite pas de l'aménagement de frayère en lac, mais des caractéristiques adaptées à une frayère de bonne qualité pour la reproduction du touladi dans les Grands Lacs. Il pourrait être associé aux documents de planification des aménagements de la fondation de la faune du Québec qui traite des caractéristiques des habitats de fraie du touladi retrouvés en grande majorité. Le modèle de ce document est adapté aux lacs dont la profondeur moyenne est supérieure à 6m.

Thibodeau, M.L. and J.R.M. Kelso. (1990). An evaluation of putative lake trout (*Salvelinus namaycush*) spawning sites in the Great Lakes. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1739 : vii +30p.

Résumé : Cette étude porte sur la caractérisation des frayères à touladi dans les Grands Lacs (lacs Supérieur, Michigan, Huron, Ontario et Érié) à la frontière canado-américaine. 827 sites de fraie ont été identifiés. La fraie a été observée sur tous les types de substrats : limon, argile, vase, matières grossières (4-64mm) telles que des galets et des cailloux variant selon le lac. La plupart des frayères étaient situées à des profondeurs variant de 0 à 20 m avec des frayères signalées à des profondeurs supérieures à 100m dans le lac Supérieur. Ils ont observé que des variétés de touladi des eaux profondes ont frayé à diverses profondeurs dans les lacs Michigan et Huron. Des preuves directes de la fraie telles que la présence d'œufs, la capture d'alevins et l'observation de reproducteurs n'ont été disponibles que pour 3,8% des frayères signalées.

Commentaire : La fraie à des profondeurs plus élevées dans les Grands Lacs pourrait être expliquée par la différence de température en raison des différences de latitude. Cette étude ne traite pas de l'aménagement de frayères à touladi, mais du recensement des frayères présentes dans les Grands Lacs et de la caractérisation des sites. Elle met en lumière, par la caractérisation des différents sites existants, la grande variation du substrat allant de particules fines (vase) à des matières grossières (60mm) et des profondeurs de fraie allant de 0 à 100m.

Crossman, E.J. (1995). Introduction of the Lake Trout (*Salvelinus namaycush*) in Areas Outside its Native Distribution : A review. Internat. Assoc. Great Lakes Res. 1995. J. Great Lakes Res. 21 (Supplement 1) : 17-29.

Résumé : Un sondage a révélé que le touladi a été introduit dans 15 pays du monde. La plupart étaient au Canada et aux États-Unis. Sur le continent nord-américain, trois ont échoué, quatre ont établi des populations reproductrices et six ont besoin d'un ensemencement régulier. En dehors de la distribution indigène en Amérique du Nord, quatre provinces et 15 États ont introduit l'espèce avec des résultats variés. Il semblerait que la reproduction des populations introduites nécessite des environnements semblables à ceux de l'aire de répartition indigène de l'espèce, et qu'elles réussissent le mieux si elles sont établies avec de plus grands individus.

Commentaire : Cette étude est une revue de littérature portant sur l'introduction du touladi en lac. Il traite des échecs, des succès et des modes d'action entrepris pour que son introduction fonctionne. L'aménagement de frayères n'est pas abordé, mais il est intéressant de relever qu'ils ont constaté que le touladi a besoin d'un environnement de reproduction semblable à celui de

son aire d'origine. Ceci devrait être pris en compte dans l'aménagement de frayères pour des populations introduites. La réalisation de frayères similaires à celles retrouvées dans le lac de la population d'origine.

Hansen, M. J., J. W. Peck, R. G. Schorfhaar, J. H. Selgeby, D. R. Schreiner, S. T. Schram, B. L. Swanson, W. R. MacCallum, M. K. Burnham-Curtis, G. L. Curtis, J.W. Heinrich and R. J. Young. (1995). Lake Trout (*Salvelinus namaycush*) Populations in Lake Superior and Their Restoration in 1959-1993. Internat. Assoc. Great Lakes Res., 1995. J. Great Lakes Res. 21 (Supplement 1) : 152-175.

Résumé : Les progrès réalisés pour la restauration du touladi dans le lac Supérieur sont décrits dans ce document. D'après cette étude, différents types de population de touladi ont été trouvés dans le lac Supérieur. Des observations comportementales sur les touladisensemencés ont été faites, ils ont noté que le touladiensemencé par des reproducteurs avait tendance à frayer le long de la côte près des sites de peuplement où il n'y avait pas de reproduction dans le passé. Ils en ont déduit qu'il fallait aménager des frayères sur ces sites.

Commentaire : Une description brève des sites de fraie présents est effectuée dans cette étude, mais les mesures de restauration sont notamment tournées vers unensemencement à partir de l'espèce locale, une gestion de la prédation (Lamproie marine (*Petromyzon marinus*)) et de la pêche. De plus, ils ont observé que les touladisensemencés ne frayaient pas sur les frayères utilisées traditionnellement. Ils auraient adopté le comportement de reproduction de l'espèce indigène. Le comportement de fraie serait donc génétique et persistant.

Krueger, C. C., Jones, M. L., & Taylor, W. W. (1995). Restoration of lake trout in the Great Lakes: challenges and strategies for future management. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 547-558.

Résumé : La réhabilitation du touladi dans les Grands Lacs a montré un certain succès au lac Supérieur, mais reste faible dans les lacs Huron, Michigan, Érié et Ontario. Cette étude identifie les facteurs responsables de cet échec et propose des aménagements pour contrer le problème. Les facteurs identifiés sont : la perte d'une population native et son pool génétique, la surpêche, l'impact desensemencements d'espèces non natives et la dégradation de l'habitat. L'une des actions proposées est l'aménagement de frayères. La dégradation de l'habitat est due aux activités agricoles et industrielles qui engendrent une déposition de sédiments, et de matière organique sur les sites de fraie et une érosion plus rapide des berges. La perte d'habitat physique près de la côte pour la fraie pourrait en partie être compensée par la construction de sites de

fraie. Pour la construction des frayères, les roches ont été prises sur la zone côtière aux pourtours du lac. Le touladi utilisera facilement de nouvelles aires de fraie et utilisera des zones étonnamment petites de roches nouvellement déposées. D'après ces auteurs, la reproduction des touladis des Grands Lacs ne serait pas adaptée aux zones peu profondes des berges de ces lacs en raison des grands mouvements de masse d'eau et de l'érosion importante qui compromet l'incubation des œufs. Ainsi, la construction des frayères a été prioritairement faite dans des zones au large.

Commentaire : Ce document n'indique pas les résultats des aménagements effectués, néanmoins il retrace le fait que les touladis ont préféré se reproduire sur des superficies plus petites que les frayères initiales, la qualité du substrat serait donc déterminante.

Marsden, J. E., Perkins, D. L., & Krueger, C. C. (1995). Recognition of spawning areas by lake trout: deposition and survival of eggs on small, man-made rock piles. *Journal of Great Lakes Research*, 21(Supplement 1), 330-336.

Résumé : Aménagement de 6 frayères artificielles de petite superficie (15m²) chacune à proximité de la frayère naturelle au lac Ontario. Ces frayères ont été aménagées sur un substrat marginal pour la reproduction (sable et/ou gravier) en petites piles, « rock piles », de 4,5m de diamètre. Avec des moellons de taille similaire à ceux retrouvés sur la frayère naturelle. Chacune des 6 frayères artificielles a été utilisée par les reproducteurs, les densités d'œufs y étant 25 fois plus élevées que sur le substrat marginal environnant. Le taux d'éclosion des œufs sur les sites artificiels a été nettement supérieur à celui obtenu sur le substrat marginal environnant. Donc le type de substrat, sa perméabilité et sa propreté sont des facteurs dans la sélection des sites de fraie. Les frayères artificielles situées à 6 et 8m ont été plus utilisées que celles situées à 4m de profondeur. Ceci pourrait être dû à la proximité avec la frayère naturelle. Ils ont conclu de cette étude que le touladi utilise un substrat de matière grossière et présentant des interstices.

Commentaire : Dans cette étude, on retrouve le comportement de « homing », « hatchery-origin », du touladi, qui a tendance à aller déposer ces œufs dans des secteurs proches de la frayère traditionnelle. L'utilisation d'un substrat semblable à celui retrouvé sur les frayères naturelles peut réduire les différences et favoriser l'attraction des reproducteurs. La qualité de l'habitat serait déterminante dans la sélection du site. Ils indiquent que l'utilisation de gros cailloux, propres favorisent l'attraction et sont efficaces pour la survie des alevins. D'après ces

auteurs, les touladis peuvent utiliser des frayères de faibles superficies, c'est pourquoi on aurait du mal à retrouver des œufs. Le bilan de ces aménagements est positif.

McAughey, S. C., & Gunn, J. M. (1995). The behavioral response of lake trout to a loss of traditional spawning sites. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 375-383.

Résumé : Cette étude fait l'objet d'une expérimentation de la réponse comportementale du touladi indigène au lac Whitepine (Ontario). Au cours de la première année, deux des sites de fraie soit 15 % de l'habitat de fraie naturel ont été obstrués pour empêcher les touladis de se rendre sur le site. Le touladi a réagi en sélectionnant 12 nouveaux sites. Dans la deuxième année, lorsque 35 % supplémentaires de l'habitat de fraie naturel ont été enlevés, la densité des œufs déposés sur le reste de la frayère traditionnelle a augmenté et 8 nouveaux sites ont été sélectionnés. Ces manipulations n'ont pas produit de changement dans le moment de la fraie et le touladi semble avoir rapidement abandonné les anciens sites.

Commentaire : Ce lac ne fait pas partie des Grands Lacs, mais se situe en Ontario, c'est pourquoi il se trouve dans la section des Grands Lacs. Cette étude démontre que le touladi cherchera activement d'autres sites de fraie lorsque l'habitat traditionnel est complètement obstrué. Donc l'habitat de fraie utilisable n'est pas limité à un site naturel. Dans cette étude on constate que la colonisation des nouveaux sites s'est faite aux alentours des sites naturels (**annexe 2**). Il n'y a pas eu de suivi sur du long terme, donc rien ne confirme que la descendance des touladis ayant sélectionné un nouveau site soit viable (œufs et alevins).

Fitzsimons, J. D. (1995). Assessment of lake trout spawning habitat and egg deposition and survival in Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 337-347.

Résumé : Cette étude traite de la caractérisation des habitats de fraie et de leur utilisation par le touladi au lac Ontario. À partir d'une combinaison de données de terrain, de mesures bathymétriques et d'observations vidéo, 20 sites de fraie ont été recensés, dont 14 sites naturels. D'après les évaluations préliminaires, 13 des 20 sites ont été considérés comme non favorables en raison d'un substrat inapproprié ou d'un colmatage excessif des espaces interstitiels. D'autres évaluations ont été faites de sept sites, cinq naturels et deux aménagés. Ces sept frayères présentaient des superficies de fraie de 6 à 4 000 m², des profondeurs d'eau de 2,2 à 10,8 m, des diamètres de galets moyens de 9,8 à 20,0 cm et des pentes de 20 à 45°. Selon les estimations, les prises dans les filets à œufs déployés en 1992 variaient entre 6 et 6200 œufs m⁻².

², et les plus fortes densités ont été observées dans les sites artificiels. Le dépôt réel d'œufs sur les sept sites étudiés ne représentait que 0,0003 à 0,6 % du dépôt potentiel si tous les touladis qui ont survécu à l'ensemencement dans un rayon de 30 km de chaque site y avaient frayé. Le potentiel de restauration du touladi dans le lac Ontario semble limité par la pénurie de bons sites de frai, le dépôt de faibles œufs sur les sites de frai reconnus par les chercheurs et la mortalité excessive par le syndrome « *swim-up* » et la présence de contaminants.

Commentaire : D'après cette étude, la dégradation de l'habitat de fraie du touladi au lac Ontario ne constituerait pas la seule cause du déclin de la population. En effet, des analyses ont montré qu'une part de la mortalité serait due au syndrome « *swim-up* » qui serait lié à la présence de contaminants dans le plan d'eau. Fitzsimons *et al.* (1995) traite plus en détail de ces facteurs de mortalité.

Fitzsimons, J. D. (1996). The significance of man-made structures for lake trout spawning in the Great Lakes: are they a viable alternative to natural reefs?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(S1), 142-151.

Résumé : Cette étude montre l'abondance des œufs de touladi signalée près de certaines frayères artificielles, dans les lacs Michigan, Supérieur et Ontario. Ils ont supposé que la construction de frayères constitue un moyen d'améliorer la reproduction du touladi dans les Grands Lacs. En étudiant la reproduction dans les frayères artificielles et naturelles, ils ont constaté que les œufs, les alevins et les jeunes de l'année étaient toujours plus abondants près des ouvrages artificiels. Les récifs artificiels seraient donc une solution à la reconstitution des stocks de touladi dans les Grands Lacs. Cette étude ne leur a pas permis de déterminer la raison pour laquelle certains ouvrages artificiels étaient utilisés par le touladi et d'autres non. Ils recommandent d'envisager la construction de récifs artificiels sous l'angle expérimental, et de l'entreprendre dans le cadre d'une stratégie globale visant à agrandir l'habitat de reproduction. Cette stratégie consisterait également à ensemercer du touladi plus près des zones de substrat naturel de reproduction

Commentaire : il faudra prendre en compte les facteurs génétiques lors de l'ensemencement près des frayères déjà présentes dans le lac. Le comportement de « *homing* » des touladis pourrait être un frein à l'utilisation des frayères, malgré leur bonne qualité.

Fitzsimons, J., Fodor, G., Williston, B., Don, H., Gray, B., Benner, M., ... & Gilroy, D. (2005). Deepwater spawning by lake trout (*Salvelinus namaycush*) in Keuka Lake, New York. *Journal of Great Lakes Research*, 31(1), 1-10.

Résumé : Des dépôts d'œufs en eau profonde par une population de touladi autoperpétuatrice ont été observés dans le lac Keuka, l'un des lacs Finger de New York. La fraie en eau profonde peut être un élément essentiel de la restauration du touladi dans les Grands Lacs. En 2002, la fraie a eu lieu vers le 6 décembre, à une température de l'eau de 6,7 °C à des profondeurs allant de 24,6 à 27,7 m, avec une abondance moyenne d'œufs de 1 318 œufs m⁻². La population, vraisemblablement la souche indigène, a frayé sur une pente raide (30 à 40 °) sur un petit substrat de schiste argileux avec un faible espace interstitiel. L'abondance des prédateurs d'œufs était faible et limitée à des chabots visqueux (6,9 chabins · m⁻²). Un syndrome de mortalité précoce, associé à une carence en thiamine due au régime du gaspareau, a été détecté chez des larves élevées à partir d'œufs capturés dans la nature.

Commentaire : Dans cette étude, on constate que les caractéristiques de la fraie sont inhabituelles avec des températures plus froides (6°C) et celle-ci survient plus tard dans la saison (décembre). La durée restreinte de la prédation des œufs dans le lac Keuka peut expliquer le taux élevé de dépôt des œufs et la courte période de fraie. De plus, dans ce plan d'eau, la fraie se fait à une profondeur plus importante, ce qui a déjà été observé dans les Grands Lacs, mais ceci reste rare. La fraie à des profondeurs profondes peut présenter plusieurs avantages pour la restauration du touladi en ce qui concerne la survie des œufs par rapport aux frayères en surface.

Marsden, J. E., T.R. Binder, J. Johnson, Ji He, N. Dingledine, J. Adams, N. S. Johnson, T. J. Buchinger, C. C. Krueger. (2016). Five-year evaluation of habitat remediation in Thunder Bay, Lake Huron : Comparison of constructed reef characteristics that attract spawning lake trout. *Fisheries Research* 183 (2016). P 275-286.

Résumé : La création de 29 frayères à touladi a été réalisée à Thunder Bay, dans le lac Huron, en 2010 et 2011 pour atténuer la dégradation d'une frayère naturelle. Les frayères ont été conçues pour évaluer les préférences du touladi pour la hauteur, l'orientation et la taille, et ont été comparées à deux frayères naturelles dégradées et à une frayère naturelle de grande qualité. Des œufs et des alevins ont été échantillonnés sur chaque site de fraie pendant cinq ans après la construction, et les déplacements de 40 touladis marqués ont été suivis pendant trois saisons de fraie au moyen de la télémétrie acoustique. Le nombre d'adultes et de reproducteurs sur les frayères artificielles était initialement faible, mais a augmenté considérablement au cours des

cinq années, tout en demeurant constant sur la frayère naturelle de bonne qualité. Le nombre de reproducteurs observés, les dépôts d'œufs et les prises d'alevins n'étaient pas liés à la profondeur ou à l'orientation des sites, mais à la superficie des frayères et à leur proximité avec la frayère naturelle. La construction de frayères a augmenté la capacité de production d'alevins à Thunder Bay sans réduire l'utilisation de la frayère naturelle. Les résultats de ce projet soulignent l'importance du suivi annuel des frayères, de l'utilisation de méthodes d'évaluation multiples et de la comparaison des caractéristiques des frayères lors de l'élaboration du projet. Des lignes directrices spécifiques pour la construction de frayères sont suggérées.

Commentaire : Cette étude montre un bilan positif de la création de frayères pour le touladi en lac. Le comportement de « *homing* » du touladi est abordé et la proximité avec les frayères naturelles est appliquée dans le but d'anticiper ce comportement.

Jones, N. E., Parna, M., Parna, S., & Chong, S. (2018). Evidence of lake trout (*Salvelinus namaycush*) spawning and spawning habitat use in the Dog River, Lake Superior. *Journal of Great Lakes Research*, 44(5), 1117-1122.

Résumé : Cette étude traite de la fraie du touladi dans la rivière Dog. La fraie par le touladi dans la rivière Dog a été confirmée, en Ontario, en 2013-2016 par la collecte et l'identification génétique des œufs. Les œufs de touladi se trouvent le plus souvent près de la piscine descendante dans des zones caractérisées par des changements rapides de profondeur ou de pente, des substrats grossiers et une augmentation de la vitesse de l'eau, où des débits interstitiels peuvent se produire. Les profondeurs dans les zones où l'on a trouvé des œufs étaient en moyenne de 0,9 m et les tailles des substrats consistaient en gros gravier, galets et rochers, comparables à la fraie observée dans les lacs. Cette information sur l'habitat de frai pourrait être utilisée pour localiser d'autres populations restantes de frai des rivières et de restaurer le touladi frayeur et son habitat dans les rivières qui abritaient auparavant le touladi dans le lac Supérieur. La population de la rivière Dog offre une occasion unique de comprendre l'écologie d'une rivière où l'on retrouve des populations de touladis.

Commentaire : Cette étude ne traite ni de l'aménagement de frayères ni du milieu lacustre. Néanmoins elle permet de constater qu'il est possible pour les réservoirs ou les lacs à la jonction de 2 rivières, que le touladi migre pour se reproduire. Ce comportement observé pourrait expliquer que certaines frayères aménagées ne soient pas utilisées malgré qu'elles soient de bonne qualité.

2- Réservoir de la Péribonka

Environnement Illimité inc., (2008). Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Rapport technique sur les aménagements fauniques de 2007 – Faune ichtyenne. Rapport produit par Burton, F., D. Savard et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 91 pages, 4 annexes et 5 cartes.

Résumé : Deux frayères à touladi ont été aménagées au réservoir de la Péribonka pour l'implantation d'une population autonome et se reproduisant naturellement (**voir annexe 3**). Pour ces deux frayères, les surfaces de fraie aménagées étaient respectivement de 430 m² et de 400 m². Les critères respectés sont l'exposition aux vents du nord-ouest et aux vagues, une pente d'environ 20 à 30%, un faible risque d'ensablement ou de colmatage, ainsi que la proximité d'une zone profonde (>30m). L'aménagement des frayères a été fait dans une zone se situant à une profondeur de 1,0 à 3,0m (cotes de 244,2 à 241,2m) avec la cote maximale de la frayère à 243,0m et la cote minimale à 241,5m. Les caractéristiques prévues étaient une longueur de 50m et une largeur de 8m pour une surface de 400m². Le substrat était composé d'un mélange de blocs, de galets et de cailloux naturels de taille variant entre 100 et 300mm. Une couche de 500mm de ce substrat a été déposée sur un fond d'enrochement (Pierre dynamitée de 100-500 mm) d'une épaisseur de 0,5 à 1m (**voir annexe 3**). L'enrochement était aussi disposé de part et d'autre de l'aménagement comme bande de protection, avec une plus forte pente. Pour limiter l'apport de matériau végétal riverain ou de particules fines d'érosion, la cote maximale de l'enrochement en rive atteint la cote de 244,5 soit 0,3m de plus que la cote maximale du réservoir. Le substrat et la pente du pied de l'enrochement ne devaient pas être adéquats pour la fraie, pour limiter l'attraction des reproducteurs. Des boîtes d'incubation devaient être déposées sur les frayères aménagées pour un minimum de 100 000 œufs par an durant 6 ans. Des reproducteurs provenant du réservoir Manouane devaient êtreensemencés sur les frayères pour accélérer la colonisation du réservoir. De plus, des cages de rétention de 15m sur 8m devaient être mises en place pour confiner une partie des reproducteurs.

