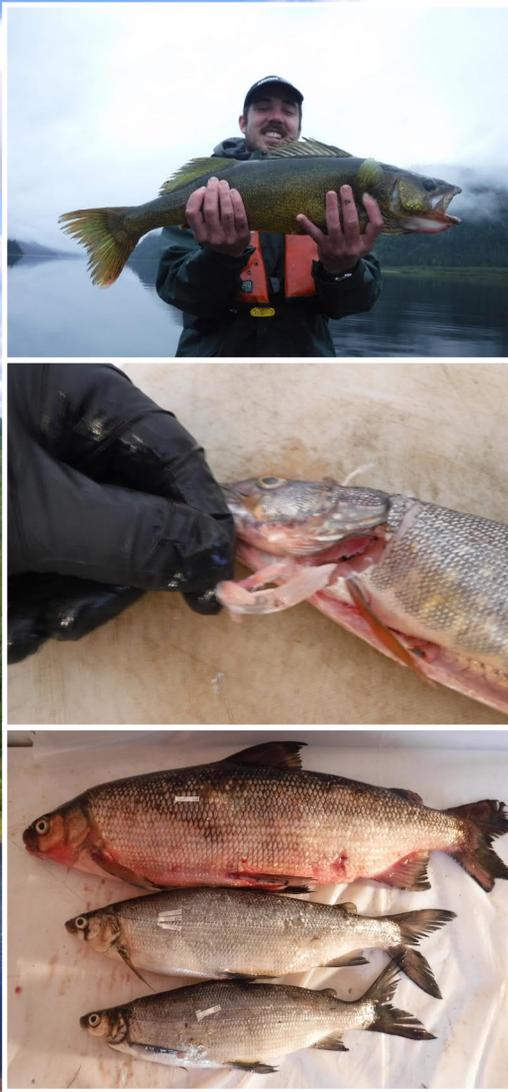


Dérivation partielle Manouane

Suivi environnemental 2018 en phase d'exploitation

Teneurs en mercure dans la chair des poissons



Dérivation partielle Manouane

Suivi environnemental 2018 en phase exploitation

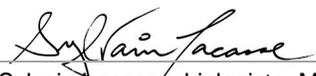
Teneurs en mercure dans la chair des poissons

Version préfinale

Juin 2019

Préparé par 
Claudia Cossette, biologiste, M. Sc.
Chargé de projet
AECOM 13 juin 2019


Patricia Bolduc, biologiste, M. Sc.
Analyse et rédaction
AECOM 13 juin 2019

Révisé par 
Sylvain Lacasse, biologiste, M. Sc.
Directeur de projet
AECOM 13 juin 2019

François Bilodeau, Chargé de programme Mercure
Unité Expertise – Environnement naturel et humain
Direction Environnement
Hydro-Québec Date

Amélie Côté Bhérer, Conseillère Environnement
Soutien environnemental Région Nord-Ouest
Direction Environnement
Hydro-Québec Date

Le présent rapport a été préparé à la demande d'Hydro-Québec, dans le contexte déterminé par les termes spécifiques du mandat accordé à AECOM par Hydro-Québec et selon l'entente intervenue entre les deux parties. Aucune copie en tout ou en partie de ce rapport ne peut être réalisée par un tiers sans le consentement explicite d'Hydro-Québec.

Référence pour fins de citation :

Cossette, C., Bolduc, P., Lacasse, S., Bilodeau, F., et A. Côté Bhérier. 2019. *Dérivation partielle Manouane. Suivi environnemental 2018 en phase exploitation. Teneurs en mercure dans la chair des poissons*. Rapport préparé par AECOM pour Hydro-Québec. 59 p. et annexes.

Mots clés : rivière Manouane, dérivation partielle, suivi environnemental, mercure, grand brochet, grand corégone, doré jaune, ouananiche, lac Duhamel, baie aux Hirondelles, lac du Grand Détour

Sommaire

Références pour fins de citation :

Cossette, C., Bolduc, P., Lacasse, S., Bilodeau, F., et A. Côté Bhérier. 2019. *Dérivation partielle Manouane. Suivi environnemental 2018 en phase exploitation. Teneurs en mercure dans la chair des poissons*. Rapport préparé par AECOM pour Hydro-Québec. 59 p. et annexes.

Résumé :

Cette étude s'inscrit dans le contexte du programme de suivi environnemental pour le projet de dérivation partielle de la rivière Manouane. Ce volet d'étude porte sur les teneurs en mercure des principales espèces de poissons récoltées en 2018, soit quinze ans après la dérivation. Les plans d'eau concernés par ce volet d'étude sont le lac du Grand Détour, la baie aux Hirondelles du réservoir Pipmuacan, le lac Duhamel et le tronçon non affecté de la rivière Manouane qui agit comme milieu témoin (PK 127). Les objectifs poursuivis sont les suivants : 1) établir les teneurs actuelles en mercure chez les principales espèces d'intérêt pour la pêche (doré jaune, grand brochet, grand corégone de forme normale et ouananiche) et les comparer avec les années antérieures; 2) déterminer le régime alimentaire des espèces de poissons retenues pour les analyses de mercure; 3) valider les prévisions réalisées lors de l'étude d'avant-projet; et 4) proposer des recommandations de consommation de poisson.

Pour ce faire, des pêches au filet maillant ont été effectuées dans les quatre plans d'eau à l'étude. Des échantillons de chair de poisson ont été prélevés et envoyés au laboratoire accrédité Laboratoires Bureau Veritas, afin d'analyser les teneurs en mercure total. Les contenus stomacaux des poissons ont également été analysés.

Évolution temporelle des teneurs en mercure

Dans le tronçon non affecté de la rivière Manouane, les teneurs en mercure dans la chair des grands brochets et des grands corégonos sont demeurées stables depuis 2006 et sont toutes à l'intérieur des plages de variation des teneurs naturelles selon l'espèce. Aucune tendance temporelle particulière n'a été observée.

Dans le lac du Grand Détour en 2018, soit quinze ans après le rehaussement du niveau de l'eau, les teneurs en mercure dans la chair des grands brochets et des grands corégonos demeurent significativement supérieures à celles de l'état de référence (2002). Les concentrations mesurées chez le grand brochet sont toutefois à la baisse depuis 2010, confirmant que les teneurs maximales ont déjà été atteintes vers 2010 dans ce plan d'eau. Chez le grand corégone, l'année 2018 marque une baisse significative des teneurs moyennes en mercure par rapport aux années 2006 et 2008 et les teneurs se situent maintenant à l'intérieur de la plage de variation naturelle des valeurs en mercure observées dans la région pour la première fois depuis la dérivation.

Au lac Duhamel (milieu à débit réduit) en 2018, les teneurs en mercure dans la chair du grand brochet, du grand corégone et du doré jaune se situent à l'intérieur de la plage de variation des teneurs établies lors de l'état de référence selon l'espèce.

Une baisse non significative des teneurs en mercure dans la chair du grand brochet de la baie aux Hirondelles (milieu à débit augmenté) a été observée en 2018 par rapport à l'année 2010. Cette baisse constitue un retour des concentrations dans la plage de variation des teneurs mesurées lors de l'état de référence. Chez le grand corégone, aucun changement n'a été observé dans les teneurs moyennes depuis l'état de référence dans la baie aux Hirondelles.

Alimentation des poissons

L'analyse des contenus stomacaux offre des informations ponctuelles et ne reflète pas nécessairement un portrait complet de l'alimentation des poissons sur une base annuelle. Néanmoins, certaines tendances sont observables dans les contenus des différentes espèces en 2018. Chez les espèces principalement piscivores comme le doré jaune et le grand brochet, les contenus stomacaux de l'année 2018 indiquent que les poissons constituent le type de proie le plus important en termes de fréquence d'occurrence et de biomasse relative. Bien que les insectes aquatiques ou d'autres types de proies figurent également au régime alimentaire de quelques individus de certaines classes de taille, principalement chez le doré jaune de petite taille, la contribution relative à la biomasse stomacale de ce type de proies demeure négligeable comparativement aux poissons-proies.

Chez le grand corégone, l'alimentation pour l'ensemble des secteurs repose principalement sur les invertébrés et la catégorie « autres » qui est représentée par les amphipodes, les gastéropodes, la végétation, le zooplancton, etc.

Comme le doré jaune et le grand brochet se nourrissent essentiellement de poissons, les teneurs en mercure rencontrées sont plus élevées par rapport aux espèces ayant un régime alimentaire plus varié (insectes aquatiques, mollusques, petits poissons, etc.) comme le grand corégone, et ce, indépendamment de leur lieu de capture. Soulignons que par le biais de la bioamplification, les teneurs en mercure augmentent à chaque niveau trophique de la chaîne alimentaire aquatique.

Recommandations de consommation de poissons

Les résultats de 2018 présentent des baisses de teneurs en mercure suffisantes chez le grand brochet et le grand corégone pour entraîner des modifications dans les recommandations de consommation du « *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane* » revues en 2009. En effet, le nombre de repas par mois peut passer de un à deux pour les grands brochets du lac du Grand Détour et de deux à quatre pour ceux de la Baie aux Hirondelles, alors que le nombre de repas de grands corégonnes peut passer de huit à sans restriction dans le lac du Grand Détour.