Commentaire : Il s'agit d'une étude réalisée avant l'introduction de touladis dans le réservoir. L'utilisation de la roche dynamitée permet de conserver les matériaux présents naturellement dans le réservoir et que le touladi pourra rencontrer à nouveau.

Environnement Illimité inc., (2009). Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Travaux 2008. Rapport produit par Burton, F., G. Tremblay, N. Ouellet et M. Simoneau. Présenté à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 80 pages, 6 annexes et 6 cartes.

Résumé : Les frayères à touladi n’ont pas été affectées par le remplissage du réservoir en 2007, mais la présence de débris ligneux sur les deux frayères limitaient les zones propices à la fraie et aucune activité de fraie n’y a été observée. Toutefois, des œufs ont été capturés en eaux vives dans la portion amont du réservoir. En 2008, les pêches, le transport, les fertilisations et les ensemencements ont été un succès. Toutefois, une importante mortalité des œufs et une diminution du nombre de touladis marqués ont été observées. Ainsi, les profondeurs, le substrat ainsi que la propreté de certaine zone des frayères sont propices à la fraie néanmoins aucun œuf de touladi n’a été observé. Une seconde visite, après la période propice à la fraie, n’a pas permis d’observer d’œufs sur ces frayères.

Commentaire : Le prélèvement des reproducteurs pas la pêche pourrait impacter le succès du recrutement. De plus, la prédation et la compétition pourraient être des éléments à prendre en compte. La reproduction des touladis ensemencés dans les eaux vives où ils ont été déposés suggère des préférences de reproduction qui pourraient être génétiques.

Environnement Illimité inc. (2010). Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Travaux 2009. Rapport produit par Burton, F., N. Ouellet, G. Tremblay et M. Simoneau. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction – Production des Cascades. 75 pages, 8 annexes et 6 cartes.

Résumé : Cette étude permet de constater que les frayères aménagées n’ont pas subi de modification depuis 2008. Toutefois, l’abondance de débris ligneux limite les surfaces propices à la fraie. Les caractéristiques et les conditions du réservoir (température, oxygène dissous, substrat, profondeur, pente, couvert de glace, action des vagues, présence de secteurs profonds à proximité des sites de fraie, etc.) demeurent adéquates pour répondre à l’ensemble des besoins du touladi. Les concentrations en oxygène dissous étaient même supérieures aux conditions optimales (6 mg/l). Ainsi, bien que les profondeurs et le substrat soient propices sur l’ensemble de la frayère, le colmatage et la présence de débris ligneux limitent la qualité de fraie. Les données de repérage des touladis ensemencés en 2007 et en 2008 suggèrent qu’environ 25 % des touladis mis à l’eau au cours de ces deux années (13 des 51 spécimens marqués) ne sont plus repérés. Lors de la plongée, aucun œuf n’a été observé sur les frayères malgré la présence de quelques reproducteurs.

Commentaire : Le nombre de touladis capturés par la pêche sportive est inconnu. Or, le prélèvement de reproducteurs peut impacter le recrutement. D’après cette étude, le colmatage des frayères fait en sorte que malgré un retrait des débris ligneux, la frayère pourrait ne pas être utilisée. De plus, il est possible que les touladis migrent et quittent le réservoir.

Environnement Illimité inc. (2010). Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Suivi des conditions hivernales 2010. Rapport produit par N. Ouellet et F. Burton. Présenté à Hydro- Québec Production, Direction – Saguenay–Lac-Saint-Jean. 15 pages, 3 annexes et 1 carte.

Résumé : La présente étude vient compléter la caractérisation de l’habitat de fraie du touladi et confirme que le niveau de l’eau durant la période hivernale est **suffisant sur 80 % des frayères aménagées pour s’assurer que les œufs demeurent immergés, protégés du gel et survivent pendant l’hiver. Les épaisseurs de glace mesurées au-dessus des frayères aménagées variaient entre 0,38 m et 0,80 m.**

Commentaire : Cette étude effectue un suivi des aménagements, notamment du couvert de glace présent sur les sites de fraie, mais elle ne traite pas de la présence ou non de reproducteurs et d’œuf sur les frayères aménagées.

Environnement Illimité inc. (2011). Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi et régime thermique – Travaux 2010. Rapport produit par Burton, F., N. Ouellet, G. Tremblay et M. Simoneau. Présenté à Hydro- Québec Production, Direction Saguenay-Lac-Saint-Jean. 92 pages, 10 annexes et 8 cartes.

Résumé : Le suivi télémétrique des touladis de 2008 à 2010 suggère que ces derniers quittent le réservoir. Sur les 21 touladis actifs qui ont été marqués d’un émetteur depuis 2008, 71 % (15 touladis) ont quitté le réservoir par l’aval, souvent moins de 10 jours après leur mise à l’eau. Une analyse des données bathymétriques de 2010 suggère qu’un nombre important de points d’élévation ont diminué, ce qui témoigne de l’affaissement de la surface de fraie. De plus, les débris ligneux et un colmatage sont responsables des diminutions de qualité et de surface. Ces frayères n’ont pas été utilisées en 2010, comme lors des deux années précédentes. Toutefois, la frayère construite pour les corégones, offre un bon potentiel pour la fraie du touladi, qui peut utiliser des habitats de fraie en eaux vives. En effet, en 2008, un œuf de touladi avait été capturé sur cet aménagement, ce qui suggérait que les touladis avaient préféré se reproduire en eaux vives. Néanmoins, aucun œuf de touladi n’a été observé sur cette frayère en 2010.

Commentaire : il est possible que les touladis se soient reproduits en eaux vives par adaptation d'un comportement de reproduction qui serait génétique, retrouvé chez les populations d'origine. Mais il est également possible que ceux-ci se soient reproduits en eaux vives au vu de la mauvaise qualité des frayères aménagées pour le touladi et de la meilleure attraction de la frayère aménagée pour le corégone (non colmatée). Le manque de recrutement peut également être dû aux introductions d'œufs et d'alevins récentes.

Environnement Illimité inc. (2012). Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Travaux 2011. Rapport produit par Ouellet, N., F. Burton et I. Lefebvre. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay- Lac-Saint-Jean. 60 pages et 6 annexes.

Résumé : Un nettoyage du substrat des frayères aménagées pour le touladi dans le réservoir a été réalisé l'été 2011. Ce nettoyage consistait à enlever les débris ligneux puis à l'aide d'une pompe à eau, le jet d'eau projeté a délogé les dépôts organiques des interstices du substrat et les a poussé à l'extérieur de la frayère. Cette intervention a donné des résultats satisfaisants pour les 2 frayères qui présentaient des substrats propices à la fraie. À partir de 2012 les premiers juvéniles auront 7 ans (fraie de 2005), il y aura normalement un nombre plus important de reproducteurs potentiels. Un suivi sera réalisé des reproducteurs et des œufs sur les frayères aménagées à ce moment.

Commentaire : Le nettoyage d'un site de fraie est une alternative temporaire et n'a pas d'impact sur le long terme.

Environnement Illimité inc. (2013). Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2012. Rapport produit par Ouellet, N. et F. Burton. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay-Lac-Saint- Jean. 62 p. et 10 annexes.

Résumé : Des débris ligneux ont été observés à quelques endroits lors de la caractérisation du substrat de fraie, mais il s'agissait d'une faible accumulation. Ceci suggère que le dépôt de matière ligneuse, qui avait nécessité le nettoyage du substrat de fraie au cours de l'été 2011 s'estompe graduellement depuis la mise en eau du réservoir. Toutefois, à l'automne 2012, un dépôt important de matière organique (limon) a été observé sur presque toute la surface de fraie des aménagements. Donc l'accumulation se ferait rapidement. Au printemps 2012, la récupération des boîtes d'incubation mises en place dans le réservoir à l'automne 2011 a permis d'estimer un taux d'éclosion des œufs de 18 %. Le fait que la plupart des œufs morts sur les tapis étaient embryonnés démontre qu'ils étaient viables lors de leur mise en incubation.

L'asphyxie des œufs suite à l'accumulation de matière organique sur leur enveloppe pendant l'incubation pourrait expliquer la mort d'une partie d'entre eux. La contamination des œufs par des champignons pourrait aussi expliquer le taux de mortalité élevé des œufs observé au printemps 2012.

Commentaire : Dans ce rapport, on constate que le nettoyage de la frayère n'a pas permis une fraie efficace l'année suivante. Une accumulation de matière organique a eu lieu et une contamination des œufs par les champignons est à considérer.

Environnement Illimité inc. (2014). Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2013. Rapport produit par Ouellet, N., F. Burton et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay–Lac-Saint-Jean. 60 p. et 9 annexes.

Résumé : Les résultats du suivi de la fraie suggèrent que les frayères aménagées et l'épi sous-marin n'ont pas été utilisés par le touladi à l'automne 2013. Toutefois, 16 géniteurs ont été capturés dans le secteur de l'enrochement du pont, dont 13 provenant des introductions d'alevins et trois des transferts de géniteurs provenant du réservoir Manouane. La plupart de ces géniteurs étaient en stade de ponte au moment de leur capture ce qui indique que l'échantillonnage était bien synchronisé avec la période de fraie du touladi dans le réservoir. Malgré que la présence d'œufs n'a pas été confirmée, ces observations laissent croire que des activités de fraie se sont déroulées dans le secteur de l'enrochement du pont de la Péribonka.

Commentaire : L'enrochement du pont est composé de blocs de pierre dynamités. Dans cette étude, il est précisé que ce substrat n'est pas propice à la fraie du touladi, car composé de pierres anguleuses de grande dimension (>1m). Néanmoins, les roches anguleuses pourraient être un substrat idéal en favorisant la présence d'interstices, donc une protection contre la prédation. De plus, la propreté du substrat est un point important pour la fraie du touladi.

AECOM. (2016). Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Suivi environnemental 2015 en phase d'exploitation. Mise en valeur du touladi. Rapport présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay – Lac-Saint-Jean. 88 pages et annexes.

Résumé : Depuis les derniers suivis en 2012 et 2013, aucun affaissement supplémentaire des surfaces de fraie aménagées n'est rapporté. En 2015, l'ensemble des superficies de frayères aménagées à ces deux sites était propice à la fraie du touladi. Néanmoins, ces deux frayères ne sont toujours pas utilisées par les reproducteurs. L'enrochement du pont traversant le réservoir offre une superficie propice à la fraie du touladi. Les résultats du suivi de la fraie en 2015

permettent de confirmer que le site de l'enrochement du pont de la Péribonka constitue une frayère utilisée par le touladi pour se reproduire dans le réservoir. Le suivi de 2015 a permis la capture de géniteurs de touladi à un seul des sites inventoriés pendant la période de reproduction de l'espèce, soit celui du pont de la Péribonka. De plus, un œuf a été récolté dans un collecteur de la rive droite. Depuis 2012, le nombre de géniteurs capturés a quelque peu augmenté, passant de 7 en 2012, à 15 en 2013 et à 20 en 2015. Ainsi, en trois années de suivi, seulement deux femelles ont été capturées (en 2013) et un seul œuf de touladi a été capturé en 2015 malgré l'installation de 35 collecteurs à œufs au site du pont. Les deux frayères aménagées spécifiquement pour le touladi ne sont toujours pas utilisées par l'espèce.

Commentaire : L'utilisation de l'ADN environnemental a permis de confirmer la présence du touladi dans le plan d'eau. La fraie a été confirmée sur la frayère (pont), malgré la non-utilisation des frayères aménagées. Les résultats de cette étude ne permettent pas de confirmer la réussite de l'implantation d'une population autonome de touladi dans le réservoir.

3- Réservoir de la Romaine 1 (50°22'41.07"N et 63°12'58.91"O)

Environnement Illimité (2014). *Complexe de la Romaine. Aménagement de frayères à touladi dans le réservoir de la Romaine 1—Énoncé d'envergure.* Rapport préparé par Frédéric Burton et Marc Gendron pour Hydro-Québec Équipement. 23 p. et 3 annexes.

Résumé : Hydro-Québec s'est engagé à mettre en valeur le touladi dans le futur réservoir de la Romaine 1 par l'ensemencement de juvéniles et par l'aménagement de 2 frayères. Les sites sélectionnés pour les frayères aménagées sont exposés au vent dominant pour favoriser le nettoyage du substrat et situés près d'une fosse (habitat recherché pour la croissance et la survie des jeunes). Le réservoir de la Romaine présente un marnage de 1,5m ; ce qui permet d'aménager une frayère à une profondeur faible, néanmoins ceci demande des vagues importantes pour nettoyer le substrat, ce qui sera peu fréquent compte tenu de la morphologie du réservoir. Afin d'augmenter le potentiel de nettoyage du substrat par l'effet des vagues et de limiter les risques de colmatage, les frayères seront aménagées loin de la rive sous la forme d'îlots sous-marins, ce qui augmentera l'effet de l'action du vent avec des orientations plus variées. Le nettoyage du substrat pourra aussi être assuré par la force du courant durant la crue printanière lorsque l'aménagement est situé dans une zone à écoulement lent durant l'automne. Les critères d'aménagement sont décrits comme tel : localisation sur pointe rocheuse en rive est avec une emprise du vent maximal (*fetch*), à proximité d'une zone profonde ; morphologie : îlots rocheux ou plateaux inclinés situés loin de la rive permettant une bonne circulation de

l'eau et des vagues; pente du substrat de fraie de 20-30 % ; profondeur la plus faible possible, tout en permettant aux œufs d'être à l'abri du gel ; cote du substrat de fraie : minimum 79,5 m et maximum 81,1 m ; le substrat de fraie est composé de pierres naturelles de calibre 40-300 mm avec une épaisseur de 300 à 1100 mm. Il sera déposé sur une base d'enrochement d'une épaisseur de 0,5 m composé de roches dynamitées (ou naturelles) de diamètre allant de 100 à 300 mm ou directement sur le roc.

Commentaire : Cette étude traite d'aménagements qui auront lieu ultérieurement. Il n'y a donc pas encore de suivi de réalisé. Les critères d'aménagements sont détaillés et des explications sur la construction sont explicitées. Cette étude s'appuie sur les aménagements réalisés au Péribonka qui n'ont pas donné, pour le moment, de résultats probants quant à l'attraction de touladi reproducteur sur les frayères aménagées.

4- Complexe de l'Eastmain-Sarcelle-Rupert (52° 9'3.37"N et 78° 8'18.39"O)

CONSORTIUM WASKA-GENIVAR. (2011). *Centrales de l'Eastmain-1-A et de la Sarcelle et dérivation Rupert. Suivi de l'intégrité et de l'utilisation des frayères à touladi aménagées dans les lacs RP062, RP030 et Cabot du bief Rupert amont – Rapport d'études – 2010. Rapport du consortium Waska-GENIVAR pour Hydro-Québec Production. 33 p. et annexes.*

Résumé : Hydro-Québec a débuté en 2007 l'aménagement des centrales hydroélectriques Eastmain-1-A et Sarcelle et dérivation Rupert. Pour le touladi (*Salvelinus namaycush*), les pertes d'habitat de fraie ont été compensées par l'aménagement, en 2009, de huit frayères dans trois lacs du bief Rupert amont. Un suivi de caractérisation et d'utilisation des frayères à touladi naturelles et aménagées dans les lacs du bief Rupert amont, a été réalisé à l'automne 2010 et constitue la première année du suivi de leur intégrité physique et de leur utilisation par l'espèce. Dans l'ensemble, toutes les frayères aménagées ont préservé leur intégrité physique puisqu'aucune zone de sédimentation par les particules fines, d'érosion ou de résurgence n'a été vue. Sur les frayères naturelles, aucun signe d'érosion, de résurgence, ni de sédimentation par les particules fines n'a été observé. Des 15 frayères naturelles investiguées dans ces deux lacs à l'automne 2010, huit ont été utilisées par le touladi. Les travaux de caractérisation montrent qu'aucune des 10 frayères aménagées n'aurait été utilisée par le touladi pour la reproduction, comme semble l'indiquer l'absence d'œufs dans celles-ci. Par contre, en ce qui concerne les 15 frayères naturelles, huit ont été utilisées par le touladi.

Commentaire : Ce suivi indique un bilan négatif de l'utilisation des frayères aménagées. D'après l'auteur ceci serait justifié par le comportement de « *homing* » des touladis. En

revanche, les frayères ont été aménagées en surface, tandis que les frayères naturelles se trouvent en profondeur à la suite de l'augmentation du niveau des eaux. L'éloignement des frayères aménagées n'a pas favorisé l'attraction des reproducteurs.

CONSORTIUM WASKA-GENIVAR. (2013). *Centrales de l'Eastmain-1-A et de la Sarcelle et dérivation Rupert. Suivi de l'intégrité et de l'utilisation des frayères à touladi aménagées dans les anciens lacs RP062, RP030 et Cabot du bief Rupert amont – Rapport d'études – 2012.* Rapport final du Consortium Waska-GENIVAR pour Hydro-Québec Production. 34 p. et annexes.

Résumé : Au complexe de l'Eastmain-Sarcelle-Rupert, huit frayères à touladi ont été aménagées dans 3 anciens lacs du bief Rupert amont. Les 8 frayères aménagées et 20 frayères naturelles ont fait l'objet d'une inspection en plongée sous-marine en octobre 2012 pour détecter tout signe éventuel de dégradation de leur intégrité et pour vérifier la présence d'œufs de touladi et de reproducteurs de l'espèce. Dans l'ensemble, les frayères aménagées ont préservé leur intégrité physique puisqu'aucune zone d'érosion, de sédimentation, de résurgence, ni d'exondation n'a été vue. Un léger affaissement a été noté sur la bordure d'une des quatre frayères aménagées du lac Cabot. Sur les frayères naturelles, aucun signe d'érosion, de sédimentation, de résurgence, ni d'exondation n'a été observé en 2012. Il en était de même en 2010. L'absence d'œufs sur les frayères aménagées indiquait qu'aucune n'a été utilisée par le touladi pour la reproduction en 2012. Il en était de même en 2010. En ce qui concerne les frayères naturelles, quatre d'entre elles, toutes situées dans l'ancien lac Cabot, étaient toujours utilisées par le touladi en 2012.

Commentaire : Pour ce suivi, bilan négatif de l'utilisation des frayères aménagées par le touladi. La présence généralisée de matière organique en surface et en profondeur sur le substrat des frayères naturelles peut être causée par le fait que celles-ci sont maintenant plus en profondeur donc plus exposée à la sédimentation et moins soumise à l'action des vagues que les frayères aménagées qui sont plus en surface.

CONSORTIUM WASKA-GENIVAR. (2017). *Complexe de l'Eastmain-Sarcelle-Rupert. Suivi de l'intégrité et de l'utilisation des frayères naturelles et aménagées pour le touladi.* Rapport d'étude 2015. Pour Hydro-Québec Production. 55 p. et annexes.

Résumé : Au complexe de l'Eastmain-Sarcelle-Rupert, huit frayères à touladi ont été aménagées dans 3 anciens lacs du bief Rupert amont. Ce document constitue le compte rendu de la 3^e année du suivi, les 2 premières ayant eu lieu en 2010 et 2012 ont montré que le touladi

utilisait certaines frayères naturelles dans les anciens lacs du bief Rupert amont, mais pas les frayères aménagées. 21 frayères sont à l'étude dont les 8 aménagées et 13 naturelles. En 2015, l'utilisation des frayères par le touladi a été vérifiée en utilisant 3 nouvelles approches : la pose d'ovocapteurs, la génétique environnementale (ADNe) et les sonars à balayage. La preuve de l'utilisation d'une frayère aménagée par le touladi a été obtenue par la capture d'un œuf par un ovocapteur sur une frayère du lac Cabot. Aucun indice d'utilisation d'une frayère naturelle par le touladi n'a été recueilli. Il y aurait une diminution de la fréquentation des frayères naturelles avec le temps. Au lac Cabot, le nombre de frayères naturelles utilisées est passé de 13 en 2007, avant la dérivation partielle, à 8 en 2010 un an après la dérivation puis à 4 en 2012 et finalement à aucune en 2015. L'abandon des frayères naturelles par le touladi dans ce plan d'eau peut avoir un lien avec la présence d'un dépôt de débris ligneux. Dans le cas des frayères naturelles, leur profondeur plus élevée depuis la mise en eau pourrait être une cause de la baisse de fréquentation.