Mots clés : Rivière Manouane, dérivation partielle, suivi environnemental, mercure, grand brochet, grand corégone, doré jaune, ouananiche, lac Duhamel, baie aux Hirondelles, lac du Grand Détour

Liste de distribution : Hydro-Québec

Version : Préfinale

Code de diffusion : Interne-externe

Date : Juin 2019

Équipe de réalisation

Hydro-Québec – Direction Environnement

800, boul. De Maisonneuve Est, 23^e étage, Montréal (Québec) H2L 4L8

Chargé de programme Mercure

François Bilodeau

Conseillère Environnement

Amélie Côté Bhérer

AECOM

3219, boulevard Saint-François, Bureau 207C, Jonquière (Québec) G7T 1A1

Directeur de projet

Sylvain Lacasse, biologiste, M. Sc.

Chargé de projet, analyse et rédaction

Claudia Cossette, biologiste, M. Sc.

Analyse et rédaction, inventaires au terrain

Patricia Bolduc

Adjoint au directeur de projet et coordonnateur régional

Sylvain Daraïche, biologiste

Responsable « Santé, sécurité et environnement » (SSE)

Yannick Bergeron, technicien

Chef d'équipe au terrain

Dominic Savard, technicien

Inventaires au terrain

Martin Beauchesne, biologiste

Julien Rochefort, technicien

Analyse des contenus stomacaux

Maude Thériault-Gauthier, biologiste M. Sc.

Compilation des données et lectures d'âge

Manon Racine, biologiste

Cartographie

Josée Dubois, biologiste et cartographe, M. Sc.

Contrôle de la qualité en cartographie

Caroline Richard, Géographe, M. Sc.

Édition

Michèle Gagnon, Éditrice scientifique

Table des matières

Équipe de réalisation	vii
1 Introduction	1
1.1 Mise en contexte	1
1.2 Engagements généraux	2
1.3 Engagements et obligations spécifiques	3
1.4 Études antérieures	3
1.5 Objectifs spécifiques	4
2 Méthodes	5
2.1 Choix des espèces et plans d'eau.....	5
2.2 Échantillonnage.....	6
2.3 Mesures et détermination analytique	12
2.4 Traitement des données.....	14
2.4.1 Détermination des longueurs standardisées	14
2.4.2 Analyses statistiques	15
2.4.3 Interprétation des résultats	17
2.5 Analyse des contenus stomacaux.....	17
3 Résultats	19
3.1 Teneurs en mercure dans la chair des poissons – analyses temporelles.....	19
3.1.1 Grand brochet.....	19
3.1.2 Grand corégone.....	28
3.1.3 Doré jaune	34
3.1.4 Ouananiche	36
3.1.5 Constats généraux	36
3.2 Alimentation des poissons.....	37
3.2.1 Grand brochet.....	37
3.2.2 Grand corégone.....	43
3.2.3 Doré jaune	46
3.3 Comparaison avec les prévisions d'augmentation des teneurs en mercure	49
3.4 Répercussion sur la consommation de poissons	50
3.4.1 Règles générales de consommation	50
3.4.2 Recommandations proposées à la lumière des teneurs obtenues en 2018.....	51
3.4.3 Bilan des recommandations	54
4 Conclusion	55
4.1 Évolution des teneurs en mercure dans la chair des poissons	55
4.2 Alimentation des poissons.....	55
4.3 Recommandations de consommation de poisson.....	56
5 Bibliographie	57

Annexes

Annexe A	Stations d'inventaire
Annexe B	Structure osseuse pour la détermination de l'âge
Annexe C	Classification de Buckmann (1929) pour la maturité sexuelle du poisson
Annexe D	Triplicatas des laboratoires Bureau Veritas
Annexe E	Triplicatas fantômes et valeurs des reprises d'analyse de mercure demandées des laboratoires Bureau Veritas
Annexe F	Données brutes des contenus stomacaux
Annexe G	Illustration des résidus de Student en fonction de la longueur totale centrée
Annexe H	Courbes et équations des régressions polynomiales
Annexe I	Résultats des prévisions de l'étude d'avant-projet tiré du rapport d'Hydro-Québec (2000)
Annexe J	Résultats des prévisions révisées pour le doré jaune du lac Duhamel tiré du rapport d'Alliance Environnement (2004)

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Effort de pêche appliqué en 2018	6
Tableau 2 :	Répartition des spécimens récoltés en fonction des espèces, des stations de pêche et des classes de taille	9
Tableau 3 :	Coefficients de variation des triplicatas de laboratoire et des triplicatas fantômes en 2018	13
Tableau 4 :	Longueur moyenne des poissons capturés en 2018	14
Tableau 5 :	Quantification des teneurs en mercure depuis l'état de référence dans les différents secteurs à l'étude	20
Tableau 6 :	Occurrences des proies dans les estomacs des poissons capturés en 2018.....	38
Tableau 7 :	Teneurs en mercure prévues et observées chez les poissons du lac du Grand Détour et du lac Duhamel 15 ans après la mise en service de la dérivation	49
Tableau 8 :	Nombre maximal de repas par mois recommandé pour les adultes en général selon la teneur moyenne en mercure de la chair de poisson	50
Tableau 9 :	Révision des recommandations de consommation pour les poissons des plans d'eau de la région de la rivière Manouane ^A	52

Liste des cartes

Carte 1 :	Secteurs d'échantillonnage en 2018.....	7
-----------	---	---

Liste des figures

Figure 1 :	Distribution de fréquence de longueur chez le grand corégone pour les individus matures (a) et les individus immatures (b) lors de l'état de référence (2002-2003).....	11
Figure 2 :	Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (600 mm) chez le grand brochet du tronçon non affecté de la rivière Manouane	22
Figure 3 :	Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (600 mm) chez le grand brochet du lac du Grand Détour	24
Figure 4 :	Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (600 mm) chez le grand brochet du lac Duhamel.....	26

Figure 5 :	Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (600 mm) chez le grand brochet de la baie aux Hirondelles	27
Figure 6 :	Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le grand corégone du tronçon non affecté de la rivière Manouane	29
Figure 7 :	Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le grand corégone du lac du Grand Détour	30
Figure 8 :	Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le grand corégone du lac Duhamel.....	32
Figure 9 :	Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le grand corégone de la baie aux Hirondelles	33
Figure 10 :	Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le doré jaune du lac Duhamel.....	35
Figure 11 :	Biomasse relative des proies identifiables ingérées (excluant le chyme) par les grands brochets capturés en 2018. Le chiffre au-dessus des bandes représente le nombre d'estomacs non vides.....	42
Figure 12 :	Biomasse relative des proies identifiables ingérées (excluant le chyme) par les grands corégonnes capturés en 2018. Le chiffre au-dessus des bandes représente le nombre d'estomacs non vides.....	45
Figure 13 :	Biomasse relative des proies identifiables ingérées (excluant le chyme) par les dorés jaunes capturés en 2018. Le chiffre au-dessus des bandes représente le nombre d'estomacs non vides.....	48

Liste des photos

Photo 1 :	Obstacle jugé infranchissable au PK 127 de la rivière Manouane	5
-----------	--	---

1 Introduction

1.1 Mise en contexte

Hydro-Québec a entrepris en 2002 le programme de suivi environnemental pour le projet de dérivation partielle de la rivière Manouane, laquelle est en service depuis le 21 septembre 2003. La dérivation consiste à faire passer un débit moyen annuel d'environ 30,3 m³/s du bassin de la rivière Manouane vers le réservoir Pipmuacan pour qu'il soit turbiné aux centrales du complexe Bersimis situées sur la rivière Betsiamites.

La dérivation s'est faite à l'aide d'un barrage construit au PK 97 de la rivière Manouane, soit en aval du point de confluence avec la rivière du Grand Détour. Ce barrage et trois digues permettent de rehausser le niveau du lac du Grand Détour, qui forme maintenant un réservoir. Un canal de dérivation d'une longueur de 7 km achemine l'eau du lac du Grand Détour vers le réservoir Pipmuacan. Les eaux ainsi dérivées transitent via le lac Patrick et la rivière aux Hirondelles avant d'atteindre le réservoir Pipmuacan. Un ouvrage régulateur, aménagé à l'intérieur du canal de dérivation, permet d'interrompre la dérivation des eaux¹ lorsque des déversements sont prévus à la centrale de la Bersimis-1. Il importe de souligner que le barrage du PK 97 est doté de conduites permettant de maintenir en tout temps un débit réservé minimal de 3 m³/s dans la rivière Manouane. Un seuil a aussi été construit à la sortie du lac Duhamel (PK 51,2) de manière à ce que son niveau d'eau soit haussé d'environ 50 cm en période d'étiage estival pour compenser la diminution des débits due à la dérivation partielle. Le projet comprend également la construction d'un seuil au PK 82,6. Ce dernier permet de soutenir les niveaux d'eau entre les PK 82,6 et 92.