Commentaire : Ce suivi indique un bilan négatif de l'aménagement des frayères. En effet, l'installation de frayères n'a pas permis à la population de touladi de perpétuer. Ceux-ci semblent avoir délaissé ces plans d'eau et n'utilisent pas ou plus les frayères naturelles. La sédimentation dans ce cas est une cause de la dégradation de l'état des frayères naturelles.

Commentaire général sur les 3 rapports de suivi : Les suivis effectués par Hydro-Québec peuvent constituer un exemple quant à la réalisation du suivi de l'efficacité des aménagements. D'après ces rapports, les superficies totales des frayères à touladi sont exposées afin de respecter les engagements pris par Hydro-Québec. Néanmoins, les points les plus importants ici ne semblent pas être les surfaces disponibles, mais la localisation des sites. Les sites se trouvent éloignés des frayères naturelles dans la plupart des cas. La proximité avec les frayères naturelles favoriserait l'attraction des reproducteurs avec un substrat de meilleure qualité que celui préexistant.

5- Lac de l'Île et réservoir du Sault aux Cochons

AECOM. (2011). Dérivation partielle de la rivière du Sault aux Cochons. Suivi environnemental 2010 en phase exploitation. Reproduction du touladi. Rapport présenté à Hydro-Québec Production. 40 p. et annexe.

Résumé : Au lac de l'île, les inventaires ont été réalisés sur les deux frayères aménagées à l'automne 2002. Ces deux sites sont exposés aux vents dominants en provenance du nord-ouest et sont localisés à proximité de la zone la plus profonde du lac. Le site T1 est constitué d'un

substrat composé de galets (8 à 25 cm de diamètre). Les valeurs de % cumulatif de blocs, galets et cailloux, la perméabilité moyenne du substrat et la pente mesurée au site T1, démontre que celui est adéquate pour la fraie du touladi. Au site T2, le pourcentage cumulatif du substrat et la perméabilité se sont améliorés au cours du temps. Une accumulation progressive de sable et de débris ligneux était observée entre 2005 et 2008 à la frayère T2. Mais cette proportion a diminué en 2010 à la suite d'une opération réalisée en 2009, de nettoyage des billes de bois et des branches provenant du flottage du bois sur les deux frayères. Cette opération devait permettre aux vagues et au courant de nettoyer naturellement les autres matières (écorces et sédiments fins) qui se sont déposées sur les frayères depuis leur aménagement. En 2010, il y a eu une diminution d'environ 15 % de sédiments fins et d'écorces à la frayère T2 par rapport au suivi précédent, ce qui indique que l'opération a été bénéfique pour la qualité du substrat de la frayère. Pour la frayère T1, il n'y a pas eu d'amélioration notable de la qualité du substrat suite à l'opération de nettoyage. Des œufs ont été collectés sur la T2 lors des suivis d'utilisation qui ont eu lieu (2004 à 2008). Au réservoir du Sault aux Cochons, cinq sites d'inventaire ont été retenus. Un 6^e site constitue la seule frayère dont l'utilisation par les géniteurs a déjà été confirmée.

Commentaire : La gestion des niveaux d'eau dans le réservoir de Sault aux Cochons ne causerait pas de contrainte pour la reproduction du touladi d'après cette étude. Néanmoins, pour ce suivi, les caractéristiques des frayères aménagées et naturelles (qualité du substrat, sédimentation, perméabilité, pentes, profondeur) ainsi que les variations du niveau d'eau ont été davantage étudiées que l'utilisation des frayères par les reproducteurs et la recherche d'œufs.

AECOM. (2012). Dérivation partielle de la rivière du Sault aux Cochons. Suivi environnemental 2011 en phase exploitation. Reproduction du touladi. Rapport présenté à Hydro-Québec Production. 50 p. et annexes.

Résumé : Cette étude présente les suivis de la reproduction du touladi au lac de l'Île et au réservoir du Sault aux Cochons par l'évaluation de la qualité du substrat, de l'ensablement ainsi que de l'intégrité physique des deux frayères à touladi aménagées en 2002 et la vérification leur utilisation par les géniteurs au lac de l'Île. De plus, une évaluation de la qualité du substrat et l'ensablement de la frayère confirmée n° 11 au réservoir du Sault aux Cochons a été réalisée. Des collecteurs à œufs ont également été installés et des plongées exploratoires ont permis de documenter leur utilisation par le touladi. La frayère T1 n'a pas été utilisée par le touladi à l'automne 2011, tout comme les années précédentes. Ceci serait expliqué par un comportement

de « *homing* » qui justifierait l'inutilisation de cette frayère en dépit de caractéristiques favorables à la fraie de cette espèce. Des œufs ont été trouvés dans les collecteurs à œufs installés à la frayère T2. Cette densité est inférieure à celle observée en 2005 (20 œufs/m²), 2006 (38 œufs/m²) et 2008 (17 œufs/m²), mais similaire à celle du suivi de 2007 (11 œufs/m²). 72% des œufs retrouvés ont été caractérisés de vivants et fécondés. Enfin, la frayère n°11 aurait de nouveau été utilisée par le touladi à l'automne 2011, mais aucun signe d'utilisation n'a été décelé aux 5 frayères potentielles. Un comportement de « *homing* » pourrait également être à l'origine de ce phénomène.

Commentaire : Il est indiqué qu'aucun signe d'utilisation n'a été décelé aux 5 frayères potentielles du réservoir du Sault aux Cochons. Il faut prendre en considération que pour ces frayères, le relevé effectué se limitait à une évaluation du taux d'ensablement. De plus, le suivi effectué au lac de l'Île confirme l'utilisation des frayères, l'état des œufs, mais ne renseigne pas sur le taux de survie des larves et des alevins.

AECOM. (2013). Dérivation partielle de la rivière du Sault aux Cochons. Suivi environnemental 2012 en phase exploitation. Reproduction du touladi - Bilan du suivi 2003-2012. Rapport final présenté à Hydro-Québec Production. 44 p. et annexe.

Résumé : Les frayères aménagées au lac de l'île n'ont jamais été exondées depuis l'installation des enregistreurs automatiques en 2006. La qualité du substrat et la superficie utilisable de la frayère T1 depuis 2007 se sont légèrement dégradées depuis 2007, mais celle-ci présente encore des caractéristiques adéquates à la fraie du touladi soit une proportion de blocs, galets et cailloux de 70% et une perméabilité d'environ 10cm. Les études d'utilisation des années précédentes suggèrent que celle-ci n'est pas utilisée par le touladi. Après la diminution du pourcentage de sable et d'écorce à la frayère T2, il y a stabilisation en 2012 avec une augmentation de la surface de fraie. La frayère T2 serait utilisée par les touladis reproducteurs selon les études de 2012. Pour le réservoir du Sault aux Cochons, les suivis d'utilisation réalisés par AECOM 2012, indiqueraient que la frayère naturelle n°11 n'a pas des caractéristiques idéales pour la fraie du touladi, mais elle est quand même utilisée par celui-ci. Pour les autres frayères potentielles, il y aurait depuis 2011, une augmentation de l'ensablement a été observée, mais l'auteur considère que cela n'a pas d'importance, car aucun œuf n'y a été observé.

Commentaire : Cette étude ne traite pas de l'utilisation des frayères par les touladis, mais des caractéristiques et la qualité de celles-ci au cours du temps. Au réservoir du Sault aux Cochons, le constat de l'ensablement de frayères potentielles ne semble pas avoir d'importance, car il n'y

a pas eu d'observation d'œufs. L'ensablement va diminuer l'attraction des reproducteurs sur ces sites pour les années futures.

6- Réservoir Manic-3 : Manicouagan (43° 18' N, 67° 46' 0)

Hayeur, G. (1976). Construction de frayères artificielles pour le touladi ou truite grise (*Salvelinus namaycush*) sur le site du réservoir Manic-3. Hydro-Québec. Environnement.

Résumé : Réalisation de frayères artificielles pour le touladi pendant le remplissage du réservoir en 1975 par Hydro-Québec. Pour la 1^{re} frayère, ils ont effectué une mise à nu de la moraine. La quantité de moellons était peu importante par rapport à la masse de sable graveleux. Sur ce premier site, 3 frayères ont été aménagées. Chaque aménagement s'étend sur 80 m par 100 m et se trouve à environ 5 à 6 m de profondeur. Pour la 2^{de} frayère, ils ont répandu une montagne de pierres présente sur une grande étendue. Elle est composée exclusivement de moellons et s'étend sur 1300m² et se trouve à 5 m de profondeur. Le projet a eu un coût total de 5,650\$.

Commentaire : Cette étude appuie l'idée qu'il est possible de réaliser des aménagements rapidement pour minimiser les impacts des activités anthropiques sur l'environnement. Néanmoins, la rapidité de la confection du projet entraîne un manque de prévisions quant à l'efficacité de celui-ci sur du long terme. Aucune mesure n'a été prise pour ces aménagements au préalable.

Gendron M. et B. Bélanger (1991). Évaluation : Impact du marnage sur les sites et le potentiel de reproduction du Touladi dans le réservoir Manic. Rapport présenté à Hydro-Québec. Responsable : Roger Bérubé.

Résumé : Sur le premier site localisé dans la partie centrale du réservoir Manic, les frayères sont principalement composées de moellons et de sable graveleux (extraits de la couche de moraine). Ces sites présentent des substrats qui ne conviennent pas à la fraie du touladi avec un substrat composé de vase, imperméable aux œufs et présentant une faible pente. Le second site localisé dans la partie amont du réservoir n'abrite qu'une seule frayère aménagée. Ce site présente un substrat idéal pour la fraie du touladi : 90% de gravier grossier, propre et perméable, pente forte (12 à 33%). Le substrat tend à se colmater sous 4m de profondeur. Aucune capture de touladi n'a été effectuée sur les 2 sites. Et les contenus stomacaux d'autres espèces ne présentaient aucune trace d'œuf de touladi.

Commentaire : Une étude approfondie de la population de touladi présente dans la rivière aurait été nécessaire avant d'aménager des frayères. De plus, il n'y a pas d'informations sur les ressources alimentaires disponibles pour celui-ci dans le plan d'eau. En effet, ils évoquent dans cette étude un projet d'ensemencement du touladi.

Gendron, M. (1998). Réfection des parements amont des réservoirs Manic-Outardes. Mesures fauniques pour le touladi dans le réservoir Manic-3. Travaux 1997-1998. Rapport réalisé par Naturam Environnement inc. et Environnement Illimité inc. pour Hydro-Québec. 20 pages et annexes.

Résumé : Le réservoir Manic-3 présente des caractéristiques environnementales propices au touladi, mais la population y demeure marginale. Ils suspectent que les touladis du réservoir proviendraient principalement du réservoir Manicouagan, situé plus en amont. Ces derniers ne seraient pas aptes à se regrouper et à frayer bien que des sites propices à la fraie soient disponibles. Ces travaux visent à conditionner une frayère aménagée dans le réservoir Manic-3 par l'imprégnation de phéromone en y déposant des œufs fécondés à l'intérieur d'incubateurs. Le site aménagé en 1975 présente toujours de bonnes conditions : la pente du site varie de 23 à 37 % avec un substrat constitué de 5 % de cailloux (40-80 mm), 45 % de galet (80-250 mm) et 50 % de moellon (250-500 mm). Après 21ans, celui-ci a conservé une perméabilité et une propreté dites « excellente ».

Commentaire : Cette étude ne traite pas de l'observation de touladi dans le lac ni de la présence d'œufs sur les frayères aménagées. Ce rapport effectue une caractérisation du substrat présent sur les sites de fraie et envisage des travaux d'imprégnation de phéromones pour que ces frayères soient utilisées par le touladi.

Environnement Illimité inc., (2008). Réservoir Manic-3 - Suivi de l'utilisation de la frayère aménagée pour le touladi. Rapport présenté par Guay, G. et M. Gendron pour Hydra-Québec, Direction Barrages et Environnement. 23 pages et 6 annexes.

Résumé : À la suite des travaux de 1997 qui consistaient à imprégner des phéromones en déposant sur les frayères des œufs de touladi fécondés à l'intérieur d'incubateurs, un suivi a eu lieu au printemps suivant. Le succès d'éclosion avait varié de 58 à 77%, ce qui montrait une certaine réussite. En 2008, afin de vérifier le succès de ces actions, un suivi de l'utilisation de la frayère à touladi a été effectué. Ce suivi consistait à évaluer l'intégrité de la frayère, la présence de reproducteurs et la recherche d'œufs dans le substrat. La caractérisation du substrat présent sur la frayère a montré que celles-ci sont demeurées les mêmes : dominance de galets avec des blocs et des cailloux présents dans des proportions inférieures. La propreté est restée

bonne avec une accumulation plus importante en surface (<3m) de limon et d'algues. Dans les parties plus profondes, la pente est plus abrupte, la perméabilité est meilleure. Les pêches ont permis de capturer 20 touladis sur les frayères et à proximité. Néanmoins aucun œuf n'a été observé sur la frayère. La présence d'une fine couche de limon pourrait jouer en sa défaveur.

Commentaire : Dans cette étude, le bilan négatif de l'utilisation de la frayère artificielle par le touladi met en avant le fait que plusieurs facteurs sont liés à la reproduction de l'espèce. En effet, une frayère de bonne qualité n'assure pas à elle seule le bon développement du poisson au sein du plan d'eau.

7- Lac-aux-Sables : Haute Mauricie

Scrosati, J. (1994). Amélioration de la qualité générale des sites de fraie à Touladi. Lac-aux-Sables. Service de l'aménagement et l'exploitation de la faune du ministère de l'Environnement et de la Faune.

Résumé : L'objectif de cette étude est d'améliorer les frayères naturelles existantes, de réactiver celles que la sédimentation a détruites et ajouter de nouvelles frayères en tenant compte de la pente, de la sédimentation possible et de l'exposition au vent dominant. Les travaux ont débuté mi-février 1993 effectués par la firme Multi Service Bronsard et Robert. Sept frayères sont réalisées allant de 1,4m à 2,5m de profondeur. Les matériaux utilisés pour les sites de fraie sont des pierres de carrière de multiples facettes d'une grosseur de 15 à 20 cm afin d'avoir des orifices qui favorisent une meilleure pénétration des œufs et la protection contre la prédation. Un mètre de pierres a été utilisé pour limiter la sédimentation. La profondeur d'immersion de l'aménagement a été d'un mètre, prise en compte des villégiatures, des activités humaines. Les aménagements sont très près de la berge avec une forte pente. En novembre, une visite des aménagements en plongée a été faite. Des observations de la qualité générale du site ont été réalisées. Ce suivi a permis de constater la présence d'œufs sur 4 des frayères aménagées et quelques œufs sur une seule frayère naturelle. Pas de sédimentation sur 5 des frayères. En général les frayères reposent sous 2m d'eau ce qui est supérieur aux prévisions (manque de repères lors de la mise en place des bornes des sites de dépôts). L'ensemble des sites sont constitués de matériaux répondant au devis. Deux des frayères ont un début de sédimentation de nature organique. L'installation de trappe à sédiments pour quantifier les dépôts dans le temps est recommandée ainsi qu'une augmentation de l'épaisseur des dépôts.

Commentaire : D'après cette étude, il serait plus préférable de créer une nouvelle frayère à un endroit propice plutôt que de tenter de réactiver un site délaissé à cause de la sédimentation.

Néanmoins il est important de prendre en compte le comportement de « *homing* » du touladi et de réaliser de nouvelles frayères à proximité du site naturel. Ceci dépend du comportement de la population de touladi en question, des expériences pourraient être réalisées.

Benoît, J. (1994). Résultats des interventions réalisées au Lac-aux-Sables à l'été 1993. (Bilan)

Résumé : Ce rapport présente les résultats des interventions visant la restauration du touladi au Lac-aux-Sables en 1993. Concernant les aménagements de frayères, lors de l'automne, ils ont vérifié leur utilisation en effectuant des observations en plongée. Le nombre d'œufs était "important" confirmant la réussite de l'intervention. Néanmoins malgré toutes les interventions, la population de touladi n'était toujours pas en voie de restauration. Les frayères aménagées n'ont pas permis de rehausser le recrutement, car il y aurait une pêche illégale importante, une mortalité anormale des jeunes touladis dans les zones profondes et une émigration via la décharge.

Commentaire : Ce document ne traite pas des caractéristiques des différentes frayères. Il recense les résultats de chacune des interventions. Ainsi, on constate que la dégradation de l'habitat de fraie n'est pas toujours la cause principale de la baisse de l'abondance de la population de touladis d'un plan d'eau. D'autres facteurs entrent en jeu et doivent être considérés lors de la mise en place du plan de restauration.

Benoît, J. et J. Scrosati. (1996). Utilisation par le touladi (*Salvelinus Namaycush*) de frayères artificielles aménagées en zone littorale profonde. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction régionale Mauricie-Bois-Francs, Trois-Rivières-Ouest, Rapport Technique. 24p. + annexes.

Résumé : La profondeur des frayères naturelles du Lac-aux-Sables varie, en moyenne, de 0,1m à 1,3m. Les substrats observés sont composés de 73% de substrats favorables et 8% de non favorables. Les frayères aménagées sont plus profondes variant de 1,83 m à 2,5 m. Elles présentent un substrat idéal permettant une perméabilité optimum pour les œufs de touladi. Les frayères naturelles sont les moins utilisées par le touladi. Les plus grandes densités d'œufs sont observées pour les frayères aménagées. 44,8 œufs au m² sur les sites aménagés contre 11,4 œufs sur les sites naturels. La présence sur certaines frayères de dépôts d'algues et de sédiments fins deux ans après leur aménagement soulève un problème de qualité à long terme de ce type d'intervention. Ces constatations appuient l'hypothèse que la qualité du substrat est un facteur déterminant pour le comportement reproducteur du touladi et que la profondeur des frayères est

un facteur secondaire dans le processus de sélection des sites de reproduction par cette espèce. Il est recommandé de vérifier périodiquement la sédimentation fine sur les frayères en relation avec leur utilisation pour le touladi.

Commentaire : D'après cette étude, le problème majeur rencontré serait la sédimentation. Ainsi pour améliorer la durabilité des aménagements, il faudrait poser des trappes à sédiments avant la construction des frayères afin d'évaluer le pourcentage de sédimentation du site. De plus, développer des techniques d'obstruction des frayères riveraines permettrait une meilleure attraction du touladi sur les sites plus en profondeur et ayant un substrat plus favorable à la fraie.

Benoît, J., M. Legault et R. Perreault. (1998). Validation d'une technique d'induction de la reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) sur des frayères situées en zone littorale profonde. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction régionale Mauricie-Bois-Francs, 37p.

Résumé : L'objectif de cette étude est de vérifier la possibilité de concentrer la déposition d'œufs sur des sites artificiels aménagés sous la zone de marnage, à proximité de frayères naturelles ayant été recouvertes d'une toile. Ceci afin d'établir une mesure potentielle d'atténuation de la gestion des réservoirs hydroélectriques. Lors de cette expérience, un très petit nombre d'œufs a été dénombré sur les frayères recouvertes d'une toile, tandis qu'une densité de 74.2 œufs/m² a été observée sur les frayères aménagées à proximité, en zone plus profonde. L'examen visuel effectué sur les autres frayères du plan d'eau n'a révélé qu'une très faible quantité d'œufs, malgré la bonne qualité de ces sites traditionnels et aménagés. Il apparaît donc que la majorité de la déposition des œufs s'est produite sur les frayères à l'étude, suggérant ainsi un déplacement des reproducteurs utilisant habituellement les sites de reproduction traditionnels ayant été recouverts d'une toile vers les frayères aménagées à proximité. Donc l'obstruction à l'aide d'une toile, des frayères situées dans la zone littorale a permis de faire délaissier ces dernières et de déplacer la reproduction vers les frayères artificielles aménagées à proximité et à une plus grande profondeur. Dans cette étude, l'effet des vagues n'a pas influencé la distribution des œufs sur les frayères. L'inconvénient rencontré pour l'aménagement des frayères dans cette étude est le potentiel de sédimentation.