En ce qui a trait à la question du mercure, mentionnons que l'aménagement de réservoirs comporte généralement l'inondation d'une grande quantité de matière organique terrestre. La décomposition de cette matière organique nouvellement inondée entraîne la production accrue, mais temporaire, de mercure organique (méthylmercure) qui s'accumule le long de la chaîne alimentaire où les poissons constituent le dernier maillon du milieu aquatique (Brouard *et al.*, 1990). Les teneurs en mercure dans la chair des poissons peuvent ainsi augmenter par rapport à celles mesurées en milieux naturels d'un facteur allant de 2 jusqu'à 8 suite à la création d'un nouveau réservoir. Selon les espèces de poissons et la dimension des réservoirs, il peut s'écouler entre 10 et 35 ans avant le rétablissement des teneurs naturelles en mercure dans la chair des poissons (Bilodeau *et al.*, 2017).

¹ Au cours des périodes où la dérivation des eaux est interrompue, la totalité des débits du bassin de la Manouane, incluant le lac du Grand Détour, s'écoule dans la rivière en aval du barrage du PK 97, comme dans les conditions hydrologiques naturelles.

De plus, le suivi des teneurs en mercure réalisé chez les poissons du complexe La Grande révèle que le mercure peut être exporté en aval des réservoirs. L'exportation de mercure se fait surtout par le biais de certaines composantes présentes dans la colonne d'eau telles que la fraction dissoute (particules de moins de 0,45 µm de diamètre) et les particules en suspension (diamètre de 0,45 à 0,50 µm), contribuant respectivement à 64 % et 33 % du méthylmercure exporté. Pour leur part, les débris végétaux, le phytoplancton, le zooplancton, le benthos et les poissons ne contribuent que très peu à l'exportation du méthylmercure (3 %). Néanmoins, l'accumulation de mercure dans la chair des poissons se fait essentiellement par le biais de la nourriture qu'ils ingèrent. En considérant uniquement le méthylmercure directement transféré aux poissons en aval, c'est-à-dire contenu dans les groupes d'organismes consommés par les poissons, le zooplancton représenterait plus de 90 % du total exporté et accumulé dans les poissons (Schetagne *et al.*, 2000).

Dans le cadre de l'étude d'avant-projet, les simulations réalisées suggéraient que la dérivation partielle de la rivière Manouane devrait entraîner des augmentations significatives des teneurs en mercure chez les poissons fréquentant le lac du Grand Détour, le canal de dérivation, le lac Patrick, la rivière aux Hirondelles, ainsi que le tronçon à débit réduit de la rivière Manouane situé entre le barrage (PK 97) et le lac Duhamel (Hydro-Québec, 2000). Les augmentations prévues chez le grand brochet du lac du Grand Détour seraient suffisamment élevées pour réduire, pendant environ 15 à 20 ans, les taux de consommation suggérés. Cependant, on ne prévoyait pas de modification significative des teneurs en mercure chez les poissons fréquentant le lac Duhamel (PK 51 à 61), le cours inférieur de la rivière Manouane (PK 0 à 51), la rivière Péribonka, ainsi que le réservoir Pipmuacan et la rivière Betsiamites (Hydro-Québec, 2000).

1.2 Engagements généraux

Conformément à ses engagements, Hydro-Québec a soumis son rapport d'avant-projet aux différentes instances gouvernementales en mai 2000 en vue d'obtenir un décret autorisant la réalisation du projet de dérivation partielle de la rivière Manouane. À la suite du dépôt des différents documents par Hydro-Québec, les autorités provinciales ont autorisé le projet en vertu du décret 1172-2002. Également, les autorités fédérales, représentées par le ministère des Pêches et des Océans, ont délivré l'autorisation en janvier 2003 de modifier l'habitat du poisson en vertu du paragraphe 35 (2) de la *Loi sur les pêches* (autorisation n° 2003-02).

Les engagements élaborés dans l'étude d'avant-projet, ceux pris lors des audiences publiques, ainsi que le contenu des ententes signées par Hydro-Québec avec les instances publiques et les intervenants économiques de la région font également partie des obligations de l'entreprise dans le contexte du suivi environnemental.

Outre les conditions du décret, Hydro-Québec a élaboré, conformément à ses engagements dans le rapport d'avant-projet (Hydro-Québec 2000), un programme de suivi environnemental (Hydro-Québec, 2003b) destiné à décrire les divers éléments devant faire l'objet d'un suivi après la mise en service de la dérivation partielle de la Manouane.

1.3 Engagements et obligations spécifiques

Hydro-Québec s'est engagée, conformément aux directives gouvernementales, à suivre l'évolution des teneurs en mercure des poissons des milieux touchés par l'aménagement jusqu'à ce que les valeurs maximales soient atteintes et à produire, en collaboration avec les agences de santé publiques locales, un guide d'information sur la consommation de poissons qui tiendrait compte de la taille des poissons et de la teneur en mercure des parties consommées.

En 2007, un guide de consommation des poissons intitulé « *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane* » a été produit par Hydro-Québec en collaboration avec l'Agence de la santé et des services sociaux du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Ce guide tenait compte des teneurs en mercure mesurées en 2006, qui validaient les teneurs maximales prévues à l'étude d'impact.

En 2009, ce guide de consommation a été révisé à la lumière des résultats du suivi de 2008 et une nouvelle distribution à la population a été réalisée. Cette nouvelle version répond à la fois aux recommandations de l'Agence de la santé et des services sociaux du Saguenay-Lac-Saint-Jean, à celles de Santé Canada et aux ajustements rendus nécessaires par l'évolution des teneurs en mercure des poissons.

Depuis 2009, le guide n'a pas subi de modification.

1.4 Études antérieures

Les travaux réalisés au cours des années 2002 et 2003 visaient à établir un état de référence des concentrations en mercure dans la chair des poissons avant la mise en service de la dérivation. Les secteurs étudiés étaient le lac du Grand Détour, le lac Duhamel, la baie aux Hirondelles et la rivière Manouane dans un secteur non influencé par le projet. Les principales espèces capturées lors l'état de référence étaient le grand brochet, le grand corégone et le doré jaune. Très peu de ouananiches ont été capturées. L'étendue des teneurs moyennes en mercure aux longueurs standardisées lors de l'état de référence dans les différents secteurs d'étude était la suivante : 0,45 à 0,77 mg/kg pour le grand brochet (600 mm), 0,13 à 0,19 mg/kg pour le grand corégone (400 mm) et 0,40 mg/kg pour le doré jaune (400 mm). Le régime alimentaire des espèces de poissons a aussi été documenté lors de cette étude afin d'éclaircir le transfert du mercure dans la chaîne alimentaire.

Les résultats obtenus lors du dernier suivi réalisé en 2013 (Cossette et *al.*, 2014) concordaient assez bien avec les prévisions de l'étude d'avant-projet, puisqu'il avait été prévu que la réalisation du projet entraînerait des augmentations significatives des teneurs en mercure chez les poissons fréquentant le lac du Grand Détour (grand brochet : 0,70 mg/kg en 2002 vs 1,25 mg/kg en 2013; grand corégone : 0,13 mg/kg en 2002 vs 0,25 mg/kg en 2013). Les concentrations mesurées étaient toutefois à la baisse par rapport aux suivis précédents, suggérant que les teneurs maximales auraient déjà été atteintes dans le lac du Grand Détour.

Au lac Duhamel (milieu à débit réduit), les teneurs en mercure mesurées en 2013 dans la chair des poissons (grand brochet, grand corégone et doré jaune) sont demeurées semblables à celles de l'état de référence.

Enfin, dans la baie aux Hirondelles (milieu à débit augmenté), les teneurs en mercure mesurées chez le grand brochet en 2013 ne sont pas revenues à l'intérieur de la plage de variation naturelle, mais sont semblables à celles de l'état de référence.

L'étude actuelle, réalisée en 2018 (soit 15 ans après la mise en eau du lac du Grand Détour), représente la cinquième année de suivi environnemental pour le mercure en phase exploitation. La poursuite du programme de suivi des teneurs en mercure dans la chair des poissons dépendra des résultats obtenus.

Les études suivantes retracent l'ensemble des réalisations portant sur le suivi du mercure et le régime alimentaire des poissons depuis 2002 :

- État de référence : 2002 et 2003 (Alliance Environnement, 2004).
- Suivi en phase d'exploitation :
 - 2006 (trois ans après la mise en eau du réservoir; Alliance Environnement, 2007);
 - 2008 (cinq ans après la mise en eau du réservoir; Tecsalt, 2009);
 - 2010 (sept ans après la mise en eau du réservoir; AECOM, 2011);
 - 2013 (dix ans après la mise en eau du réservoir; Cossette et *al.*, 2014);
 - 2018 (quinze ans après la mise en eau du réservoir ; Cossette et *al.*, présente étude).

1.5 Objectifs spécifiques

La présente étude vise à suivre l'évolution des teneurs en mercure chez les poissons, 15 ans après la mise en service de la dérivation partielle de la rivière Manouane et du rehaussement du niveau d'eau du lac du Grand Détour. De façon plus spécifique, les objectifs poursuivis sont les suivants :

- établir les concentrations actuelles en mercure chez les principales espèces de poissons présentes dans la zone d'influence du projet, soit le doré jaune (*Sander vitreus*), le grand brochet (*Esox lucius*), le grand corégone de forme normale (*Coregonus clupeaformis*) et la ouananiche (*Salmo salar* ouananiche);
- déterminer le régime alimentaire des espèces de poissons retenues pour les analyses de mercure;
- comparer les résultats obtenus pour le mercure en 2018 avec ceux de l'état de référence (2002-2003) et des suivis environnementaux précédents (2006, 2008, 2010 et 2013);
- valider les prévisions réalisées lors de l'étude d'avant-projet;
- fournir les données nécessaires à la mise à jour des recommandations de consommation de poisson émises dans le *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane* produit en 2009 (Hydro-Québec et Santé Québec, 2009).

2 Méthodes

2.1 Choix des espèces et plans d'eau

Les espèces ichtyennes retenues pour les analyses de mercure sont le doré jaune, le grand corégone, le grand brochet et la ouananiche. Ces espèces ont été choisies, car elles sont présentes dans la zone d'étude en plus d'être prisées par les pêcheurs sportifs. Le doré, le brochet et la ouananiche sont des espèces cibles piscivores, alors que le corégone est une espèce cible non piscivore. Le grand brochet et le grand corégone se trouvent dans tous les plans d'eau à l'étude, alors que le doré jaune et la ouananiche se trouvent uniquement au lac Duhamel.

Les plans d'eau retenus pour les analyses sont le lac du Grand Détour (plan d'eau rehaussé par la réalisation du projet et constitué du lac du Grand Détour et d'une portion de la rivière Manouane entre les PK 97 et 111,5), le lac Duhamel (milieu à débit réduit), la baie aux Hirondelles (milieu à débit augmenté), et la rivière Manouane en amont du PK 127 (tronçon non affecté par le projet et utilisé comme milieu témoin depuis 2006). La localisation de ces plans d'eau est illustrée à la carte 1. L'ajout d'un nouveau milieu de référence en 2006 est dû au fait que celui échantillonné en 2003 n'était pas situé en amont d'un obstacle infranchissable pour les poissons du lac du Grand Détour. Le secteur échantillonné dans la rivière Manouane de 2006 à 2018 est localisé en amont d'un obstacle jugé infranchissable au PK 127 (photo 1).

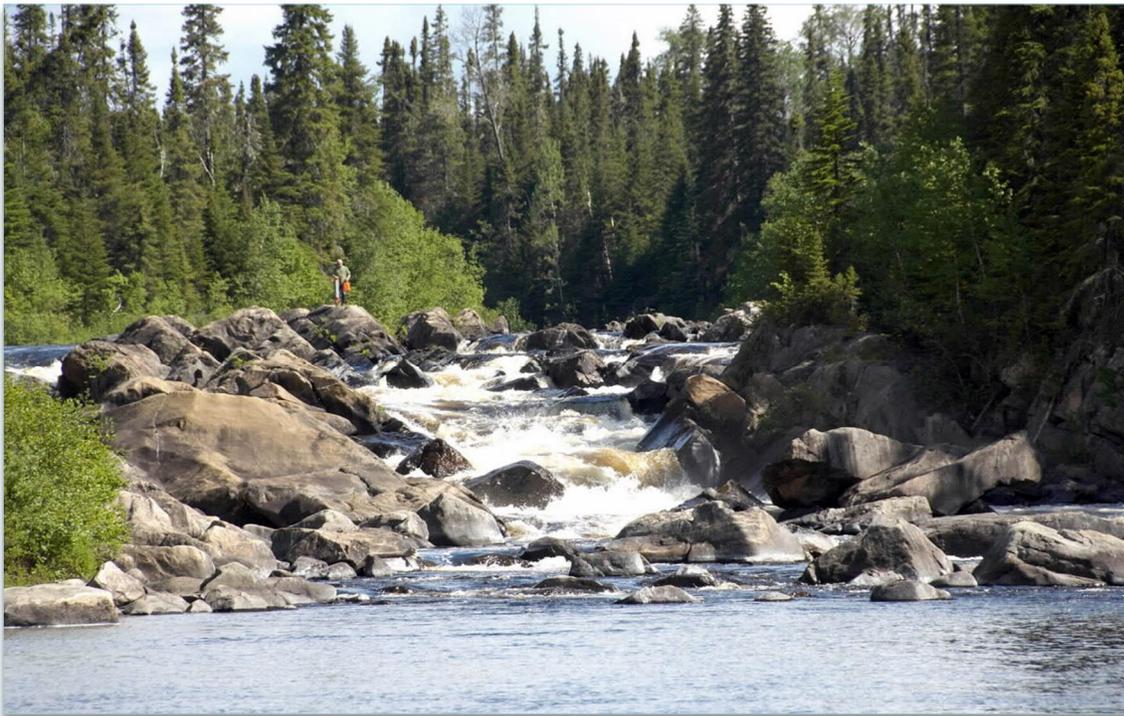


Photo 1 : Obstacle jugé infranchissable au PK 127 de la rivière Manouane

Par ailleurs, la baie aux Hirondelles fait partie intégrante du réservoir Pipmuacan. Ce plan d'eau reçoit les eaux dérivées en provenance du lac du Grand Détour. Étant donné que le réservoir Pipmuacan a été créé en 1956, les teneurs en mercure mesurées en 2002 dans la chair des poissons devaient être représentatives des conditions naturelles des milieux environnants. En effet, des observations faites dans d'autres réservoirs situés sur le Bouclier canadien et en Finlande suggèrent que le retour à des teneurs en mercure représentatives des lacs naturels environnants s'effectue pour la majorité des espèces de poissons entre 10 et 35 ans après la mise en eau (Verta *et al.*, 1986; Bilodeau *et al.*, 2017).

2.2 Échantillonnage

Les pêches au filet se sont déroulées du 1^{er} au 13 septembre 2018 dans le cadre du suivi des teneurs en mercure dans la chair des poissons. Les filets maillants expérimentaux utilisés lors de la campagne d'échantillonnage mesurent 60,8 m de longueur par 2,4 m de hauteur. Ils sont composés de huit panneaux dont les mailles étirées, en multifilament, varient de 25 à 152 mm (25-38-51-64-76-102-127-152 mm). En général, tous les engins de pêche étaient relevés après une période de mouillage variant de 18 à 24 h. L'effort de pêche appliqué dans les différents secteurs est présenté au tableau 1 alors que l'annexe A présente les coordonnées des stations de pêche.

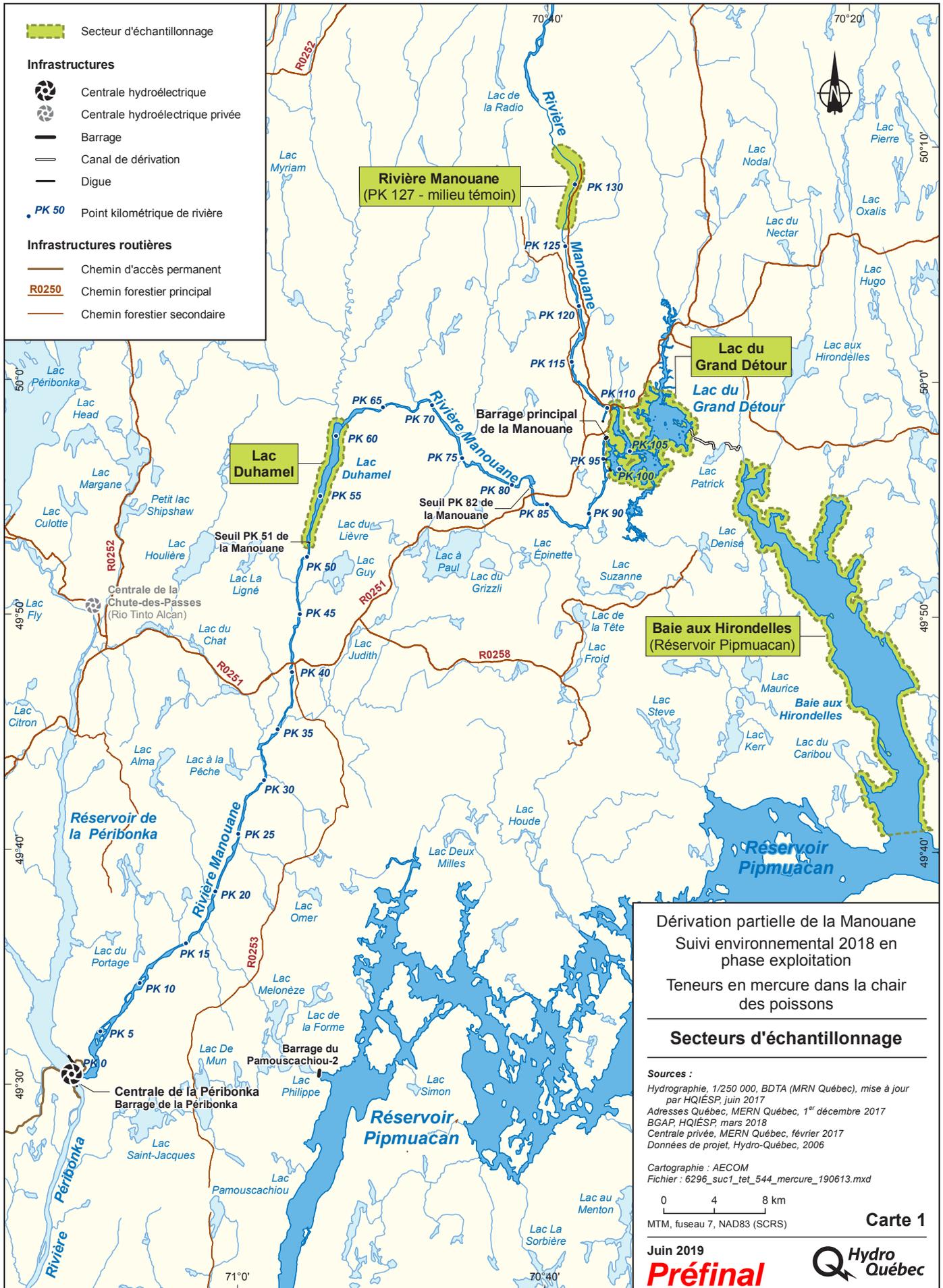
Tableau 1 : Effort de pêche appliqué en 2018