Commentaire : Pour cette étude, l'obstruction des frayères naturelles par des toiles n'était qu'expérimentale. Ainsi, l'utilisation préférentielle des frayères aménagées plus en profondeur n'est pas une évidence pour l'année suivante, si les frayères traditionnelles ne sont pas obstruées

à nouveau. De plus, seule une observation des œufs a été effectuée. Cela ne renseigne pas sur la survie des alevins à la suite de leur émergence en profondeur.

Benoît, J., & Legault, M. (2002). Assessment of the feasibility of preventing reproduction of lake charr (*Salvelinus namaycush*), in shallow areas of reservoirs affected by drawdowns. In *Ecology, behaviour and conservation of the charrs, genus Salvelinus* (pp. 303-311). Springer, Dordrecht.

Résumé : Afin d'atténuer le marnage et les effets de la gestion des réservoirs hydroélectriques, ils ont procédé à l'aménagement de frayères artificielles complémentaires à une obstruction des frayères naturelles près du rivage avec des bâches en polyester-polypropylène. L'objectif de cette étude était de vérifier la faisabilité de concentrer les dépôts d'œufs dans les zones de frai artificielles créées dans des eaux plus profondes à proximité des frayères naturelles et d'empêcher l'accès à l'habitat naturel de frai en les recouvrant de bâches. La qualité du substrat semble avoir été le facteur déterminant dans la sélection du site de frai, la profondeur étant un facteur secondaire. Pour que la mise en œuvre réussisse, le substrat doit être plus propre et plus poreux dans les sites artificiels que dans les sites naturels afin d'effectuer une attraction sur les adultes à fraie. Lorsque les frayères naturelles étaient couvertes de bâches, presque tous les œufs étaient pondus dans les zones de frai artificielles. L'inconvénient reste la sédimentation qui engendre une dégradation des sites artificiels sur le long terme.

Commentaire : La qualité du substrat est décrite comme très importante dans cette étude. Néanmoins, pour que le touladi se déplace sur le site aménagé, une obstruction des sites naturels est effectuée. Ainsi, ceci met en avant le comportement de « *homing* » du touladi, qui retourne préférentiellement sur la même frayère l'année suivante. De ce fait, la réalisation d'une frayère aménagée à proximité de la frayère naturelle est préférable pour exercer une attraction positive sur le touladi.

Houde, L. (2006). Bilan des études et perspectives du touladi au Lac-aux-Sables. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Faune Québec. Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie. Rapport technique. 21 pages et annexes.

Résumé : De 1980 à 1993 des sites de fraie ont été aménagés pour assurer le recrutement et la pêche sportive a été fermée pendant 2 ans. Néanmoins en 1998, la densité du touladi était la plus faible des lacs de la Mauricie. L'autre facteur expliquant l'état précaire de la population de touladi était la faible qualité des sites de reproduction. Les travaux d'aménagement ont consisté à déposer de la roche nette d'un calibre 6 à 8 pouces sur la glace à des endroits

stratégiques à l'hiver 1993 pour augmenter la superficie et la qualité des frayères connues (décrits plus haut). Ces frayères furent effectivement utilisées par les touladis. La densité du touladi est très faible au Lac-aux-Sables et les jeunes sont pratiquement absents des captures scientifiques. Les sites de reproduction sont adéquats et utilisés, ils ne sont pas considérés comme limitants pour l'espèce. Dans ce document un problème de cannibalisme dû aux ensemencements est évoqué.

Commentaire : Afin de valider l'hypothèse d'une potentielle prédation ou de cannibalisme, il faudrait réaliser un suivi du développement des larves et des alevins après l'éclosion des œufs et/ou réaliser des analyses stomacales des potentielles espèces prédatrices du lac et des grands spécimens de touladis. Les suivis réalisés n'ont porté que sur l'observation de la présence d'œufs sur les frayères.

Plourde-Lavoie, P. et S., Gagné (2018). Étude de la population et de l'exploitation du touladi au lac aux Sables. Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Résumé : Une pêche expérimentale normalisée visant à documenter l'état de la population de touladi de même qu'un suivi de la communauté ichtyologique ont été réalisés en 2014. Une enquête de pêche a été aussi réalisée en 2015. L'habitat du touladi au lac aux Sables est adéquat. Le taux d'oxygène est élevé et la température est froide dans l'hypolimnion. L'abondance de touladi observée en 2014 est la plus élevée depuis le début du suivi en 1989, bien qu'elle demeure inférieure à l'abondance d'une population à l'équilibre. La proportion de vieux et de gros touladis est faible, signe d'un état de surexploitation. Les touladis atteignent la taille de 45 cm à l'âge de 11 ans. Le suivi de la communauté a confirmé l'arrivée de deux nouvelles espèces dans la communauté, soit l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*) et le crapet de roche (*Ambloplites rupestris*). Ces introductions peuvent représenter une menace pour le maintien des populations de touladi à long terme. Néanmoins, la population de touladis montre des signes de rétablissement et la taille minimale de 450 mm est adéquate pour améliorer le potentiel reproducteur et la qualité de la pêche sur ce plan d'eau. La densité obtenue lors du dernier inventaire ne justifie pas le recours à des ensemencements le repeuplement pour soutenir le rétablissement de la population. Même si les ensemencements antérieurs peuvent avoir perturbé l'intégrité génétique de la population de touladis, la qualité de l'habitat de croissance et de reproduction de même que l'amélioration récente dans l'état de la population du lac aux Sables dictent de ne pas soutenir

la pêcherie par des ensemencements de mise en valeur qui pourrait nuire à la population naturelle et augmenter la pression de pêche sur le plan d'eau.

Commentaire : Cette étude ne traite pas de l'aménagement des habitats de fraie qui ont été réalisés, mais de l'analyse des pêches expérimentales qui ont été réalisées. Ainsi, on pourrait combler le manque d'informations sur les suivis des frayères par les connaissances sur l'abondance du touladi dans le plan d'eau. La population semble se rétablir petit à petit et sans ensemencements, ce qui peut confirmer que le touladi se reproduit et indirectement qu'il utilise des sites de fraie qui favorise le développement des alevins par la suite.

8- Réservoir Manouane : Haute-Mauricie

Scrosati, J. et J., Benoît (2000). Amélioration de la qualité du substrat sur la principale frayère à Touladi du réservoir Manouane. Société de la faune et des parcs du Québec. 20p

Résumé : Restauration de la seule frayère naturelle préexistante d'une superficie de 500m². Elle se trouve à une profondeur entre 1,0 et 3,0 m. Le substrat est dominé par des galets (40-60 %) et des blocs (20- 60 %). Le site montre la présence de limon sur les pierres, présente une perméabilité moyenne aux œufs (0-30 %) et une faible pente (0-20 %). Le problème majeur étant la perméabilité et la quantité de substrats insuffisante pour protéger les œufs des prédateurs. L'abaissement du niveau d'eau du réservoir (≈ 2m) laisse apparaître à proximité de la frayère, une pointe rocheuse composée de pierres sur une superficie d'environ 3 000 m². L'aménagement visait à déplacer les pierres exondées sur le site de fraie identifié lors du suivi en 1998. La restauration consistait à déposer sur la frayère une couche minimale de 50 cm de galets et de petits blocs afin d'augmenter la perméabilité du substrat aux œufs et augmenter leur taux de survie. Des pierres ont été déposées au centre de la frayère naturelle, sur une superficie de 125m², pour obtenir une épaisseur allant de 50 à 100cm avec une forte proportion de pierres de 30 à 40 cm. L'empierrement offrait alors une perméabilité optimale pour la fraie du touladi. Une vérification de l'utilisation de la frayère lors de l'automne 1999 a démontré que comme en 1998, les reproducteurs y ont déposé leurs œufs. Malheureusement, des problèmes techniques n'ont pas permis de valider l'utilisation préférentielle du site aménagé versus le milieu naturel pour le dépôt des œufs.

Commentaire : Le but de cet aménagement était de diminuer les risques de prédation en augmentant la quantité d'interstices. Le suivi réalisé a permis de confirmer l'utilisation de la frayère par les reproducteurs, mais ne confirme pas le taux de survie des œufs. Ainsi, on ne sait

pas si ceci a eu un impact sur le taux de prédation comme prévu. Cette étude mérite un suivi à long terme pour vérifier le rendement et la qualité de l'habitat restauré.

Gendron, M. 2001. La restauration du touladi des réservoirs de la Haute-Mauricie. Plan de mise en œuvre. Étude de la reproduction du touladi dans les réservoirs Châteauvert et Manouane, automne 1999. Rapport réalisé par Environnement Illimité inc. Présenté à Hydro-Québec, Unité Hydraulique et Environnement et région Mauricie. 22 p. et annexes.

Résumé : Au réservoir Manouane, la gestion du niveau d'eau pour empêcher les touladis de frayer au-dessus de la cote hivernale a eu de bons résultats. En effet, en 1998 et 1999, les reproducteurs ont utilisé la même frayère, localisée à l'abri des exondations hivernales, bien que les caractéristiques de celle-ci ne soient pas optimales. L'annexe 4 présente la localisation des différentes frayères naturelles et aménagées. Les observations en plongée subaquatique ont montré une très grande perméabilité des parcelles aménagées, ce qui rend très difficile le dénombrement des œufs. Ces observations et les vidéos effectuées ont permis de dénombrier 170 œufs. L'ensemble de la frayère semblait avoir une proportion de sable sensiblement supérieure à ce qui avait été observé en 1998. L'aménagement de la frayère a permis d'améliorer la perméabilité et la propreté du site. Les touladis ont continué d'utiliser l'ensemble de la frayère naturelle. Cependant, la densité des œufs y est moins élevée (moyenne : 5,3 œufs/segment de 4 m) que sur l'aménagement (19 œufs/segment de 4 m), surtout que la forte perméabilité des zones aménagées rend plus difficile l'observation et le décompte des œufs. Finalement, étant donné la faible superficie d'habitat préférentiel qu'offre le réservoir Châteauvert pour le touladi, il serait probablement plus rentable, en termes de production de touladi, de créer une seconde frayère dans le réservoir Manouane.

Commentaire : Cette étude montre que le nombre d'interstices dans la frayère aménagée est élevé, d'où la difficulté à dénombrier les œufs présents sur le site. Ceci permet une diminution de la prédation, ce qui était l'objectif de départ. De plus, ceci met en avant l'adaptation du touladi qui est allé frayer sur l'aménagement. C'est un bilan positif.

Grégoire, Y., P. Bérubé, J. Scrosati, (2002). Étude comparée d'une frayère à touladi aménagée et d'une frayère naturelle au réservoir Manouane : résultats de la première année. Rapport d'étape. 22 pages.

Résumé : Les objectifs de l'étude étaient d'évaluer l'utilisation préférentielle de la frayère aménagée et de la frayère naturelle par les reproducteurs, à partir du dépôt des œufs. De mesurer le taux de survie des œufs par l'entremise d'une reproduction artificielle sur les frayères

aménagée et naturelle. Puis d'estimer la durabilité de la frayère aménagée en ce qui a trait à la présence ou non des sédiments. Des stations de captures d'œufs ont été installées en septembre 2000 puis en octobre 2001. Pour la sédimentation, des capteurs ont été déposés sur la frayère naturelle, sur la frayère aménagée et en milieu témoin. Une différence significative a été relevée entre le nombre d'œufs capturés entre 2000 et 2001. Celle-ci serait due à une plus forte prédation et un reflux des vagues en 2000. Le nombre d'œufs déposés en milieu aménagé et plus élevé qu'en milieu naturel pour les deux années. De plus, l'accumulation de sédiments est plus faible dans la frayère aménagée que dans la frayère naturelle et dans le milieu témoin. Seulement une partie de la variance de la déposition d'œufs a été expliquée à partir de la profondeur et des sédiments.

Commentaire : Même si la frayère aménagée semble être davantage sélectionnée par les touladis pour la ponte, rien n'indique que le recrutement sera meilleur dans celle-ci plutôt que dans la frayère naturelle. Le plus grand nombre d'œufs en frayère aménagée peut correspondre à une baisse du taux de prédation. Néanmoins, d'autres facteurs sont à prendre en compte, comme l'impact du marnage sur le comportement du touladi qui n'a pas été étudié ici.

Houde, L. (2008). Évaluation du programme de restauration du touladi au réservoir Manouane. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Faune Québec. Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie. Rapport technique. 24 pages.

Résumé : Une pêche expérimentale a été réalisée en 2007. Le recrutement naturel est aussi faible en 2007 qu'en 1992, malgré les mesures mises en place pour le favoriser. La principale frayère, à une élévation d'environ 1m sous le niveau minimal moyen du réservoir en hiver, a été agrandie en profondeur et Hydro-Québec a modifié la gestion du niveau de l'eau du réservoir pour éviter la fraie du touladi au-delà de ce niveau. Les frayères potentielles sont rares, une seule semble utilisée par les touladis, ce qui pourrait rendre la population sensible au prélèvement des reproducteurs et expliquer la grande amplitude dans la force des classes d'âge des touladis de 9 ans et plus. Les études de suivi de la frayère aménagée indiquent qu'elle est utilisée pour la fraie. Le nettoyage du substrat par l'action des vagues se fait dans le mois précédent la fraie et l'incubation des œufs dans les mois suivants. Les touladisensemencés, surtout les premiers, pourraient aussi s'alimenter sur les juvéniles et expliquer en partie la grande rareté des touladis de moins de 5 ans. Les apports par recrutement naturel seraient faibles malgré les mesures mises en place pour favoriser la reproduction et l'incubation des œufs. Cependant, les premières cohortes (2000 et 2001) issues des pontes réalisées sous les nouvelles modalités de gestion de l'eau étaient en augmentation, ce qui laisse croire que les nouvelles

conditions sont propices à un recrutement naturel de la population. Il serait envisageable d'aménager d'autres frayères en profondeur.

Commentaire : Dans cette étude, on constate que les petits touladis sont retrouvés aux mêmes profondeurs que les plus grands. Certains petits touladis sont même retrouvés à des profondeurs avec un niveau d'oxygène <2mg/l pour échapper aux grands spécimens. Ainsi, la frayère aménagée est utilisée, mais le problème de recrutement proviendrait du cannibalisme exercé entre les individus et de la prédation par le grand corégone. De plus, la survie des larves n'a pas été étudiée.

Houde, L. (2009). Dynamique des populations de touladi de la Mauricie et effets des interventions de gestion. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de l'expertise Énergie-Faune-Forêt-Mines-Territoire de la Mauricie et du Centre-du-Québec. Rapport technique. 55 p. et annexe.

Résumé : Au réservoir Manouane a été aménagée une frayère en profondeur, du matériel approprié a été ajouté à proximité de la frayère naturelle (profondeur de 1,0 à 3,2 m) pour rehausser le fond à environ 1 m de profondeur, les modalités d'exploitation du niveau d'eau ont été changées pour favoriser son utilisation. La pêche sportive au touladi a été interdite et une entente pour suspendre la pêche de subsistance pendant plusieurs années a été conclue. De plus, il y a eu un déversement, à quatre reprises, de près de 100 000 touladis d'un an. Néanmoins, le recrutement naturel était aussi faible en 2007 qu'en 1992. Lesensemencements ont fourni l'essentiel de l'augmentation de l'abondance des touladis. Les causes seraient lesensemencements, le cannibalisme et la prédation. La sédimentation et la ponte ont été mesurées de 2000 à 2003. Grâce à l'abaissement du niveau du réservoir un mois avant le frai, l'accumulation de sédiments s'est révélée de 5 à 15 fois plus faible dans le milieu aménagé. Le nombre d'œufs était significativement plus important dans ce milieu (jusqu'à 100 fois). La survie des œufs, évaluée en 2007 et en 2008, ne différait pas entre les milieux aménagés et naturels.

Commentaire : D'après cette étude, lesensemencements massifs nuiraient à la population naturelle et compromettraient le processus de restauration. L'aménagement de frayères a fonctionné, le problème de recrutement ne serait pas dû aux aménagements. La profondeur optimale des sites de fraie dépendrait du *fetch* et des vents dominants, car ils conditionnent la formation des vagues responsables des caractéristiques et du nettoyage des substrats des frayères. Les conditions d'oxygène dissous étant bonnes au fond des lacs, le cannibalisme

pourrait être responsable du fort taux de mortalité et du manque de recrutement pour les touladis indigènes et déversés.

9- Lac du Missionnaire : MRC de Mékinac, Mauricie

Scrosati, J. et L., Houde (2002). Évaluation du niveau d'eau en fonction des sites de fraie du touladi au lac du Missionnaire nord. Société de la faune et des parcs du Québec. Trois-Rivières-Ouest, avril 2002.

Résumé : La population du touladi de ce plan d'eau est en restauration depuis 1990 et fait partie d'un programme de suivi provincial. Le but de cette étude est de déterminer la localisation et d'évaluer la superficie des frayères potentielles pour déterminer le niveau d'eau acceptable pour la reproduction du touladi. Ainsi, l'objectif est d'intervenir sur la gestion du niveau d'eau pour assurer des sites de pontes de qualité (viabilité des œufs et des larves). D'après les résultats, 87% des aires propices à la fraie sont à moins de 50cm de profondeur, y compris la partie exondée au moment de l'étude. Ainsi la faible profondeur des sites propices est due à une baisse récente du niveau du plan d'eau, avec de fortes pentes et la configuration du lac qui limite l'action des vagues. Ces facteurs n'assurent pas la stabilité et la protection des œufs. Les recommandations sont la gestion du niveau d'eau qui doit être stabilisé et l'augmentation de la superficie des aires de fraie.

Commentaire : Ce document ne traite pas de l'aménagement de frayère, c'est une recommandation. Cette étude est une caractérisation des sites de fraie présents. Après l'analyse des résultats, un agrandissement des sites de fraie actuel est proposé. Les frayères artificielles voulues seraient construites en paliers et à de plus grandes profondeurs. Néanmoins, il est dit dans cette étude que l'action des vagues est faible à la suite de la configuration du lac. L'action des vagues sur des frayères plus en profondeur serait alors presque nulle.

Guillemette, L. (2006). Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier. Rapport final. Aménagement de frayère à touladi au lac Missionnaire. Par Pemesseau Faune.

Résumé : Projet d'aménagement de frayères à touladi au lac Missionnaire (**annexe 5**). L'objectif était de permettre à la population de touladi d'atteindre un équilibre naturel. Avec une absence de jeunes touladis lors des pêches expérimentales, ils en ont conclu à une déficience de l'habitat de reproduction. La faible superficie des sites propices est due aux fortes pentes du rivage et à la configuration du lac qui limite l'ampleur des vagues. La faible profondeur des sites propices est cependant due à une baisse récente du niveau du plan d'eau qui a été plus

élevé. D'après cette étude, 87 % des aires propices à la fraie sont à moins de 50 cm de profondeur, y compris la partie exondée au moment de l'étude de 2002. Les eaux fortement agitées entraîneraient les œufs libres vers les eaux plus profondes, où le substrat est de moindre qualité. Il y a de fortes chances que les œufs localisés en faible profondeur soient exondés durant l'hiver. En conséquence, il a été prévu d'augmenter la superficie des aires propices à la fraie et d'aménager des aires propices en paliers dans les fortes pentes prenant appui sur de gros blocs en profondeur. Ces sites ne risqueront pas l'assèchement. Ils procureront une plus grande protection et plus de stabilité aux œufs pendant leur développement et aux alevins lors de l'émergence. Ainsi, ils ont aménagé 10 frayères en lac pour une superficie d'environ 198 m². Le coût total du projet s'est élevé à 31350.54 \$.

Commentaire : Ce document décrit le budget détaillé de l'aménagement des 10 frayères au lac du Missionnaire. Un document d'une visite des frayères réalisée en 2018 accompagnait ce rapport. D'après celui-ci, sur 8 frayères aménagées, 5 étaient encore en bon état, 2 n'ont pas été trouvées. Toutes les frayères visitées (aménagées et artificielles) ne présentaient pas de signes de sédimentation ou de dépôts. Néanmoins, aucun suivi de la population de touladi ni de recherche d'œufs n'a été fait.

10- Réservoir Kipawa : Abitibi-Témiscamingue

Lycke, A. (2014). La population de touladi (*Salvelinus namaycush*) au réservoir Kipawa et la gestion du marnage. Synthèse des informations actuelles, analyse de la première année d'essai du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) et perspective d'évaluation pour les prochaines années. Direction de la gestion de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue – Secteur de la faune et des parcs, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Rouyn-Noranda, 33 p.

Résumé : L'analyse de la mesure à l'essai par le CEHQ en 2013 a permis d'obtenir le plus bas niveau de marnage du réservoir depuis 1962 avec peu d'effet sur le remplissage automnal. Cette mesure consiste à abaisser de 30 à 40 cm le niveau du réservoir pendant la période de fraie du touladi. L'amplitude du marnage n'a jamais été inférieure à 1,58m durant la période de 1977 à 2012. À plusieurs reprises avant 1977, l'amplitude du marnage fut inférieure à 1m. D'après cet auteur, les années de faible marnage ont pu permettre à la population de touladi de bénéficier de bonnes années de recrutement. À la suite des travaux de réfection du barrage de Laniel en 2009, des travaux compensatoires ont été réalisés au réservoir par Travaux publics et services gouvernementaux Canada. 4 frayères pour le touladi ont été aménagées à une profondeur inférieure au marnage du réservoir Kipawa. Les suivis d'aménagements devaient avoir lieu en 2010, 2012 et 2014 selon les exigences de Pêches et Océans Canada. Ils n'ont pas été réalisés.

Le transfert de la responsabilité du barrage au CEHQ en 2010 a entraîné un refus des suivis exigés. La qualité des frayères en profondeur et l'accumulation de sédiments ou de périphyton sur celles-ci n'ont jamais été évaluées pour le réservoir Kipawa.

Commentaire : Les premiers effets de la mesure seront quantifiés en 2020 par des pêches expérimentales. Le manque de financement a impacté la poursuite de l'étude. D'après cette étude, des mesures de marnage ont été entreprises sans savoir à quelle profondeur se trouvent les frayères, dans quel état elles sont et si elles sont utilisées ou non, les dernières informations datant de plus de 20 ans. Il n'y a pas de précisions sur les caractéristiques des frayères aménagées dans ce document. De plus, les pêches expérimentales ne feront que le constat de l'état de la population, mais de nombreux facteurs intervenants, rien ne présume que les frayères aménagées ont eu un impact positif sur la population de touladi.

Lycke, A., G. Trépanier et S. Vézina. (2016). Inventaire et validation de frayères de touladi (*Salvelinus namaycush*) au réservoir Kipawa (campagne 2015). Direction de la gestion de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue, Secteur des opérations régionales, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Rouyn- Noranda, 25 p. ISBN : 978-2-550-76335-2

Résumé : Le MFFP et ses partenaires ont entrepris une mise à jour partielle des frayères actives sur le réservoir Kipawa. Durant l'été 2015, une évaluation visuelle fut réalisée par bateaux à l'aide d'un batiscope et plongeur en apnée. Par la suite des travaux de validation des frayères ont été effectués par capture par filets maillant multibrins verts de 30 ou 60 mètres de longueur, avec mailles étirées de 2 ½ po, afin de voir s'il y a présence de poisson ou non sur le site potentiel. Un total de 25 sites potentiels de fraie de touladi ont été caractérisés. Globalement la granulométrie du substrat entre 5 et 45 cm suivant les sites. Une dimension de 15 mètres de long sur 10 mètres de large. Une profondeur de 1 à 4 m. Peu de dépôt de périphyton et présence d'interstices. Grande exposition au vent. Pour les frayères ne présentant pas de touladi, la présence d'ensablement pourrait en être la cause. Les travaux ont permis de valider 17 sites de fraie répartie dans 3 secteurs du réservoir où 75 touladis ont été capturés.

Commentaire : Dans cette étude, le temps était limité, donc un site potentiel était considéré comme une frayère confirmée dès qu'un reproducteur y était capturé. L'information dont dispose le Ministère sur la localisation et l'utilisation de ces frayères reste faible, toutes les frayères n'ont pas été répertoriées. La présence de reproducteurs sur le site peut être rattachée à des formules mathématiques, mais ceci est basé sur des suppositions. Cela ne veut pas dire que les œufs y seront déposés et donneront des alevins qui pourront convenablement se développer. Contraintes de temps et de ressources pour cette étude, inventaire incomplet.

11- Lac Chibougamau

Beudet S., et P., Ouellet (2008). Localisation et caractéristiques des frayères à touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Chibougamau. Le naturaliste canadien – Volume 132, numéro 1- Hiver 2008. Page 60-67.

Résumé : Problème de recrutement et de contamination de la chair par des métaux lourds. En 2000 et 2001, 14 frayères potentielles ont été identifiées à l'aide de la télémétrie, de la caractérisation du milieu riverain, des pêches au filet maillant et par l'observation subaquatique de la présence d'œufs. Parmi ces frayères, 10 étaient à moins de 5km d'une digue des parcs à résidus miniers, et 4 au-delà. Une frayère a été localisée sur la digue du parc à résidus miniers. Les frayères étaient de bonne qualité, mais présentaient de légers problèmes d'ensablement ou la présence de périphyton. La plongée subaquatique a permis de décompter 37% d'œufs translucides (vivants) dans les sites de fraie localisés près des digues et 86% pour les frayères éloignées. Donc la survie des œufs serait moins bonne près des mines. Ils envisagent de rendre les frayères près des digues des parcs miniers moins attrayantes et d'améliorer ou créer des frayères artificielles loin du secteur (**annexe 6**).

Commentaire : La mortalité plus élevée des œufs près des mines ne prouve pas que les contaminants en sont la cause. Des expériences toxicologiques doivent le confirmer. Néanmoins, il y a un manque de financement pour la poursuite de cette étude en ce sens. La présence de périphyton et d'ensablement a été observée. Ainsi, ces frayères « aménagées » par l'installation de la digue, ne sont pas durables. L'installation de frayères propres avec un substrat attrayant, éloignée des contaminants pourra être plus attractive pour le touladi. La caractérisation fine de plusieurs frayères n'a pas pu être complétée dans le cadre de la présente étude.

Ouellet, P. (2017). Restauration de la population de touladis du lac Chibougamau. Visite d'inspection finale de la frayère artificielle à touladi. Le 18 octobre 2017. Équipe : Pascal Ouellet; Maylinda Leclerc-Tremblay; Stéphane Rivard

Résumé : Le but de cette visite était d'évaluer les travaux d'aménagement de la frayère artificielle à touladi réalisés par la compagnie JVC sur le lac Chibougamau à l'automne 2017 (**annexe 6**). Une barge flottante a été utilisée pour apporter les matériaux au site (site en eaux libres). Les observations réalisées lors de la sortie en apnée ont permis de constater que les ouvrages étaient satisfaisants. Le dépôt des matériaux utilisés était fait au bon endroit, avec un léger décalage vers le nord des bouées de localisation (5m). La granulométrie des matériaux

utilisés respectait le devis. L'étalement des matériaux était bon, cependant, il y avait des irrégularités sous forme de monticule ce qui cause la présence de trous sur la surface du lit de la frayère. Les frayères naturelles ne sont pas d'un nivellement parfait, donc les résultats de l'aménagement réalisé par le contracteur peuvent être qualifiés de satisfaisants.

Commentaire : Un suivi de l'utilisation de la frayère par les reproducteurs n'a pas encore été réalisé. Des œufs fécondés de fraie artificielle ont été déposés l'année passée sur le site.

12- Lac Saint-Joseph : Capitale-Nationale

Arvais, M., J-G, Frenette et G. Rondeau (2007). Inventaire des sites de reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Saint-Joseph. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches. Québec. 27 p. + annexes.

Résumé : Un inventaire des sites de fraie a été réalisé en 2006 en plongée sous-marine. Les frayères du lac Saint-Joseph sont disposées sur une pente forte (39%), exposée au vent dominant et aux vagues. La profondeur moyenne est de 1,1m. Le niveau d'eau du lac Saint-Joseph est abaissé à 158,0 pour une cote de 158,9 (90cm). Des problèmes de sédimentations sont retrouvés, surtout à des profondeurs supérieures à 2m. Du périphyton est retrouvé en faible proportion sur les sites de fraie. Des œufs ont été retrouvés tant dans le gravier que sur des blocs. Mais la composition des frayères est majoritairement : galets, cailloux, blocs, graviers. Ils prévoient d'améliorer les sites de fraie en aménageant des frayères artificielles constituées de matériaux plus grossiers que les frayères naturelles. Afin de créer de nouveaux habitats de reproduction exempts de sédiments fins et d'augmenter la perméabilité du substrat aux œufs. De plus, ils recommandent de mettre en place un protocole de gestion du niveau d'eau (40cm) et réaliser un nettoyage des frayères subissant la sédimentation (au jet d'eau).

Commentaire : Cette étude ne porte pas sur la réalisation de frayères, mais sur la caractérisation des sites de fraie présents. Néanmoins, des recommandations portant sur l'aménagement de frayères en profondeur sont évoquées. La présence d'œufs en 2006 sur les frayères retrouvées en 1991 signifie que celles-ci sont toujours utilisées. L'inventaire des œufs présents sur les sites n'implique pas la survie des alevins. La présence de périphyton et d'ensablement peut être due à des apports en phosphore et une érosion des berges. Avant d'aménager des frayères, il faudrait localiser les lieux où la sédimentation est moindre. Dans cette étude, ils évoquent l'aménagement de frayères en profondeur pour remédier au marnage, néanmoins il est dit que la sédimentation est plus importante sous 2m, ce qui impacterait la

durabilité des frayères aménagées. L'alternative consistant à nettoyer les frayères ne serait qu'un « pansement », et ne réglerait pas le problème sur du long terme.

13- Petit lac des Cèdres : Saint Malachie

Chatelain, R., & Chabot, J. (1983). Utilisation d'accumulations de coquilles d'Unionidae comme frayères par le touladi (*Salvelinus namaycush*). Naturaliste canadien.

Résumé : Cette étude signale l'utilisation pour la fraie d'importantes accumulations de coquille d'Unionidae par le touladi au Petit lac des Cèdres. Deux sites ont été aménagés pour la fraie du touladi, dont un premier constitué de moellons et le second de coquilles d'Unionidae. Seul celui avec les coquilles a été utilisé. En effet, des œufs de touladis ont été observés parmi un nombre important de coquilles vides d'Unionidae. Ces sites ont été aménagés à 3m de profondeur, les coquilles utilisées pour l'expérience, ont été recueillies sur d'autres sites dans le même lac. Les deux sites aménagés étaient situés à 30m de la rive et à 8m d'un site déjà utilisé par le touladi.

Commentaire : Ce comportement du touladi n'a pas été décrit dans la littérature en dehors de cette étude. Ainsi, ce serait un cas exceptionnel. Mais celui-ci confirme le comportement très spécifique du touladi en fonction de son milieu. Sur le site du Petit lac au Cèdre, la roche mère et la vase constituent presque 100% du substrat de la superficie qui a été inventoriée lors de l'étude. Les touladis de ce plan d'eau adoptent ce comportement pour que la fraie soit efficace (nombreux interstices). C'est une adaptation au milieu de vie. L'adaptation est tellement ancrée, que l'installation d'une frayère avec du moellon n'a pas été utilisée.

14- Lac Long et Lac Montauban : Parc Naturel Régional de Portneuf.

Blouin, S., G., Légaré, N., Perreault, P., Dufour, CAPSA (2016). Caractérisation et inventaires des sites de reproduction du Touladi dans le Parc Naturel Régional de Portneuf. Rapport final des réalisations 2015.

Résumé : Cette étude dresse un bilan négatif de la qualité des habitats de reproduction pour le touladi aux lacs Long et Montauban. En effet, il y a une perte nette d'habitats de prédilection pour la fraie de l'espèce. Une dégradation de l'habitat à la suite d'un enclenchement de l'eutrophisation du lac en serait la cause. Au lac Long et Montauban, les caractéristiques de l'ensemble des sites potentiels visités sont : une pente de 45°, distants de 4 à 5m de la berge et ayant une profondeur de 3 à 4,5 m (avec possibilité de la présence de sites plus en profondeur, mais non visibles). Le substrat du lac Long varie de 15 à 40cm (galets et blocs) avec des blocs

de 100 cm observés avec des interstices de 10 à 100cm avec peu de salissure, algues ou périphyton. Le substrat moyen du lac Montauban varie de 8 à 30cm (cailloux, galets et blocs) avec de nombreux interstices en moyenne de 30 à 50% de la superficie de l'habitat. Le lac Montauban est le seul à avoir des sites de reproduction confirmés du touladi depuis 1993. Le constat de 2015 est tel qu'il y a une observation importante d'algues sur presque tous les sites potentiels.

Commentaire : Cette étude est une caractérisation des frayères naturelles potentielles, mais ne traite pas de l'aménagement de frayères artificielles (seulement évoquée en recommandations). L'observation à bilan négatif d'œufs sur les frayères potentielles au lac Long peut être justifiée par la grande profondeur des interstices qui réduisent la visibilité. La dégradation de l'habitat a un fort impact sur la reproduction du touladi. Une sensibilisation du public sous différentes formes est proposée dans ce rapport pour freiner l'eutrophisation.

15- Lac Ernest : Réserve faunique de Papineau-Labelle

Fondation de la faune du Québec (2000). Rapport d'opération au Lac Ernest – Phase 1.

Résumé : Une frayère à touladi a été aménagée au lac Ernest en 2000 (**annexe 7**). Lors de l'aménagement de la structure, **un minimum de végétation avait été enlevé et déposé sur les bords de la pointe afin de prévenir son érosion.** Le substrat utilisé fut celui de la gravière située sur la réserve. Une plateforme de pierres a été réalisée et les galets utilisés pour former cette-ci ont ensuite été déposés plus au large pour former la frayère. Les pierres ont également été utilisées pour recouvrir la partie de la pointe qui était touchée par l'eau à son niveau le plus haut afin d'éviter que les vagues ne viennent chercher du sable et causer l'ensablement de la frayère. De plus, des galets ont été déposés de part et d'autre du chemin d'accès et une tranchée a été creusée afin d'éviter que les particules du chemin n'aillent dans le plan d'eau et qui plus est, diminuer l'érosion des berges. La frayère aménagée a une **superficie d'environ 570m².** **L'épaisseur de galets entre 3 et 4 m de profondeur était d'1m minimum.** **Le site a étéensemencé avec environ 6000 œufs de touladi à l'aide de boîtes d'incubation.** Lors du suivi d'observation réalisé à l'automne, des reproducteurs ont été vus sur la frayère aménagée. Le lac Ernest étant un élargissement de la rivière Ernest, son niveau d'eau varie selon un rythme de crues. Ainsi, il était important lors des travaux d'être sûr que le touladi ne pouvait déposer ses œufs sur des zones qui se retrouvent émergées à la suite de la baisse du niveau d'eau. Des travaux l'année suivante sont prévus afin de repousser les galets vers le large pour diminuer la surface de la zone pouvant être exondée.

Commentaire : Dans le cas de cet aménagement, des actions ont été entreprises pour limiter la sédimentation et l'érosion des berges. Le suivi réalisé a permis de constater la présence de reproducteurs sur le site, mais il n'y a pas eu de recherche d'œufs.

Fondation de la faune du Québec (2001). Rapport d'opération au lac Ernest – Phase 2.

Résumé : Un muret a été mis en place à la limite du plus bas niveau d'eau (**annexe 7**). Ceci afin de délimiter la zone risquant d'être exondée pendant la période d'étiage hivernale et bloquer son accès au touladi. La pente se trouvant du côté externe du muret est suffisamment importante pour que les touladis ne puissent pas frayer à l'automne, lorsque le niveau de l'eau est le plus élevé. À la suite de ces travaux, la superficie de la frayère utilisable par le touladi était de 280m². Des travaux ont été réalisés sur le chemin afin d'éviter l'apport de sédiments au lac (tranchée, ajout de sable et de terre pour favoriser la végétation...).

Commentaire : Cette étude traite de l'obstruction des zones potentielles de fraie pour le touladi qui se retrouvent exondées durant l'hiver. Des blocs et des cailloux ont été utilisés pour l'obstruction.

Communications personnelles : Erik Constant (annexe 1)

Profession : Technicien de la faune

Résumé : Des suivis d'observation des reproducteurs ont été réalisés après les travaux, mais il n'y en a ensuite plus eu. Des reproducteurs ont été observés à proximité et sur le site néanmoins la qualité de pêche n'est jamais remontée de façon acceptable pour une bonne offre de pêche. Il n'y a pas eu de suivi d'observations et de recherches d'œufs. Un suivi est envisagé à l'automne 2019.

Commentaire : Les suivis ont été réalisés pendant 2 ans après l'aménagement de la frayère par la réalisation d'observations des reproducteurs présents sur le site. Le suivi n'a pas fait l'objet de recherches d'œufs ni de suivi du taux de survie des alevins. Il n'y a pas eu de suivi depuis 2002.

16- Guides de planification et de réalisation d'aménagements

Lacasse, S. et J. Benoit. (1995). Évaluation de la faisabilité d'induire la reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) sur des frayères situées en profondeur – Application à la problématique des réservoirs de la Haute-Mauricie. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction régionale Mauricie – Bois-Francs. Rapport technique. 62p.

Résumé : L'étude consistait à effectuer une analyse des différentes frayères artificielles et naturelles présentes dans plusieurs lacs et réservoirs. La tendance dégagée lors de la description des frayères a permis de conclure que les caractéristiques du substrat constituent un facteur plus déterminant dans la sélection d'un site de fraie par le touladi que la profondeur, à l'exception de certaines populations de touladi chez qui la vitesse de réchauffement printanier des eaux de surface et la génétique seraient des critères déterminants. Néanmoins, celui-ci chercherait à utiliser davantage les sites moins profonds qui offrent un substrat propice à la fraie et des conditions d'hydrodynamismes plus favorables au maintien des conditions de développement des œufs et des alevins. D'après cette étude il apparaît envisageable d'aménager des frayères à touladi sur des sites plus profonds dans les réservoirs, en dessous de la zone de marnage, à condition que les caractéristiques de substrat (perméabilité et propreté) soient supérieures à ce qu'on retrouve sur les frayères naturelles, de façon à exercer une attraction sur les reproducteurs. Le Lac-aux-Sables est évoqué pour le succès de ses aménagements de frayères en profondeur en 1993.

Commentaire : Dans cette étude, les travaux de plusieurs aménagements dans différents lacs sont résumés et comparés. Les différences et les contradictions entre les plans d'eaux sont mises en avant afin de faire le constat de la variabilité des comportements d'une population à l'autre chez le touladi suivant son environnement. Les points principaux qui en ressortent sont la possibilité d'effectuer des aménagements en profondeur et les problèmes de sédimentation rencontrés.

Fondation de la Faune du Québec (1996). Habitat du poisson : le touladi. Guide d'aménagement d'habitats. Québec 20 p.

Résumé : Guide technique d'aménagements d'habitats pour le touladi. Ce guide explique les différentes méthodes et techniques d'aménagement en passant par leur planification et la réalisation du projet. Des recommandations générales sont dressées à partir des caractéristiques de pente, substrat, profondeur, superficie, localisation, marnages... Et des conseils sont donnés.

Commentaire : Ce document est un bon résumé des différents points importants abordés dans les rapports présentés précédemment. Néanmoins, les caractéristiques décrites sont généralistes et ne peuvent s'appliquer à tous les lacs. En effet, il faut s'attarder sur les caractéristiques spécifiques au plan d'eau étudié avant d'entreprendre un aménagement. Il est cependant bon d'étudier ce document comme ligne directrice pour un projet d'aménagement de frayère.

Legault, M., J. Benoît Et R. Bérubé. (2004). Boreal shield watersheds :Lake trout ecosystems in a changing environment. Chapter five. Impact of new reservoirs. Édité par J.M. Gunn, R.J. Steedman et R.A. Ryder. P.87-109.

Résumé : Ce chapitre traite des différents impacts des réservoirs sur l'habitat du touladi. Les frayères naturelles sont généralement retrouvées en surface car le substrat y est composé de matières plus grossières qu'en profondeur. La profondeur à laquelle sera retrouvée la frayère va constituer un compromis entre la nécessité d'être soumis à l'action des vagues pour maintenir un substrat propre sans particules fines et les forces pouvant engendrer la mort des œufs. Les recommandations pour minimiser l'impact de la variation du niveau d'eau sur l'habitat de reproduction du touladi sont l'aménagement de frayères en profondeur, l'alternance des années de faible et de fort marnage, et utiliser des populations de touladis de souche génétique provenant de lac aux conditions de fraie en profondeur. D'après Legault *et al.*, l'utilisation de boîtes d'incubation d'œufs en profondeur devrait être un complément des ensemencements.