Plan d'eau	Effort de pêche
Lac du Grand Détour	40 nuits-filets
Baie aux Hirondelles	36 nuits-filets
Lac Duhamel	24 nuits-filets
Rivière Manouane, secteur du PK 127 (milieu témoin)	38 nuits-filets

Pour chaque espèce de chaque plan d'eau, on visait la récolte d'environ 30 spécimens. Selon les indications de Tremblay *et al.* (1996), la sélection des spécimens a été effectuée en fonction de classes de taille prédéterminées. Dans la mesure du possible, chaque classe de taille devait comprendre un nombre équivalent de spécimens. Le nombre de spécimens prévus et sélectionnés pour les analyses est indiqué au tableau 2.

Dans le cas du grand corégone, une étude de Doyon (1995) a mis en évidence que les individus de forme naine présentent un taux d'accumulation du mercure en fonction de la longueur significativement plus élevée que celui des individus de forme normale, que ce soit en réservoir ou en milieu naturel. Ces différences obligent à traiter séparément les formes naine et normale de grand corégone afin de ne pas introduire de biais (Tremblay *et al.*, 1996). Dans le cadre de la présente étude, les individus de forme naine n'ont pas été retenus pour les analyses, puisque cette forme est peu présente dans les plans d'eau à l'étude et qu'elle n'est pas prise par les pêcheurs sportifs en raison de sa petite taille.

Afin de différencier les individus nains et normaux dans les plans d'eau où les deux formes sont présentes, des histogrammes de fréquence de longueur pour les individus matures ont été utilisés en 2002-2003 lors de l'état de référence (figure 1a) (Alliance Environnement, 2004). Il est en effet connu que les spécimens nains atteignent la maturité sexuelle à de plus petites tailles que les spécimens normaux (Fortin et Gendron, 1990; Bodaly *et al.*, 1991). Ces histogrammes montrent clairement une séparation entre les individus nains et normaux. Pour ce qui est des individus immatures, nous avons procédé de la même façon (figure 1b).



Secteur d'échantillonnage

Infrastructures

- Centrale hydroélectrique
- Centrale hydroélectrique privée
- Barrage
- Canal de dérivation
- Digue
- PK 50 Point kilométrique de rivière

Infrastructures routières

- Chemin d'accès permanent
- R0250 Chemin forestier principal
- Chemin forestier secondaire

Dérivation partielle de la Manouane
Suivi environnemental 2018 en phase exploitation

Teneurs en mercure dans la chair des poissons

Secteurs d'échantillonnage

Sources :

Hydrographie, 1/250 000, BDTA (MRN Québec), mise à jour par HQIÉSP, juin 2017
Adresses Québec, MERN Québec, 1^{er} décembre 2017
BGAP, HQIÉSP, mars 2018
Centrale privée, MERN Québec, février 2017
Données de projet, Hydro-Québec, 2006

Cartographie : AECOM

Fichier : 6296_suc1_tet_544_mercure_190613.mxd

0 4 8 km

MTM, fuseau 7, NAD83 (SCRS)

Carte 1

Juin 2019

Préfinal



Tableau 2 : Répartition des spécimens récoltés en fonction des espèces, des stations de pêche et des classes de taille

Espèce	Secteur	Classe de taille (mm)	Nombre prévu	Nombre obtenu	Nombre total analysé ^c
Grand corégone	Baie aux Hirondelles	220-300	7	1	33
		301-400	8	3	
		401-500	8	22	
		> 500	7	7	
		Total	30 (+2) ^{AB}	33	
	Lac Duhamel	220-300	7	4	32
		301-400	8	10	
		401-500	8	16	
		> 500	7	2	
		Total	30 (+2) ^{AB}	32	
	Lac du Grand Détour	220-300	7	3	32
		301-400	8	9	
		401-500	8	11	
		> 500	7	9	
		Total	30 (+2) ^{AB}	32	
	Rivière Manouane (amont PK 127)	220-300	7	5	19
		301-400	8	6	
401-500		8	5		
> 500		7	3		
Total		30 (+2) ^{AB}	19		
Doré jaune	Lac Duhamel	< 300	6	7	32
		300 - 400	6	11	
		400 - 500	6	6	
		500 - 600	6	4	
		> 600	6	4	
		Total	30 (+2) ^A	32	
Ouananiche	Lac Duhamel	< 200	5	0	1
		200 - 300	5	0	
		300 - 400	5	0	
		400 - 500	5	0	
		500 - 600	5	1	
		> 600	5	0	
		Total	30 (+2) ^A	1	

Tableau 2 : Répartition des spécimens récoltés en fonction des espèces, des stations de pêche et des classes de taille (suite)

Espèce	Secteur	Classe de taille (mm)	Nombre prévu	Nombre obtenu	Nombre total analysé
Grand brochet	Baie aux Hironnelles	< 400	5	3	32
		400 - 500	5	12	
		500 - 600	5	12	
		600 - 700	5	4	
		700 - 800	5	0	
		> 800	5	1	
		Total	30 (+2) ^A	32	
	Lac Duhamel	< 400	5	5	21
		400 - 500	5	4	
		500 - 600	5	5	
		600 - 700	5	2	
		700 - 800	5	1	
		> 800	5	4	
		Total	30 (+2) ^A	21	
	Lac du Grand Détour	< 400	5	7	37
		400 - 500	5	10	
		500 - 600	5	10	
		600 - 700	5	2	
		700 - 800	5	4	
		> 800	5	4	
		Total	30 (+2) ^A	37	
	Rivière Manouane (amont PK 127)	< 400	5	6	30
		400 - 500	5	10	
		500 - 600	5	7	
600 - 700		5	6		
700 - 800		5	0		
> 800		5	1		
Total		30 (+2) ^A	30		

Note : Les nombres en **caractères gras** représentent la longueur standardisée.

^A : Le chiffre entre parenthèses () fait référence au plus petit poisson et au plus grand, pour un total de 32 spécimens.

^B : Dans le cas du grand corégone, le plus petit spécimen retenu ne devait pas mesurer moins de 220 mm afin d'éviter l'inclusion potentielle d'individus de forme naine dans les analyses.

^C : Analysé pour le mercure total par le laboratoire accrédité Laboratoires Bureau Veritas.