Commentaire : Ce chapitre ne traite pas de l'étude d'aménagement de frayères pour le touladi mais aborde les critères à prendre en considération dans la variation du niveau d'eau des réservoirs. Des recommandations sont formulées quant à la gestion des réservoirs. De plus des recommandations sont énoncées sur l'aménagement de frayères à proximité des frayères naturelles mais avec un substrat de meilleure qualité (propre). Le comportement de "homing" du touladi est évoqué, d'où l'idée de proximité avec la frayère naturelle. La sédimentation serait le principal facteur responsable de la dégradation des frayères.

Arvais, M., Fournier, H., Nadeau, D., Legault, M., Thibault, I., et Valiquette, É. (2017). Plan de gestion du touladi au Québec 2014-2020. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, Québec, 63 p.

Résumé : Ce document de gestion du touladi propose des modalités pour optimiser la gestion de l'espèce afin de maintenir une exploitation durable et de qualité. Les facteurs limitants pour

la croissance du touladi sont abordés (eutrophisation, barrage, changements climatiques, activités humaines...).

Commentaire : Les outils de gestions abordés sont liés à la pêche (saison, limites de prises, limites de longueurs...). Ce document évoque les problèmes liés au marnage et émet la possibilité d'une gestion des eaux pour favoriser la période de fraie des touladis. Néanmoins, la gestion du touladi par l'amélioration de son habitat de reproduction et l'aménagement de frayère n'est pas abordée.

Communications personnelles

Nom : Denis Lebrun **Courriel :** lacbryson@bell.net **Tél. :** 1-855-683-1790

Localisation : Lac Bryson, Outaouais, Québec

Coût du projet : 30 885\$

Technique : Aménagement de frayères artificielles en profondeur

Suivi : **Pas de suivi**

Création d'une frayère artificielle de 160 m² en eau profonde pour le touladi. Ceci afin que le développement des œufs de touladi soit moins affecté par le marnage entraîné par l'opération du réservoir. L'étude a été réalisée en 1998 par Diane Paré et Jean Provest du MRNF afin que le rapport soit présenté à Gatineau. Aucun suivi n'a été effectué en raison du manque de financement à l'époque. Des pierres rondes de 4 à 8 pouces ont été ajoutées aux sites de fraie prédéterminés et en eau plus profonde pour inciter le touladi à frayer plus profondément.

« Le nombre de touladis était stable jusqu'à ce que nous améliorions notre zone de fraie à wallye. Le doré a commencé à manger du cisco directement en concurrence avec le touladi. Le nombre de truites diminue, mais le doré y est insufflé, ce qui est maintenant notre principale pêcherie et beaucoup plus facile à vendre en pourvoirie. Les truites frayaient principalement dans 1 mètre d'eau et nous voulions mettre de meilleurs rochers à 2 mètres. Le barrage était déjà installé avant l'étude ».

Nom : Jean-Pierre Hamel **Courriel :** **Tél. :** +1 (819) 763-3388, poste 236

Profession : Biologiste gestion de la faune, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs Secteur des opérations régionales.

Localisation : Abitibi-Témiscamingue

Résumé : Pour le choix des sites de fraie, la femelle mature se promène jusqu'à trouver un secteur propice à ce qu'elle recherche. Lorsque celui-ci trouve le site, il dépose ses œufs sans

toucher au site en question. Ils vont frayer dans des substrats relativement gros. Mais cela ne veut pas dire que dans les secteurs avec des substrats plus fins, la fraie n'est pas possible. De nombreuses caractéristiques sont importantes suivant les catégories de touladi. La plupart du temps, un comportement de fraie est inscrit dans le code génétique. La descendance d'un reproducteur frayant en faible profondeur, va frayer en surface. Ainsi, les sites qui ne seraient pas adaptés à la catégorie de population sont introuvables ou inexistantes pour les reproducteurs. Pour les populations frayant en faible profondeur, l'impact du marnage peut être très important sur les œufs, ce qui aurait un impact conséquent sur le recrutement. La gestion du niveau de l'eau peut être une solution aux impacts du marnage, en abaissant le niveau de l'eau avant la période de fraie du touladi. Mettre des bâches sur les frayères utilisées pour forcer le touladi à aller frayer ailleurs et mettre des bâches avec des motifs de roches sur les lieux propices à la fraie pourrait permettre de voir si le touladi fraie à vue. M Hamel soulève un manque de suivi et d'entretiens sur les aménagements de frayères en général. Trop de suppositions, d'hypothèses et de doutes. Des structures artificielles sont créées, et par la création de ces aménagements, de la sédimentation est générée par érosion. De plus, il faut porter une attention particulière à la localisation des aménagements par rapport aux usagers du lac pour limiter leur dégradation (passage de chaloupe).

Nom : Michel Legault **Courriel :** Michel.Legault@mffp.gouv.qc.ca **Tél. :** (418) 627 8694
poste 7475

Profession : Biologiste de la faune ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Localisation : Mauricie – Lac-aux-Sables

Technique : aménagement de frayères avec obstruction des frayères naturelles près du rivage avec des bâches en polyester-polypropylène

Suivi : Bilan positif

Résumé : Suivi réalisé en 2001, pas de connaissance de suivi actuel

Pour le suivi de 2001, bilan positif, seul problème des frayères en profondeur, la sédimentation. Sur le long terme, avec l'accumulation de sédiments sur le substrat aménagé, les interstices se comblent et cela n'est plus propice à la reproduction du touladi. L'aménagement de frayères en profondeur ici a été effectué dans un lac sans marnage, donc pas de possibilité d'utiliser le marnage pour favoriser le nettoyage des frayères. Néanmoins, possibilité de le faire dans les lacs ayant du marnage, avec une baisse du niveau de l'eau avant la période de fraie. Lors de l'expérimentation des bâches géotextiles au lac aux Sables (**annexe 8**), s'il y a eu des œufs de déposés sur les bâches des frayères naturelles, c'est en bordure. Les frayères artificielles étaient

immédiatement en bordure des bâches, les œufs sur ces bâches auraient pu être là par un déplacement via les mouvements de masses d'eau, ou un mauvais dépôt des œufs par les femelles. Cette expérience a été effectuée pour vérifier la réussite du projet. Celles-ci ont été retirées après la période de reproduction des touladis. Le but était de voir si l'obstruction des frayères permettait une utilisation plus efficace des frayères artificielles. Dans le cas où le touladi à des sites de fraie avec des conditions plus avantageuses, ces sites vont être plus attractifs pour les reproducteurs et donc utilisés.

Discussion

Variables à considérer avant l'aménagement de frayères

Les guides de planification et de réalisation d'aménagement permettent d'avoir une vue globale sur les techniques principales de conception de frayère à touladi (Legault *et al.* 2004 ; Arvisais *et al.* 2017 ; FFQ 1996). Néanmoins, les conditions de fraie des touladis sont spécifiques à chaque population et ne peuvent être généralisées. En effet, les caractéristiques de bathymétrie et de physico-chimie se caractérisent par des intervalles très grands dans les guides présentés précédemment. Le touladi est un poisson adapté à son milieu. Par exemple, des études stipulent qu'au sein des frayères, l'absence de sédiments ou d'ensablement et la perméabilité semblent avoir une plus grande importance sur le touladi dans le choix du site de fraie que la profondeur (Lacasse et Benoît 1995 ; Benoît et Legault 2001 ; 2002). Néanmoins, le touladi peut exceptionnellement aussi utiliser des particules fines telles que la vase ou l'argile comme substrat de fraie (Thibodeau et Kelso 1990 ; Fitzsimon *et al.* 2005) et même, dans un cas, des coquilles d'Unionidae (Chatelain et Chabot 1983 ; Lamoureux 1989). Même si ce sont des exceptions, cela met en lumière l'adaptation des populations de touladi à leur milieu. Néanmoins, ces observations n'ont pas permis d'affirmer que les œufs et les larves ont survécu sur de tels substrats. Ainsi, les points abordés dans ces documents sont un axe d'étude pour l'aménagement de frayères, néanmoins, il est primordial de porter une attention particulière aux caractéristiques du plan d'eau à l'étude.

La sédimentation sur les frayères constitue un problème majeur étant donné que celle-ci entraîne le colmatage des sites de fraie qui ne sont pas nettoyés par les reproducteurs (Benoît et Scrosati 1996 ; Lycke 2014 ; Arvisais *et al.* 2007). D'après M Hamel et M Blouin (comm. personnelles), le touladi fraie a vu. Ceci sous-entend qu'il sélectionne le site de fraie en fonction de son attractivité : propreté du substrat, perméabilité, taille des roches, etc. En effet, une frayère présentant une grande quantité de sédiments, limon et/ou périphyton ne sera pas utilisée par le

touladi qui va majoritairement préférer se reproduire sur un substrat propre et ira à la recherche d'une frayère plus propice à sa reproduction (Marsden *et al.* 1995 ; Marsden *et al.* 2016). Par ailleurs, les études de Marsden et Krueger (1995) indiquent l'observation de comportement pouvant être associé à du nettoyage du substrat chez le touladi. Ces auteurs ont évoqué l'hypothèse que les reproducteurs pourraient détecter l'accumulation de sédiments dans les interstices en effectuant de puissants mouvements de la nageoire caudale au-dessus des surfaces enrochées (Lacasse et Benoît 1995). Ainsi, ce comportement peut être associé à un processus de sélection du site.

En outre, l'étude de Mc Aughey et Gunn (1995) mentionne que les reproducteurs auraient continué à utiliser les frayères naturelles expérimentalement recouvertes de moellons de différentes tailles, sauf dans le cas où le site était recouvert d'une bâche. Ce qui rejoint le comportement d'attachement des reproducteurs à un site, « *homing* », même lorsque celui-ci est dégradé (Lacasse et Benoît 1995). D'après l'étude de Benoît et Legault (2002), l'aménagement de frayères à proximité des frayères naturelles au Lac-aux-Sables avec une obstruction des frayères se trouvant sous la zone de marnage a poussé les touladis à se reproduire sur les sites aménagés. Ces deux études soulignent que lorsque les touladis n'ont plus accès à leur frayère traditionnelle, ils vont activement rechercher un nouveau site de fraie (Mc Aughey et Gun 1995 ; Benoît et Legault 2002).

Ainsi, pour l'aménagement de frayères en milieu lacustre, il sera préférable d'utiliser de la roche provenant du lac ou du pourtour du lac afin qu'elle soit similaire à celle retrouvée sur les sites traditionnels (FFQ 2000 ; 2001 ; Ouellet 2017). Ensuite, l'aménagement d'une frayère artificielle à proximité d'une frayère naturelle, mais présentant un substrat plus propre sera plus attractif pour le touladi qui aura tendance à la choisir (Benoît et Legault 2002 ; Consortium Waska-Genivar 2011).

Par ailleurs, il est possible de généraliser les conditions de pente (>20%) accompagnées d'une exposition à l'action des vagues (Lacasse et Benoît 1995 ; Legault *et al.* 2004). Néanmoins, ces indications ne peuvent être rapportées à l'aménagement de frayères en profondeur puisque celles-ci ont peu de chance d'être soumises à l'action des vagues. Il serait alors pertinent d'intervenir sur la gestion du niveau des eaux afin d'abaisser le niveau d'eau du lac avant la période de fraie pour effectuer l'auto-nettoyage des frayères en profondeur (Houde 2009). Pour les plans d'eau dont les recommandations mentionnent des nettoyages manuels des sites de fraie (Arvisais *et al.* 2007), cela constitue une technique qui n'est pas envisageable sur le long terme et ne résout pas le problème principal (Ouellet *et al.* 2012).

Les activités anthropiques aux pourtours du lac peuvent avoir un impact important sur l'eutrophisation de celui-ci (OBVFSJ 2016). En effet, les constructions, les apports atmosphériques (qualité de l'air), la mise en eau des réservoirs, les coupes forestières et les procédés industriels peuvent contribuer à hausser la concentration en phosphore et en méthyle-mercure dans le milieu (Beaudet et Ouellet 2008 ; OBVFSJ 2016). Pour le phosphore, ces apports vont engendrer une prolifération du périphyton, des algues et le processus d'eutrophisation va s'accélérer (Legault *et al.* 2004). Ceci va provoquer une diminution des concentrations en oxygène et ainsi réduire la taille de l'habitat propice au touladi (Jackson 2007). De ce fait, il est important de contrôler les apports en phosphore dans le lac avant de construire des frayères qui risqueraient de ne pas être durables à long terme.

Outre l'impact du marnage, la fraie en surface peut exposer les œufs à des niveaux élevés de perturbations physiques (courants) et probablement à une abondance et une diversité élevée de prédation des œufs interstitiels, deux facteurs qui peuvent accroître la mortalité des œufs (Fitzsimons *et al.* 2005). Ainsi, la fraie en profondeur serait un élément à favoriser dans la planification des frayères artificielles. Tous ces facteurs sont à prendre en compte, il faudrait réaliser des suivis avant l'aménagement de frayères. Ceux-ci consisteraient à effectuer des contrôles des taux de sédimentation à différentes périodes de l'année, des conditions physico-chimiques et effectuer des caractérisations bathymétriques des sites potentiels de fraie.

Importance du suivi post-aménagements

Le problème majeur rencontré lors de la revue des aménagements réalisés est le manque de suivi. Le suivi est pourtant une des parties essentielles d'un projet d'aménagement. Il faut connaître les résultats afin de savoir s'il a fonctionné et s'il va être rentabilisé d'un point de vue biologique, écologique, mais aussi économique. Le suivi permet d'apporter des modifications en vue d'améliorer l'efficacité des sites aménagés. Ainsi, dans bien des cas, on ne peut trancher sur l'efficacité de ceux-ci (Lyke *et al.* 2016). De plus, les suivis ne sont majoritairement pas complets. En effet, la présence de reproducteurs sur le site ou à proximité n'indique pas qu'il y a des œufs (Péribonka, Manouane, Ernest). Les suivis portant sur l'observation de reproducteurs indiquent seulement que des touladis sont venus sur le site.

Aussi, les suivis des observations et décomptes des œufs qui ont été faits en plongée sous-marine permettent de confirmer l'utilisation des frayères par le touladi, et ainsi, le bon fonctionnement de l'aménagement, mais ne renseignent pas sur le taux de survie des alevins.

En effet, la prédation, des comportements cannibales (Houde 2009), mais aussi des contaminations peuvent impacter le développement larvaire voir engendrer la mort chez l'alevin (Fitzsimons *et al.* 1995 ; 2005 ; Ouellet et Burton 2013). D'après Houde (2009), un nombre trop important de touladis dans un lac, à la suite de trop nombreux ensemencements dans bien des cas, peut engendrer de la compétition pour les ressources et diminuer le recrutement. Les touladis piscivores présents en grande quantité dans le plan d'eau peuvent se prêter au cannibalisme et prédater les œufs ou les alevins (Houde 2009). Dans le cas d'une population planctonophage, il y a peu de risque que les touladis adoptent un comportement cannibale. Aux fins de connaissance sur le comportement cannibale de la population de touladi du lac, des analyses stomacales peuvent être envisagées sur les individus adultes. De plus, les œufs n'ont pas forcément été fécondés et peuvent être exondés par la présence de champignons, de matière organique, un couvert de glace ou un abaissement du niveau d'eau (Fitzsimons *et al.* 1995 ; 2005 ; Ouellet et Burton 2013). Ces deux facteurs de risques pour la survie des œufs sont amplifiés par la faible superficie de l'habitat du touladi.

Ainsi, l'observation d'œufs au sein des frayères ne permettra pas d'affirmer qu'il y aura du recrutement dans le plan d'eau. Il faudrait procéder à un suivi sur l'ensemble du développement à partir de la déposition des œufs et effectuer des analyses sur les espèces présentes dans le plan d'eau. L'identification du problème doit être réalisée avant l'aménagement de frayères.

Problématique du lac Témiscouata

La population du touladi au lac Témiscouata est essentiellement maintenue par les ensemencements (Pelletier 2017). Le recrutement naturel y serait faible, voire nul (Pelletier 2016 ; 2017). Une caractérisation des sites de fraie du touladi dans le plan d'eau a été effectuée (Pelletier 2016 ; 2017). Néanmoins, celle-ci n'a pas été réalisée sur la totalité du territoire. D'après M Pelletier (comm. personnelles), à ce jour tous les sites ont été caractérisés. Les sites observés ne semblaient pas favorables à la survie des œufs. En effet, à la suite de l'évaluation des différents paramètres cruciaux tels que la granulométrie du substrat, la présence d'interstices, la quantité de sédiments et la pente sur les berges du Témiscouata, il en a résulté qu'une faible proportion du littoral a été décrite comme propice à la fraie au lac Témiscouata (Duchesne 2018). D'après cet auteur, les sites potentiels seraient colmatés par du sable fin ou du périphyton. Ainsi, la restauration de ces frayères naturelles ou l'aménagement de frayères artificielles à proximité serait à mettre de côté, aux vues de la dynamique des sites potentiels

observés. À la lumière des résultats de cette revue, dans le réservoir Péribonka, ils évoquent que l'accumulation de matière organique a engendré une contamination des œufs par des champignons, ce qui a diminué le taux de survie de ceux-ci (Ouellet et Burton 2013). De même, dans le lac Keuka, les contaminants présents dans l'eau tels que des produits chimiques organiques (hydrocarbures) et des métaux seraient responsables du taux élevé de mortalité des œufs et des alevins (Fitzsimons *et al.* 2005).

La réalisation de suivis

Il semblerait judicieux d'effectuer des suivis plus approfondis avant d'aménager des frayères au lac Témiscouata. En effet, il serait pertinent d'obtenir des données concernant la qualité de l'eau (phosphore, contaminants...) sur plusieurs périodes durant l'année. Ensuite, effectuer un suivi du taux de sédimentation dans les secteurs présentant une présence importante de reproducteurs. Ce suivi devra également être réalisé sur plusieurs périodes de l'année afin de caractériser l'activité de la sédimentation avec les mouvements des masses d'eau. De plus, il serait nécessaire d'évaluer le taux d'éclosion et la contribution des frayères dans le recrutement annuel des touladis, c'est-à-dire, faire une évaluation de la productivité des sites de fraie. En effet, la présence des œufs ne signifie pas nécessairement qu'il y aura du recrutement.

En outre, une étude comportementale des modes de reproduction de la population indigène utilisée pour l'ensemencement devrait être réalisée (lac Mitis dans ce cas-ci). Ceci, afin d'adapter la construction des frayères à un éventuel comportement génétique (fraie en profondeur, en surface, en eaux vives...). Une caractérisation plus approfondie des sites de fraie déjà présents devrait être faite afin de pouvoir trancher sur la présence ou non de frayères en surface qui se retrouveraient émergées durant l'hiver. Enfin, des analyses stomacales des espèces potentiellement prédatrices des œufs de touladis devraient être réalisées afin de caractériser le taux de prédation.

L'aménagement de frayères

À la suite d'une analyse des résultats obtenus lors de ces suivis, si la construction de frayères est proposée, elles devraient être réalisées de préférence en profondeur, sous le niveau d'eau le plus bas obtenu lors du marnage hivernal. Il serait pertinent de les positionner sur les sites où les reproducteurs ont été observés en plus grand nombre. Si des sites de fraie ont été observés en surface, dans la partie au-dessus de la limite du niveau le plus bas d'eau, il serait

envisageable d'entreposer des blocs de roches pour obstruer les sites de fraie et forcer le touladi à se reproduire plus en profondeur. L'aménagement de frayères à proximité des frayères situées en surface pourrait faciliter l'attraction des reproducteurs qui auront tendance à y retourner l'année suivante. Enfin, une demande de gestion des périodes des niveaux de l'eau peut être faite afin que le niveau de l'eau atteigne son point le plus bas avant la période de fraie du touladi. Aussi, ceci favorisera l'action des vagues et donc le nettoyage du substrat avant la période de fraie. Les apports en phosphore dans le lac devront être minimisés afin de limiter la prolifération du périphyton sur les sites aménagés.

Recommandations

Tout d'abord, il est conseillé d'effectuer un suivi du plan d'eau avant l'aménagement de frayères sur une période de 3 ans minimum. Connaître le milieu dans lequel se trouve la population de touladi permettra de mieux l'appréhender et de réaliser des aménagements dont la qualité sera assurée sur le long terme. Ainsi, il est recommandé d'effectuer des analyses physico-chimiques afin de connaître la variabilité des valeurs de phosphore au cours du temps. De même, il est conseillé d'effectuer des analyses du taux de sédimentation des lieux où sont retrouvés les reproducteurs en plus grande majorité.