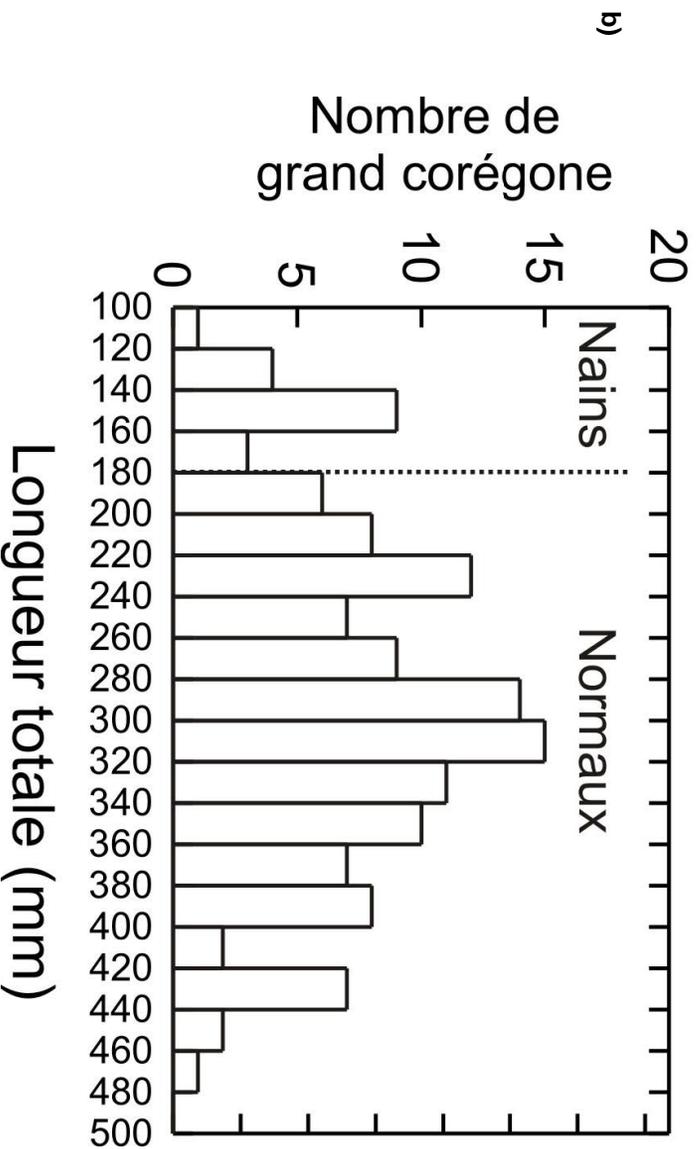
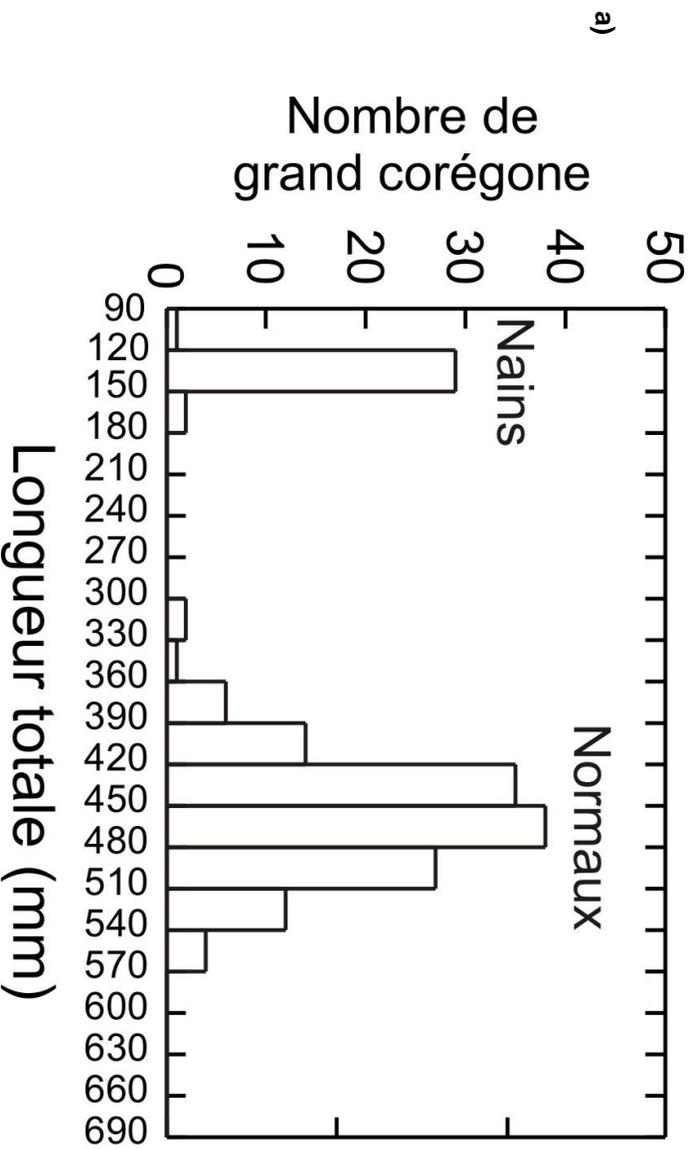


Figure 1 : Distribution de fréquence de longueur chez le grand corégone pour les individus matures (a) et les individus immatures (b) lors de l'état de référence (2002-2003)

Étant donné que la séparation était un peu moins nette chez les immatures, aucun individu immature de moins de 220 mm de longueur n'a été retenu pour les analyses de mercure. Ce dernier critère a été utilisé en 2018 (présente étude) et lors des études de suivi précédentes (Cossette *et al.*, 2014; AECOM, 2011; Tecsalt, 2009; Alliance Environnement, 2007).

2.3 Mesures et détermination analytique

Pour chaque poisson, la longueur totale (au mm près) et la masse (précision de 0,1 g) ont été mesurées. Les structures permettant de déterminer l'âge du poisson au besoin ont également été prélevées. Les structures prélevées varient selon les espèces et sont présentées à l'annexe B. De plus, le sexe et la maturité sexuelle de chaque poisson ont été identifiés selon la classification adaptée de Buckmann (1929) et présentée à l'annexe C.

Les tissus servant aux analyses des teneurs de mercure proviennent d'un échantillon de muscle latéral (filet), sans peau, ni arêtes, ni écailles. Tous les échantillons de chair ont été immédiatement congelés à -20 °C et maintenus à cette température jusqu'au moment de leur analyse. La température des congélateurs (terrain et bureau) était vérifiée au moyen d'un thermomètre, soit avant la mise en place des échantillons (-22 °C avec un thermomètre électronique ± 1 °C) et trois heures après la mise en place des échantillons (-22 °C). Pour le congélateur au bureau, lors du rapatriement des échantillons de chair, une seconde vérification était effectuée une semaine après la réception des échantillons (-23 °C).

Toutes les analyses en laboratoire ont été effectuées par le laboratoire accrédité Laboratoires Bureau Veritas selon la méthode d'Environnement Canada. Le dosage du mercure a été effectué par absorption atomique avec un générateur en circuit fermé de vapeur froide de mercure (système de marque CETAC).

D'autres détails méthodologiques apparaissent dans le rapport des Laboratoires Bureau Veritas (2019). Le laboratoire a appliqué la méthode développée par Environnement Canada pour la limite de détection méthodologique (0,003 mg/kg pour la limite de détection et 0,009 mg/kg pour la limite de quantification), la réplicabilité, la répétabilité, la justesse et la reproductibilité (Laboratoires Bureau Veritas, 2019). Le dosage a été effectué par un analyseur de mercure de marque CETAC (SAAF). Pour la réplicabilité, le rapport indique que les coefficients moyens pour les échantillons de contrôle ont varié entre 4,1 % et 8,2 %. Le coefficient de variation moyen pour vérifier la répétabilité (8,5 %; variation entre 6,7 et 13,8 %) est toutefois supérieur au coefficient moyen obtenu pour la réplicabilité (6,9 %). En 2018, la justesse moyenne pondérée pour l'ensemble des contrôles s'établit à 99,0 %, alors qu'en 2013, elle était de 96,8 % (Cossette *et al.*, 2014).

Tous les échantillons reçus par le laboratoire pour l'analyse des teneurs en mercure l'ont été de façon conforme aux exigences.

Il est à noter que, pour chaque série d'échantillons, les contrôles suivants ont été appliqués aux analyses en laboratoire :

- huit standards de mercure couvrant le champ optimal de mesures, dans le but d'établir la courbe d'étalonnage pour le calcul des résultats. Une courbe était dosée au début et à la fin de la série d'échantillons;
- deux blancs de méthode dosés à environ tous les 20 échantillons;

- deux contrôles de standard, préparés d'une source différente de celle utilisée pour la courbe d'étalonnage afin de vérifier la courbe;
- évaluation de la « répliquabilité » par des analyses en triplicata² à tous les 20 échantillons;
- deux échantillons de contrôle (un certifié et un non certifié) étaient analysés en triplicata par tranches de 60 échantillons;
- analyse de triplicata fantôme³ pour 10 % des échantillons.

Les résultats des contrôles internes de qualité sont présentés au tableau 3. Ceux-ci comprennent les triplicatas de laboratoire et les triplicatas fantômes. Les coefficients de variation moyens pour les analyses de 2018 sont de 6,3 % pour les triplicatas de laboratoire et de 9,4 % pour les triplicatas fantômes. Des coefficients inférieurs à 10 % sont généralement jugés acceptables (Tremblay et al., 1996). Plusieurs coefficients de variation sont toutefois apparus comme anormalement élevés. Dans de tels cas, les échantillons ont fait l'objet de reprise par le laboratoire afin de revoir la teneur en mercure dans l'échantillon. Les résultats des reprises ont souvent été très surprenants et des explications ont été demandées aux Laboratoires Bureau Veritas. Ces laboratoires ont relevé la présence d'une problématique dans les calculs pour le facteur de dilution. L'annexe G de leur rapport relate les processus correctifs qui ont été mis en place pour éviter la reproduction de ces erreurs.

Les résultats obtenus pour chacun des triplicatas de laboratoire (échantillons initiaux et reprises) et fantômes sont respectivement fournis aux annexes D et E.

Tableau 3 : Coefficients de variation des triplicatas de laboratoire et des triplicatas fantômes en 2018

Type de contrôle	Coefficient de variation (CV en %)			N ^{bre} total	N ^{bre} où CV > 10 %
	Minimum	Moyen	Maximum		
Triplicata de laboratoire	0,0	6,3	22,3	17	1
Triplicata de laboratoire pour les reprises	0,0	4,1	7,3	15	0
Triplicata fantôme	0,0	9,4	56,7	26	4

Enfin, les résultats d'analyse ont fait l'objet d'une vérification supplémentaire en mettant en relation, par des diagrammes de dispersion, les concentrations en mercure obtenues en fonction de la taille des spécimens. Cette vérification a permis d'identifier dix échantillons présentant des valeurs douteuses. À ces échantillons douteux, il a fallu ajouter les quatre échantillons fantômes dont les valeurs obtenues dépassaient 10 % pour le coefficient de variation, ainsi que l'échantillon des duplicatas du laboratoire qui était douteux. Les teneurs en mercure de ces échantillons douteux ont fait l'objet de reprises en triplicata par les Laboratoires Bureau Veritas. Tel que mentionné précédemment, les résultats obtenus pour les reprises des valeurs aberrantes étaient tellement différents de la valeur initiale que des explications ont été demandées au laboratoire. Le laboratoire a trouvé une erreur dans le calcul associé à la dilution qui a

² Triplicata de laboratoire : échantillon divisé en trois et analysé en triple par le laboratoire.