Enfin, il est recommandé de réaliser obligatoirement un suivi des frayères aménagées après la construction afin de vérifier si des reproducteurs sont présents sur le site, si des œufs ont été déposés, d'évaluer leur taux de survie ainsi que le taux de survie des alevins et d'effectuer une surveillance du taux de prédation.

Ces suivis doivent être réalisés sur une période de 5 ans minimum après la construction des aménagements. En effet, la réalisation d'un suivi pluriannuel permet de vérifier le succès ou l'échec de l'aménagement aussi bien au niveau de la qualité de l'habitat (sédimentation, périphyton, interstices...) que de son utilisation par le touladi. Les suivis réalisés par Hydro-Québec dans les réservoirs sont majoritairement les plus complets et peuvent être pris comme exemple. Une frayère de bonne qualité ne garantit pas une bonne reproduction du touladi dans le plan d'eau.

Enfin, il est possible de concilier la gestion d'un réservoir et la conservation des populations de touladi s'y trouvant. Pour cela il est possible de procéder à un marnage équivalent au marnage hivernal avant la période de fraie afin que la ponte se fasse à une profondeur qui ne sera pas exondée durant l'hiver. De plus, ce processus favorise l'action des vagues qui vont permettre le nettoyage du substrat des frayères avant la période de ponte.

Conclusion

Cette revue de littérature montre qu'un faible nombre de suivis ont été réalisés à la suite d'aménagements pour le touladi. Néanmoins, les suivis qui ont été faits permettent de mettre en avant l'importance de la qualité du substrat notamment dans son attractivité. Deuxièmement, le critère qui ressort souvent concerne le comportement du touladi associé à son appartenance

à un site de fraie spécifique. Ce comportement qui a beaucoup été décrit est à considérer lors de l'aménagement d'une frayère. En effet, les constructions de frayères à proximité des frayères naturelles sont recommandées. Ce comportement pouvant être génétique, il est à prendre en compte lors de la réalisation d'aménagements dans des lacs ensemencés et lors des ensemencements. La réussite d'un aménagement repose notamment sur sa planification et sa réalisation, mais majoritairement sur les suivis réalisés avant, pendant et après. Évaluer la faisabilité du projet avant et le succès de celui-ci après permet d'apporter, le cas échéant, les modifications qui s'imposent.

Les changements climatiques affecteront la santé des lacs et l'état des écosystèmes aquatiques (OBVFSJ 2016). En effet, les changements climatiques vont engendrer une hausse de la température et les étiages estivaux seront plus sévères et plus longs (Jackson 2007 ; CEHQ 2015). Les impacts pour le touladi vont être premièrement, une réduction du volume de l'hypolimnion (habitat préférentiel du touladi pendant la saison estivale) et dans un second temps, la hausse de la température va engendrer des changements dans la productivité du plan d'eau, avec une baisse de la concentration en oxygène (OBVFSJ 2016 ; Jackson 2007). Le touladi a besoin de ces conditions de température et d'oxygène pour survivre pendant les mois d'été. La réduction de la superficie de cet habitat peut entraîner la perte de populations de touladis (Legault *et al.* 2004). De plus, les espèces vulnérables aux changements vont voir leur abondance diminuer au profit d'espèces tolérantes qui s'adaptent plus facilement (Jackson 2007). En effet, des études ont montré que des prédateurs comme le bar rocheux (*Ambloplites rupestris*) peuvent avoir un impact sur les populations de touladis en favorisant la compétition pour les ressources (Jackson 2007). De ce fait, le touladi est considéré comme une espèce vulnérable aux effets néfastes des changements du climat. Ainsi, de par la dégradation de l'habitat et la diminution du nombre de proies, le touladi est une espèce dont la pérennité est compromise. Les milieux lacustres ont besoin de stabilité pour demeurer en bonne santé.

Références bibliographiques

- AECOM. (2016).** Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Suivi environnemental 2015 en phase d'exploitation. Mise en valeur du touladi. Rapport présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay – Lac-Saint-Jean. 88 pages et annexes.
- AECOM. (2013).** Dérivation partielle de la rivière du Sault aux Cochons. Suivi environnemental 2012 en phase exploitation. Reproduction du touladi - Bilan du suivi 2003-2012. Rapport final présenté à Hydro-Québec Production. 44 p. et annexe.
- AECOM. (2012).** Dérivation partielle de la rivière du Sault aux Cochons. Suivi environnemental 2011 en phase exploitation. Reproduction du touladi. Rapport présenté à Hydro-Québec Production. 50 p. et annexes.
- AECOM. (2011).** Dérivation partielle de la rivière du Sault aux Cochons. Suivi environnemental 2010 en phase exploitation. Reproduction du touladi. Rapport présenté à Hydro-Québec Production. 40 p. et annexe.
- Arvisais, M., Fournier, H., Nadeau, D., Legault, M., Thibault, I., et Valiquette, É. (2017).** Plan de gestion du touladi au Québec 2014-2020. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, Québec, 63 p.
- Arvisais, M., J-G, Frenette et G. Rondeau (2007).** Inventaire des sites de reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Saint-Joseph. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches. Québec. 27 p. + annexes.
- Beudet S., et P., Ouellet (2008).** Localisation et caractéristiques des frayères à touladi (*Salvelinus Namaycush*) du lac Chibougamau. Le naturaliste canadien – Volume 132, numéro 1- Hiver 2008. Page 60-67.
- Benoît, J. (1994).** Résultats des interventions réalisées au Lac-aux-Sables à l'été 1993. (Bilan)
- Benoît, J., et Legault, M. (2002).** Assessment of the feasibility of preventing reproduction of lake charr, *Salvelinus namaycush*, in shallow areas of reservoirs affected by drawdowns. In *Ecology, behaviour and conservation of the charrs, genus Salvelinus* (pp. 303-311). Springer, Dordrecht.
- Benoît, J., M. Legault et R. Perreault. (1998).** Validation d'une technique d'induction de la reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) sur des frayères situées en zone littorale profonde. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction régionale Mauricie-Bois-Francs, 37p.
- Benoît, J. et J. Scrosati. (1996).** Utilisation par le touladi (*Salvelinus namaycush*) de frayères artificielles aménagées en zone littorale profonde. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction régionale Mauricie-Bois-Francs, Trois-Rivières-Ouest, Rapport Technique. 24p. + annexes.

- Blouin, S., G., Légaré, N., Perreault et P., Dufour, CAPSA (2016).** Caractérisation et inventaires des sites de reproduction du Touladi dans le Parc Naturel Régional de Portneuf. Rapport final des réalisations 2015.
- Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) (2015).** Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050. Québec, 2015, 81 p.
- Chatelain, R., et Chabot, J. (1983).** Utilisation d'accumulations de coquilles d'Unionidae comme frayères par le touladi (*Salvelinus namaycush*). Naturaliste canadien.
- CONSORTIUM WASKA-GENIVAR. (2017).** *Complexe de l'Eastmain-Sarcelle-Rupert. Suivi de l'intégrité et de l'utilisation des frayères naturelles et aménagées pour le touladi.* Rapport d'étude 2015. Pour Hydro-Québec Production. 55 p. et annexes.
- CONSORTIUM WASKA-GENIVAR. (2013).** *Centrales de l'Eastmain-1-A et de la Sarcelle et dérivation Rupert. Suivi de l'intégrité et de l'utilisation des frayères à touladi aménagées dans les anciens lacs RP062, RP030 et Cabot du bief Rupert amont – Rapport d'études – 2012.* Rapport final du Consortium Waska-GENIVAR pour Hydro-Québec Production. 34 p. et annexes.
- CONSORTIUM WASKA-GENIVAR. (2011).** *Centrales de l'Eastmain-1-A et de la Sarcelle et dérivation Rupert. Suivi de l'intégrité et de l'utilisation des frayères à touladi aménagées dans les lacs RP062, RP030 et Cabot du bief Rupert amont – Rapport d'études – 2010.* Rapport du consortium Waska-GENIVAR pour Hydro-Québec Production. 33 p. et annexes.
- Crossman, E.J. (1995).** Introduction of the Lake Trout (*Salvelinus namaycush*) in Areas Outside its Native Distribution : A review. Internat. Assoc. Great Lakes Res. 1995. J. Great Lakes Res. 21 (Supplement 1) : 17-29.
- Duchesne, V. (2018).** Caractérisation des variables abiotiques des sites de fraie du touladi dans le lac Témiscouata. Institut national de la recherche scientifique, centre eau, terre et environnement. 26p.
- Environnement Illimité (2014).** *Complexe de la Romaine. Aménagement de frayères à touladi dans le réservoir de la Romaine 1–Énoncé d'envergure.* Rapport préparé par Frédéric Burton et Marc Gendron pour Hydro-Québec Équipement. 23 p. et 3 annexes.
- Environnement Illimité inc. (2014).** Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2013. Rapport produit par Ouellet, N., F. Burton et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay–Lac-Saint-Jean. 60 p. et 9 annexes.
- Environnement Illimité inc. (2013).** Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2012. Rapport produit par Ouellet, N. et F. Burton. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay–Lac-Saint- Jean. 62 p. et 10 annexes.

- Environnement Illimité inc. (2012).** Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Travaux 2011. Rapport produit par Ouellet, N., F. Burton et I. Lefebvre. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay- Lac-Saint-Jean. 60 pages et 6 annexes.
- Environnement Illimité inc. (2011).** Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi et régime thermique – Travaux 2010. Rapport produit par Burton, F., N. Ouellet, G. Tremblay et M. Simoneau. Présenté à Hydro- Québec Production, Direction Saguenay-Lac-Saint-Jean. 92 pages, 10 annexes et 8 cartes.
- Environnement Illimité inc. (2010).** Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Suivi des conditions hivernales 2010. Rapport produit par N. Ouellet et F. Burton. Présenté à Hydro- Québec Production, Direction – Saguenay–Lac-Saint-Jean. 15 pages, 3 annexes et 1 carte.
- Environnement Illimité inc. (2009).** Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Travaux 2008. Rapport produit par Burton, F., G. Tremblay, N. Ouellet et M. Simoneau. Présenté à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 80 pages, 6 annexes et 6 cartes.
- Environnement Illimité inc. (2008).** Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Rapport technique sur les aménagements fauniques de 2007 – Faune ichtyenne. Rapport produit par Burton, F., D. Savard et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 91 pages, 4 annexes et 5 cartes.
- Environnement Illimité inc. (2008).** Réservoir Manic-3 - Suivi de l'utilisation de la frayère aménagée pour le touladi. Rapport présenté par Guay, G. et M. Gendron pour Hydro-Québec, Direction Barrages et Environnement. 23 pages et 6 annexes.
- Evans, D. O. (2007).** Effects of hypoxia on scope-for-activity and power capacity of lake trout (*Salvelinus namaycush*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64(2), 345-361.
- Fitzsimons, J., Fodor, G., Williston, B., Don, H., Gray, B., Benner, M., Breedon, T. et Gilroy, D. (2005).** Deepwater spawning by lake trout (*Salvelinus namaycush*) in Keuka Lake, New York. *Journal of Great Lakes Research*, 31(1), 1-10.
- Fitzsimons, J. D. (1996).** The significance of man-made structures for lake trout spawning in the Great Lakes : are they a viable alternative to natural reefs ? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(S1), 142-151.
- Fitzsimons, J. D. (1995).** Assessment of lake trout spawning habitat and egg deposition and survival in Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 337-347.
- Fitzsimons, J. D., Huestis, S., & Williston, B. (1995).** Occurrence of a swim-up syndrome in Lake Ontario lake trout in relation to contaminants and cultural practices. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 277-285.
- Fondation de la Faune du Québec (1996).** Habitat du poisson : le touladi. Guide d'aménagement d'habitats. Québec 20 p.

Fondation de la faune du Québec (2000). Rapport d'opération au Lac Ernest – Phase 1.

Fondation de la faune du Québec (2001). Rapport d'opération au lac Ernest – Phase 2.

Gendron, M. 2001. La restauration du touladi des réservoirs de la Haute-Mauricie. Plan de mise en œuvre. Étude de la reproduction du touladi dans les réservoirs Châteauvert et Manouane, automne 1999. Rapport réalisé par Environnement Illimité inc. Présenté à Hydro-Québec, Unité Hydraulique et Environnement et région Mauricie. 22 p. et annexes.

Gendron, M. (1998). Réfection des parements amont des réservoirs Manic-Outardes. Mesures fauniques pour le touladi dans le réservoir Manic-3. Travaux 1997-1998. Rapport réalisé par Naturam Environnement inc. et Environnement Illimité inc. pour Hydro-Québec. 20 pages et annexes.

Gendron M. et B. Bélanger (1991). Évaluation : Impact du marnage sur les sites et le potentiel de reproduction du Touladi dans le réservoir Manic. Rapport présenté à Hydro-Québec. Responsable : Roger Bérubé.

Grégoire, Y., P. Bérubé, J. Scrosati (2002). Étude comparée d'une frayère à touladi aménagée et d'une frayère naturelle au réservoir Manouane : résultats de la première année. Rapport d'étape. 22 pages.

Guillemette, L. (2006). Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier. Rapport final. Aménagement de frayère à touladi au lac Missionnaire. Par Pemesseau Faune.

Hansen, M. J., J. W. Peck, R. G. Schorfhaar, J. H. Selgeby, D. R. Schreiner, S. T. Schram, B. L. Swanson, W. R. MacCallum, M. K. Burnham-Curtis, G. L. Curtis, J.W. Heinrich and R. J. Young. (1995). Lake Trout (*Salvelinus namaycush*) Populations in Lake Superior and Their Restoration in 1959-1993. Internat. Assoc. Great Lakes Res., 1995. J. Great Lakes Res. 21 (Supplement 1) : 152-175.

Hayeur, G. (1976). Construction de frayères artificielles pour le touladi ou truite grise (*Salvelinus namaycush*) sur le site du réservoir Manic-3. Hydro-Québec. Environnement.

Hade, A. (2003). *Nos lacs: les connaître pour mieux les protéger.* Les Éditions Fides.

Houde, L. (2009). Dynamique des populations de touladi de la Mauricie et effets des interventions de gestion. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de l'expertise Énergie-Faune-Forêt-Mines-Territoire de la Mauricie et du Centre-du-Québec. Rapport technique. 55 p. et annexe.

Houde, L. (2008). Évaluation du programme de restauration du touladi au réservoir Manouane. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Faune Québec. Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie. Rapport technique. 24 pages.

Houde, L. (2006). Bilan des études et perspectives du touladi au Lac-aux-Sables. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Faune Québec. Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie. Rapport technique. 21 pages et annexes.

- Jackson, B. (2007).** *Potential effects of climate change on lake trout in Atikokan Area.* Ministry of Natural Resources, Applied Research and Development Branch.
- Jones, N. E., Parna, M., Parna, S., & Chong, S. (2018).** Evidence of lake trout (*Salvelinus namaycush*) spawning and spawning habitat use in the Dog River, Lake Superior. *Journal of Great Lakes Research*, 44(5), 1117-1122.
- Krueger, C. C., Jones, M. L., & Taylor, W. W. (1995).** Restoration of lake trout in the Great Lakes: challenges and strategies for future management. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 547-558.
- Lacasse, S. et J. Benoît. (1995).** Évaluation de la faisabilité d'induire la reproduction du touladi (*Salvelinus namaycush*) sur des frayères situées en profondeur – Application à la problématique des réservoirs de la Haute-Mauricie. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats et Direction régionale Mauricie – Bois-Francs. Rapport technique. 62p.
- Lamoureux, J. (1993).** La situation du Touladi dans le Bas-Saint-Laurent et la Gaspésie. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie – Îles-de-la-Madeleine, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune. Rapport. 31p.
- Lamoureux, J. (1989).** La fraie artificielle du Touladi au lac Mitis : bilan des travaux de 1987 à 1988. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionale du Bas-Saint-Laurent/Gaspésie/ Îles-de-la-Madeleine, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Rimouski. Rapport technique. 38p.
- Legault, M., J. Benoît et R. Bérubé. (2004).** Boreal shield watersheds :Lake trout ecosystems in a changing environment. Chapter five. Impact of new reservoirs. Édité par J.M. Gunn, R.J. Steedman et R.A. Ryder. P.87-109.
- Legault, M., Fournier, H., Nadeau, D. et J. Benoit (2001).** Bilan de la gamme de taille protégée pour le touladi, 1993-1997; état de situation pour le Québec. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, Direction de l'aménagement de la faune. 76 p.
- Lycke, A. (2014).** La population de touladi (*Salvelinus namaycush*) au réservoir Kipawa et la gestion du marnage. Synthèse des informations actuelles, analyse de la première année d'essai du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) et perspective d'évaluation pour les prochaines années. Direction de la gestion de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue – Secteur de la faune et des parcs, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Rouyn- Noranda, 33 p.
- Lycke, A., G. Trépanier et S. Vézina. (2016).** Inventaire et validation de frayères de touladi (*Salvelinus namaycush*) au réservoir Kipawa (campagne 2015). Direction de la gestion de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue, Secteur des opérations régionales, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Rouyn- Noranda, 25 p. ISBN : 978-2-550-76335-2
- McAughey, S. C., & Gunn, J. M. (1995).** The behavioral response of lake trout to a loss of traditional spawning sites. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 375-383.

- Marsden, J. E., T.R. Binder, J. Johnson, Ji He, N. Dingledine, J. Adams, N. S. Johnson, T. J. Buchinger, C. C. Krueger. (2016).** Five-year evaluation of habitat remediation in Thunder Bay, Lake Huron : Comparison of constructed reef characteristics that attract spawning lake trout. *Fisheries Research* 183 (2016). P 275-286.
- Marsden, J. E., Perkins, D. L., & Krueger, C. C. (1995).** Recognition of spawning areas by lake trout: deposition and survival of eggs on small, man-made rock piles. *Journal of Great Lakes Research*, 21(Supplement 1), 330-336.
- Marcus, M. D., W. A. Hubert, and S. H. Anderson. (1984).** Habitat suitability index models: Lake trout (Exclusive of the Great Lakes). U.S. Fish. Wildl. Servo FWS/OBS-82/10.84. 12 pp.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (2014).** Synthèse du plan de gestion du touladi au Québec 2014-2020. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec. 11 p.
- Organisme de bassin versant du fleuve Saint-Jean (OBVFSJ). (2016).** Carnet de santé du lac Témiscouata. Témiscouata-sur-le-Lac, 37 pages.
- Ouellet, P. (2017).** Restauration de la population de touladis du lac Chibougamau. Visite d'inspection finale de la frayère artificielle à touladi. Le 18 octobre 2017. Équipe : Pascal Ouellet; Maylinda Leclerc-Tremblay; Stéphane Rivard.
- Pelletier, A. M. (2017).** La situation du Touladi au lac Témiscouata. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Forum 2017.
- Pelletier, A. M. (2016).** Compte rendu du projet visant à évaluer les impacts du marnage sur la productivité des populations de touladis dans les lacs réservoirs. Situation du lac Témiscouata au Bas-Saint-Laurent. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Association Chasse et Pêche du Témiscouata.
- Plourde-Lavoie, P. et S., Gagné (2018).** Étude de la population et de l'exploitation du touladi au lac aux Sables. Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.
- Plourde Lavoie, P. (2014).** Tendances temporelles de la pêche récréative à l'omble de fontaine dans les territoires fauniques structurés du Québec (Doctoral dissertation, Université du Québec à Chicoutimi).
- Royce, W. F. (1951).** Breeding habits of lake trout in New York. US Government Printing Office.
- Scott, W. B., & Crossman, E. J. (1974).** Poissons d'eau douce du Canada. Service des pêches et des sciences de la mer, ministère de l'Environnement.

Scrosati, J. (1994). Amélioration de la qualité générale des sites de fraie à Touladi. Lac-aux-Sables. Service de l'aménagement et l'exploitation de la faune du ministère de l'Environnement et de la Faune.

Scrosati, J. et L., Houde (2002). Évaluation du niveau d'eau en fonction des sites de fraie du touladi au lac du Missionnaire nord. Société de la faune et des parcs du Québec. Trois-Rivières-Ouest, avril 2002.

Scrosati, J. et J., Benoît (2000). Amélioration de la qualité du substrat sur la principale frayère à Touladi du réservoir Manouane. Société de la faune et des parcs du Québec. 20p

Thibodeau, M.L. and J.R.M. Kelso. (1990). An evaluation of putative lake trout (*Salvelinus Namaycush*) spawning sites in the Great Lakes. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1739 : vii +30p.

Annexe 1 : Liste des personnes contactées qui ont travaillé sur des études en lien avec l'aménagement et/ou le suivi de frayères à touladi en milieu lacustre.

Nom	Profession	Localisation	Courriel	Téléphone
Anne-Marie Pelletier	MFFP ¹ , responsable de la gestion de la faune aquatique en eaux intérieures.	Témiscouata	Anne-marie.pelletier@mffp.gouv.qc.ca	+1 (418) 862-8213 poste 303
Michel Legault	MFFP ¹ , biologiste de la faune	Haute-Mauricie	Michel.Legault@mffp.gouv.qc.ca	+1 (418) 627 8694 poste 747
Stéphanie Gagné	MFFP ¹ , biologiste service de la gestion des espèces aquatiques	Haute-Mauricie	Stephanie.gagne@mffp.gouv.qc.ca	+1 (418) 627 8694 poste 7469
Patrick Plourde-Lavoie	MFFP ¹ , biologiste gestion de la faune	Mauricie	patrick.plourde-lavoie@mffp.gouv.qc.ca	+1 (819) 371 6151 poste 344
Stéphane Blouin	CAPSA ² , technicien du milieu naturel	Portneuf	s.blouin@capsa-org.com	+1 (418) 337 1398 poste 223
Jean-Pierre Hamel	MFFP ¹ , biologiste gestion de la faune	Abitibi-Témiscamingue	jean-pierre.hamel@mffp.gouv.qc.ca	+1 (819) 763 3388 poste 236
Jean Caumartin	Hydro-Québec	Québec	Caumartin.Jean@hydro.qc.ca	+1 (514) 289 2211 poste 6017
Julie Deschenes	MFFP ¹ , biologiste gestion de la faune	Outaouais	julie.deschenes@mffp.gouv.qc.ca	+1 (819) 246 4827 poste 236
Erik Constant	SEPAQ ³ , technicien de la faune	Outaouais Réserve Papineau-Labelle	constant.erik@sepaq.com	+1 (819) 454 2011 poste 22
Denis Lebrun	CAPSA ² , technicien de la faune	Lac Brison	sebastien.rioux@fondationdelafaune.qc.ca	+1 (819) 683 1790
Abigaël Guénette	Directeur général	Zec Pontiac	dg@zecpontiac.com	

¹ MFFP : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

² CAPSA : Organisme de bassin versant : secteur la Chevrotière, rivières Sainte-Anne et Portneuf.

³ SEPAQ : Société des Établissement de Plein Air du Québec

Annexe 2 : Localisation des sites de fraie au lac Whitepine, Ontario. La première année (1991) correspond à la localisation des frayères naturelles. La seconde année (1992) et la troisième année (1993) correspondent des sites de fraie nouvellement sélectionnés et les sites traditionnels pendant les différentes expérimentations (McAughey, S. C., & Gunn, J. M. (1995).)



Year 1 (0% Removed)

**Historic Sites - 7
New - 0**



Year 2 (15% Removed)

**Historic Sites - 3
New - 12**



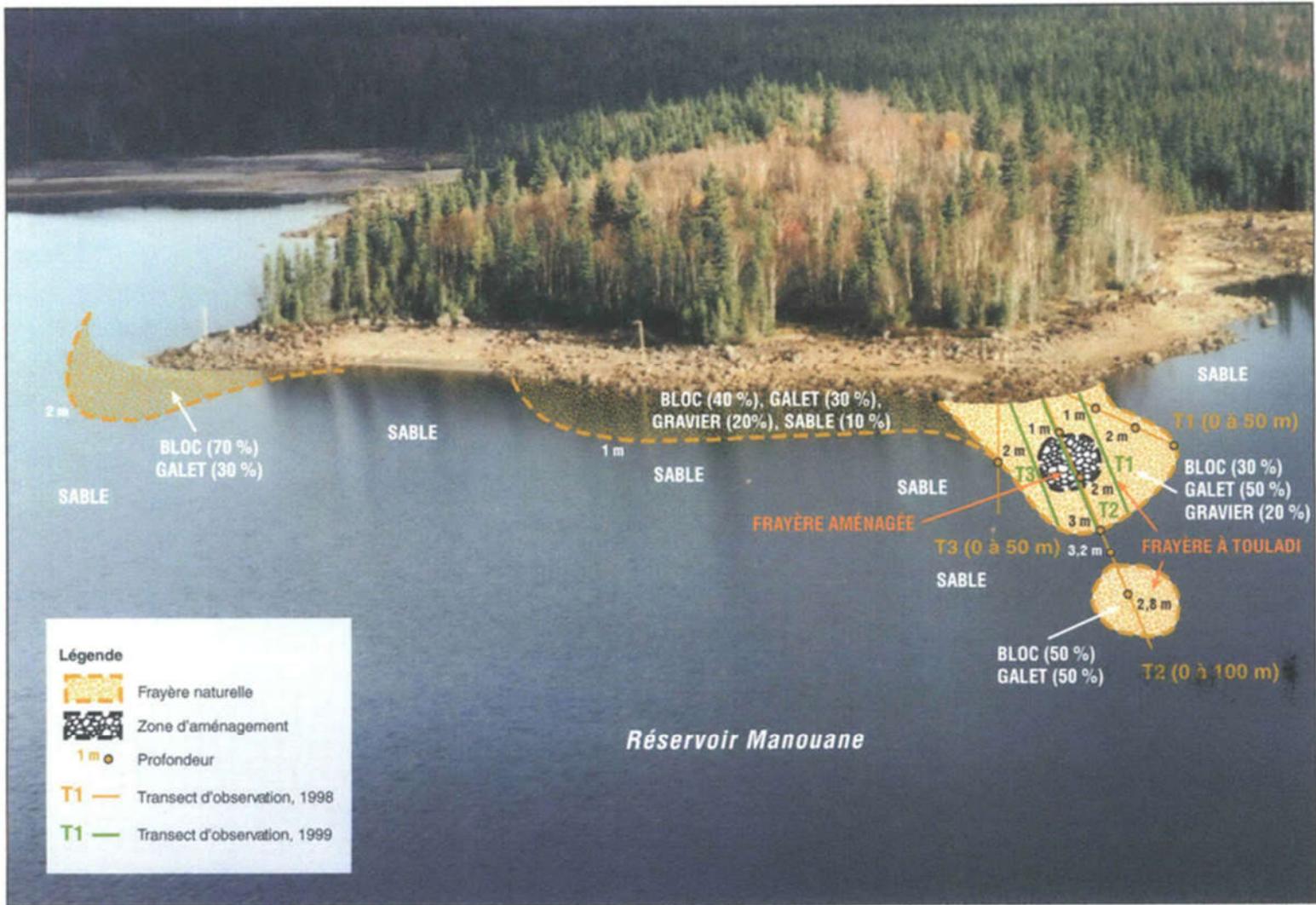
Year 3 (50% Removed)

**Historic Sites - 1
New - 17**

Annexe 3 : Photos des 2 frayères aménagées pour le touladi au réservoir Péribonka (Source : Hydro-Québec)

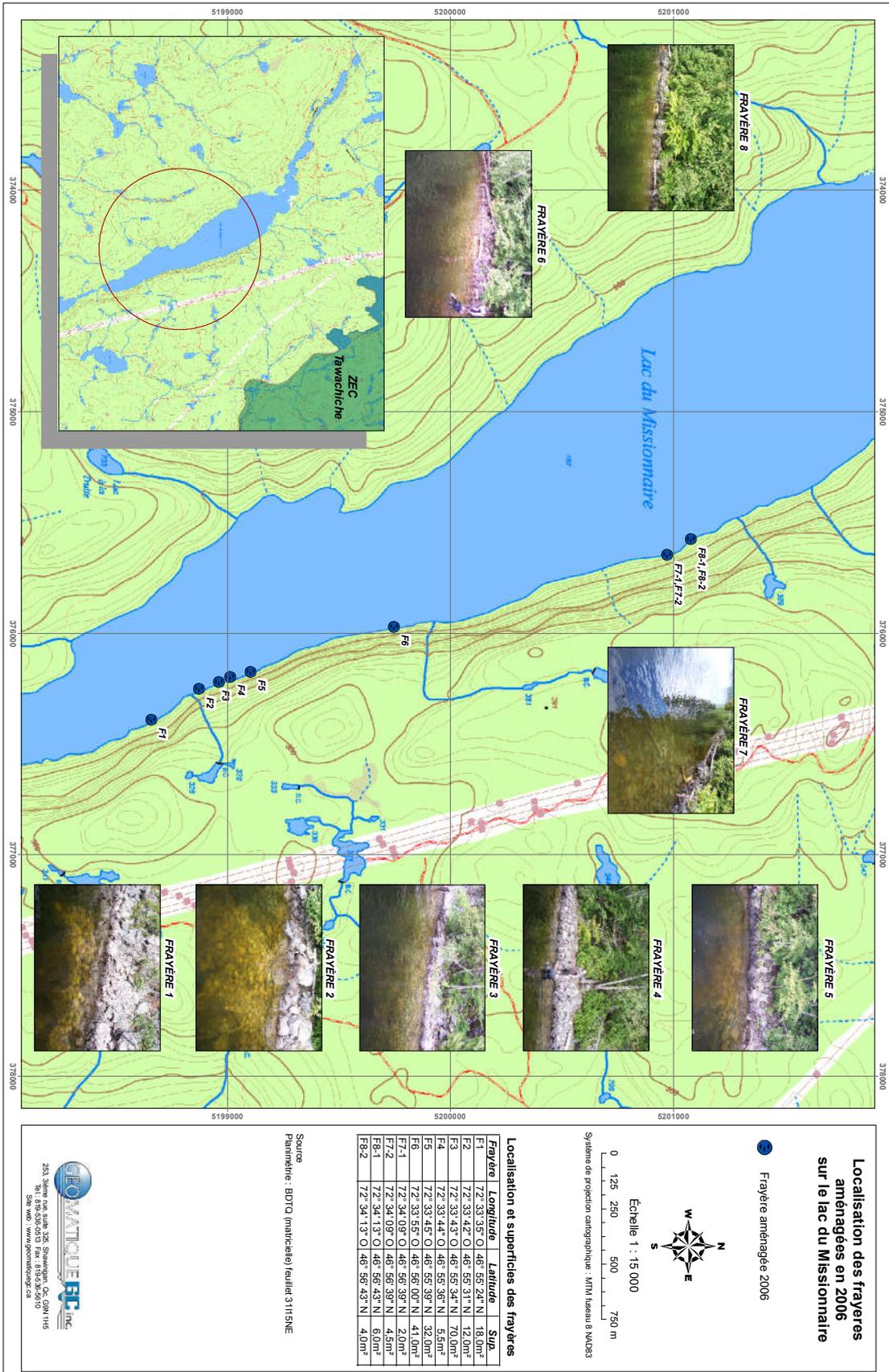


Annexe 4 : Localisation de la frayère à Touladi et du site d'aménagement dans le réservoir Manouane, automne 1999 (Source : Gendron 2001)

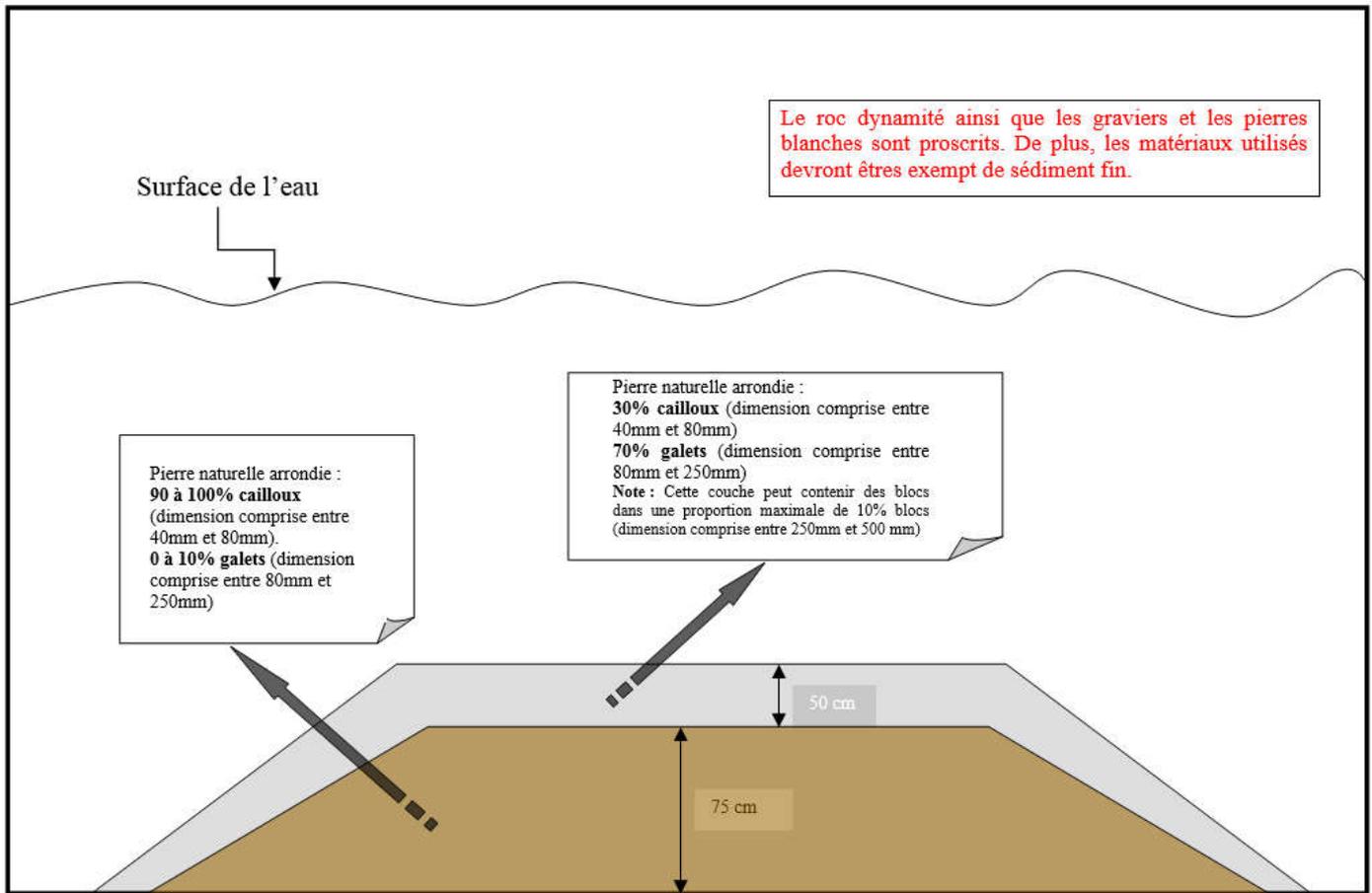


13740099.918 (00-02-06)

Annexe 5 : Localisation et photos des frayères aménagées en 2006 sur le lac du Missionnaire.

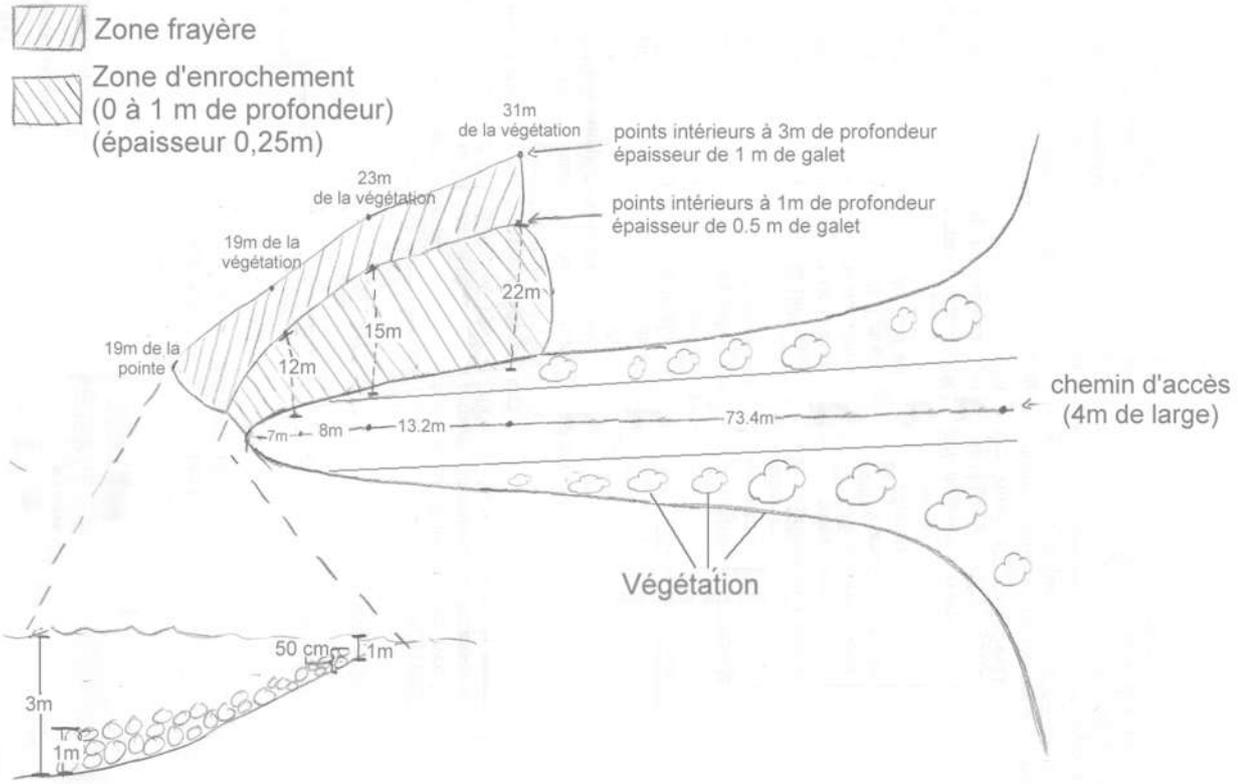


Annexe 6 : Plan en coupe du résultat recherché dans l'aménagement d'une frayère artificielle à touladi dans le lac Chibougamau

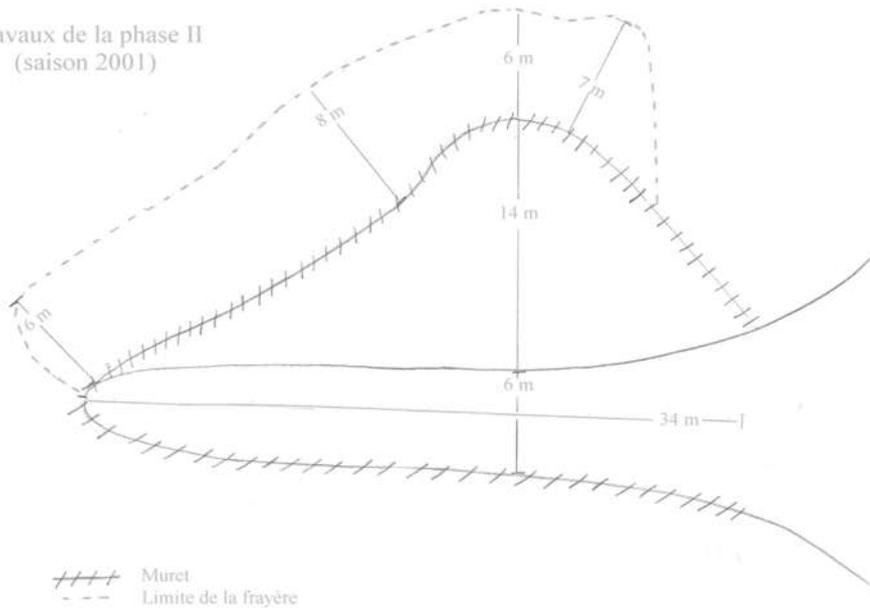


Annexe 7 : Travaux d'aménagement de la frayère à touladi au lac Ernest (Phase 1 et 2),
 (Source : É., Constant).

Travaux Phase I



Travaux de la phase II
 (saison 2001)



Annexe 8 : Schéma de l'expérience d'obstruction des frayères naturelles situées en surface, effectuée au lac aux Sables (Source : P., Plourde- Lavoie)