³ Triplicata fantôme : trois échantillons d'un même spécimen fournis par AECOM à l'insu du laboratoire, comme s'il s'agissait d'échantillons distincts.

été corrigée par la suite. Les valeurs aberrantes ont ainsi pu être expliquées et la moyenne des reprises a été utilisée en laissant tomber la valeur originale.

Les moyennes des teneurs en mercure des échantillons qui ont été l'objet de triplicatas fantômes, de même que pour les échantillons dont une reprise a été faite par les laboratoires, ont été utilisées pour les analyses statistiques, sauf dans les cas où certaines reprises d'analyses par le laboratoire ont conduit à un rejet des reprises ou de la valeur originale.

2.4 Traitement des données

2.4.1 Détermination des longueurs standardisées

Le mercure est graduellement bioaccumulé au fil de la vie des poissons. La concentration de mercure dans leur chair varie donc en fonction de l'âge et de la taille des individus. Les teneurs en mercure dans la chair des poissons pour les plans d'eau touchés par la mise en service de la dérivation de la rivière Manouane doivent donc être déterminées pour des longueurs standardisées choisies pour chacune des espèces de poissons à l'étude (Schetagne et Therrien, 2013). Les longueurs standardisées correspondent habituellement aux longueurs moyennes des spécimens capturés dans le cadre de suivis environnementaux des populations de poissons. Ces longueurs permettent une comparaison entre les différents plans d'eau quant à la teneur en mercure pour une espèce donnée.

Les longueurs standardisées pour les espèces visées sont les suivantes, selon ce qui a été établi lors des précédentes études :

- 600 mm pour le grand brochet;
- 400 mm pour le doré jaune;
- 400 mm pour le grand corégone.

Pour la ouananiche, le nombre de spécimens analysés est trop faible ($n = 1$) pour permettre d'effectuer des régressions polynomiales aux longueurs standardisées. Notons que les longueurs moyennes des poissons capturés en 2018 se situent près des longueurs standardisées. Dans le cas du grand brochet et du doré jaune, les moyennes des longueurs des spécimens capturés ont été inférieures aux longueurs standardisées respectives alors que ce fut l'inverse pour le grand corégone (tableau 4). Néanmoins, les longueurs standardisées retenues demeurent représentatives pour les recommandations de consommation de poissons, car des spécimens de grand brochet de plus de 600 mm et de doré jaune de plus de 400 mm sont présents dans tous les plans d'eau.

Tableau 4 : Longueur moyenne des poissons capturés en 2018

Espèce	Effectif (n)	Longueur moyenne des captures en 2018 (mm)	Écart-type	Longueur standardisée retenue (mm)
Grand brochet	204	503	140	600
Grand corégone	239	428	92	400
Doré jaune	47	387	125	400
Ouananiche	1	578	Non applicable	Non applicable

2.4.2 Analyses statistiques

L'approche statistique utilisée pour décrire les teneurs en mercure dans la chair des poissons a été optimisée en 1995 pour les raisons décrites dans Tremblay *et al.* (1998). Ces auteurs suggèrent d'utiliser l'analyse de régression polynomiale avec variables indicatrices pour pallier les contraintes liées à l'utilisation des analyses précédemment employées. Il est connu que les méthodes statistiques paramétriques nécessitent que les conditions de normalité et d'homogénéité des variances de la variable dépendante (concentration en mercure) soient rencontrées avant d'appliquer ces méthodes. La régression polynomiale avec variables indicatrices est modérément robuste au non-respect de ces conditions (Tremblay *et al.*, 1998). Cette analyse permet également de comparer statistiquement des relations d'allure différente (linéaire ou curviligne) sur le plan de leur forme et de leur position dans une figure représentant les teneurs en mercure en fonction de la longueur des poissons. Enfin, elle permet aussi d'estimer la teneur moyenne en mercure pour une espèce donnée et une longueur standardisée, facilitant ainsi la comparaison entre différents plans d'eau ou différentes années quant aux teneurs en mercure.

Même si la régression polynomiale est modérément robuste, la normalité des données de mercure a été vérifiée pour chacune des espèces (test de Lilliefors; SYSTAT 13.0, 2009). Dans les précédentes études des teneurs en mercure dans la chair des poissons sur la rivière Manouane, la normalité des données n'était pas respectée. Des transformations avaient été appliquées aux données de mercure. Les mêmes transformations que lors des précédents suivis ont donc été appliquées, soit une transformation logarithmique en base 10 pour les teneurs en mercure chez le grand brochet et doré jaune et une transformation inverse de la racine carrée (c'est-à-dire la concentration en mercure élevée à la puissance -0,5) pour les teneurs en mercure du grand corégone.

Ces transformations donnent une distribution de la concentration en mercure se rapprochant très près d'une distribution normale, en l'atteignant dans tous les cas sauf pour le doré jaune et le grand brochet du lac Duhamel. Puisque la régression polynomiale est modérément robuste à ce type de déviation (Tremblay *et al.*, 1998), les résultats obtenus par cette analyse statistique peuvent être utilisés.

2.4.2.1 Détermination de la plage de variation naturelle concernant les teneurs en mercure

La plage de variation naturelle des teneurs en mercure dans la chair des poissons a été obtenue par diverses données provenant de milieux naturels dans des régions comparables à la zone d'étude actuelle. Les chiffres ont été fournis par Hydro-Québec en 2006. Dans le cas du doré jaune, la plage de variation naturelle a été obtenue par l'intervalle de confiance de la teneur en mercure modélisée pour une longueur standardisée de 400 mm dans le lac Duhamel lors de l'état de référence (Alliance Environnement, 2004). Les plages de variation naturelle sont les suivantes :

- Grand corégone de 400 mm : 0,07 à 0,24 mg/kg (données fournies par Hydro-Québec);
- Grand brochet de 600 mm : 0,36 à 0,77 mg/kg (données fournies par Hydro-Québec);
- Doré jaune de 400 mm : 0,36 à 0,44 mg/kg (intervalle de confiance de la régression polynomiale lors de l'état de référence; Alliance Environnement, 2004).

2.4.2.2 Comparaison entre l'état de référence et les années de suivi environnemental (analyses temporelles)

Afin d'établir une comparaison par rapport à l'état de référence pour les plans d'eau à l'étude, le modèle de régression polynomiale vise une comparaison temporelle et prend donc la forme suivante :

$$Y = \text{Constante} + (K_1 \cdot LTC) + (K_2 \cdot LTC^2) + (K_3 \cdot AN_1) + (K_4 \cdot AN_2) + (\dots) + (K_5 \cdot LTC \cdot AN_1) + (K_6 \cdot LTC^2 \cdot AN_1) + (K_7 \cdot LTC \cdot AN_2) + (K_8 \cdot LTC^2 \cdot AN_2) + (\dots)$$

où Y est la concentration en mercure transformé, K_n sont les coefficients pour chacun des termes de régression, LTC est la longueur totale du poisson centrée⁴ et AN_n sont les années à l'étude. Dans le modèle de régression, le second degré de la longueur des poissons a été calculé en élevant au carré la longueur totale centrée. Cette précaution permet d'éviter l'autocorrélation des deux termes du polynôme et d'éliminer les problèmes numériques qui en découlent (Massicotte et Vézina, 1998).

La régression polynomiale entre la concentration de mercure et la longueur totale du poisson a été effectuée pour chaque espèce et chaque secteur en utilisant un modèle général linéaire (GLM). Une sélection pas à pas⁵ a été utilisée pour déterminer jusqu'à quel degré l'équation polynomiale devait s'étendre et quelles variables indicatrices devaient être conservées. Lorsque la variable montrait une statistique « F » égale ou supérieure à 4,0, elle était entrée dans le modèle (Sokal et Rohlf, 1995). L'examen visuel des résidus standardisés (différence entre les valeurs observées et celles prédites par le modèle de régression, divisée par l'écart-type des données) de la régression a été réalisé pour vérifier l'homogénéité des variances. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SYSTAT 13.0. Une équation polynomiale générale est ainsi obtenue décrivant la relation entre le mercure et la longueur des poissons pour chaque espèce et chaque secteur en fonction des années de suivi (2006 à 2018) et de l'état de référence (2002-2003).

Pour chaque plan d'eau, chaque espèce et chaque année, la concentration moyenne de mercure pour une longueur standardisée a été obtenue par l'estimation du modèle. L'intervalle de confiance pour ces valeurs a été obtenu en multipliant l'erreur standard de la valeur moyenne estimée (« standard error of mean response ») par la valeur du « t de Student » correspondant au nombre de degrés de liberté restants (Sokal et Rolph, 1995; Zar, 1996).

Cas particuliers

Dans le cas de la ouananiche, la régression polynomiale n'a pas été utilisée, puisque la taille des échantillons n'a jamais été suffisante (2002 : n = 8; 2006 : n = 6; 2008 : n = 3; 2010 : n = 2; 2013 : n = 3; 2018 : n = 1). La régression polynomiale n'a pas été utilisée non plus pour les grands corégones de la baie aux Hirondelles en 2006, car il avait été décidé avec Hydro-Québec de laisser tomber le suivi pour cette année dans ce plan d'eau en raison des faibles effectifs rencontrés (n = 6). Par contre, neuf spécimens de grand corégone ont été capturés en 2008 et dix en 2010. Les teneurs en mercure pour ces spécimens de même que ceux prélevés lors de l'état de référence ont été analysées à l'aide de la

⁴ La longueur totale centrée est obtenue, pour chaque espèce, en soustrayant la longueur moyenne à la longueur totale mesurée.

⁵ La méthode rétrograde a été utilisée pour la procédure pas à pas (« backward regression »).

régression polynomiale. Toutefois, l'année 2008 a été traitée séparément pour les estimations en raison d'un biais engendré par l'intégration de cette année dans le modèle de régression polynomiale. En effet, l'estimation de la concentration en mercure en 2008 était presque deux fois plus élevée lorsque les cinq années étaient traitées ensemble. Les résultats de 2008 pour le grand corégone dans ce plan d'eau ne sont donc présentés qu'à titre indicatif. En dépit d'un effectif de taille comparable, l'année 2010 ne présente pas le même problème et en 2013, la taille de l'échantillon était suffisamment grande pour réaliser les analyses (n = 22)

2.4.3 Interprétation des résultats

Les courbes estimées par les modèles de régression sont présentées aux figures 1a à 9a. Le tableau présenté sous ces figures compare la position et la forme des courbes par un système de lettres (voir Tremblay *et al.*, 1996, pour les détails). Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients des variables ne se recoupent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».

Les valeurs moyennes de mercure estimées à la longueur standardisée (grand brochet : 600 mm; grand corégone et doré jaune : 400 mm) sont, quant à elles, illustrées aux figures 1b à 9b. Le tableau sous ces figures montre les limites inférieure et supérieure des intervalles de confiance. Des lettres différentes indiquent que les valeurs moyennes sont significativement différentes entre les années concernées. Par convention, la lettre « a » est attribuée à la valeur moyenne la plus élevée.

2.5 Analyse des contenus stomacaux

L'analyse des contenus stomacaux vise à caractériser le régime alimentaire des poissons dans les plans d'eau à l'étude avant et après la dérivation. Ce volet de l'étude aidera à mieux comprendre le réseau trophique et le transfert du mercure dans celui-ci.

Les contenus stomacaux ont été analysés chez les mêmes poissons utilisés pour l'analyse des teneurs en mercure. Dans les cas où les estomacs de certains individus n'étaient pas utilisables (ex. : estomacs percés lors des manipulations), ceux-ci ont été remplacés par d'autres individus provenant de la même espèce et du même plan d'eau.

Lorsque l'estomac était ouvert, une cote de réplétion lui était assignée :

- 1 : trace d'aliments
- 2 : rempli à 25 %
- 3 : rempli à 50 %
- 4 : rempli à 75 %
- 5 : rempli à 100 %
- 6 : rempli de chyme
- 7 : vide

Advenant qu'un trop grand nombre de spécimens présentaient des estomacs vides, presque vides ou remplis de chyme (cotes 1, 6 et 7), des analyses de contenus stomacaux étaient ajoutées jusqu'à l'atteinte d'un minimum de 20 estomacs non vides (cotes de 2 à 5) par espèce et par plan d'eau. Les estomacs analysés ont été répartis selon le nombre de poissons disponibles par classe de taille.

Les organismes présents dans les contenus stomacaux ont été identifiés aux grands groupes : 1) poissons-proies (identification à l'espèce, si possible), 2) insectes aquatiques (larves, pupes ou adultes) ou terrestres, 3) autres (amphipodes, mollusques, zooplancton ou végétation) et 4) chyme. La présence de parasites a aussi été notée.

Dans un premier temps, le contenu stomacal était vidé et pesé (masse humide, précision de 0,001 g). Un tri était ensuite effectué afin de déterminer la composition de la diète des poissons récoltés. Toutes les catégories de proies ont été identifiées, dénombrées et pesées. Les poissons-proies dont l'identification à l'espèce n'était pas possible ont quand même été pesés.

L'interprétation des résultats a été réalisée en fonction de trois classes de longueur :

- Grand brochet :
 - < 400 mm
 - 400 à 750 mm
 - 750 mm
- Doré jaune et grand corégone :
 - < 350 mm
 - 350 à 450 mm
 - > 450 mm

Ces classes de taille ont été déterminées selon l'âge des individus afin de regrouper 1) les juvéniles, 2) les adultes à forte croissance, et 3) les adultes à croissance lente. Les données brutes sont présentées à l'annexe F.

Pour le traitement des données, l'occurrence a été obtenue en divisant le nombre d'estomacs dans lesquels un groupe d'organismes étaient observés par le nombre total d'estomacs non vides examinés (cotes de réplétion de 2 à 5), pour un plan d'eau donné. L'importance d'une proie dans le régime alimentaire a été déterminée, pour un plan d'eau donné, à partir de sa contribution relative (en gramme) par rapport à la biomasse totale de proies ingérées.

3 Résultats

3.1 Teneurs en mercure dans la chair des poissons – analyses temporelles

La distribution des résidus de Student selon la longueur des poissons est illustrée à l'annexe G. L'examen des graphiques produits permet de juger de la normalité des données et de l'égalité des variances (Tremblay *et al.*, 1996). Les relations longueur-mercure par espèce et par plan d'eau en 2018 se trouvent à l'annexe H. Le tableau 5 présente les valeurs moyennes en mercure mesurées par les Laboratoires Bureau Veritas de même que les teneurs moyennes pour une longueur standardisée, pour chaque espèce et chaque plan d'eau depuis l'état de référence.

3.1.1 Grand brochet

3.1.1.1 Tronçon non affecté de la rivière Manouane (milieu témoin)

Le modèle de régression polynomiale pour la comparaison interannuelle explique 90,1 % de la relation mercure-longueur chez le grand brochet du secteur témoin de la rivière Manouane. Les résultats de la régression indiquent une position graphique différente des courbes entre l'année de référence (plus élevée) et les autres années (figure 2a). Quant à la forme des courbes, celles de 2006, 2010 et 2013 diffèrent de celles de 2003, 2008 et 2018 dans la mesure où à partir d'une longueur cible (point d'intersection avec la longueur standardisée), les concentrations en mercure évoluent plus rapidement avec la longueur du poisson dans le premier cas (figure 2a).

Pour le grand brochet présent dans le tronçon non affecté de la rivière Manouane, la courbe illustrant la teneur en mercure en fonction de la longueur en 2003 est significativement plus élevée que celles des suivis de 2006 à 2018 (figure 2a). Effectivement, les teneurs en mercure pour une longueur standardisée de 600 mm étaient significativement plus élevées lors de l'état de référence (0,56 mg/kg) par rapport à l'ensemble des autres années (valeur entre 0,37 et 0,42 mg/kg; figure 2b).

Mentionnons qu'en 2003, les poissons ont été capturés un peu plus en aval sur la rivière Manouane (entre les PK 115 et 120) et plus près du lac du Grand Détour. On peut donc présumer qu'un certain mélange entre les poissons du lac et de la rivière était dès lors possible. De 2006 à 2018, les populations de poissons en rivière étaient isolées de celles du lac du Grand Détour puisque les pêches ont été réalisées en amont d'un obstacle infranchissable localisé au PK 127 (voir la photo 1). De fait, les teneurs en mercure obtenues lors des suivis en phase exploitation sont probablement plus représentatives de ce que l'on trouve chez les poissons habitant exclusivement dans la rivière Manouane.

Néanmoins, l'ensemble des valeurs obtenues depuis 2003 dans la rivière Manouane se situent dans la plage de variation naturelle de 0,36 à 0,77 mg/kg. De plus, les teneurs moyennes de 2006 à 2018 se situent toutes sous la norme canadienne de mise en marché des produits de la pêche qui est fixée à 0,5 mg/kg.

Tableau 5 : Quantification des teneurs en mercure depuis l'état de référence dans les différents secteurs à l'étude

Milieu	Espèce	Année	Nombre total ^A	Mercure total (mg/kg)				Longueur totale (mm)		
				Standardisée ^{AB}	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum
Amont du PK 127 de la rivière Manoune (milieu témoin)	Grand corégone	2003	30	0,14 (a)	0,17	0,08	0,3	417	216	517
		2006	28	0,09 (bc)	0,14	0,05	0,31	424	251	512
		2008	16	0,07 (c)	0,15	0,05	0,41	430	237	551
		2010	25	0,09 (bc)	0,1	0,05	0,26	362	230	512
		2013	28	0,11 (ab)	0,14	0,05	0,3	413	237	561
		2018	20	0,08 (bc)	0,11	0,06	0,37	386	217	531
	Grand brochet	2003	23	0,56 (a)	0,6	0,06	2,45	543	246	1 040
		2006	27	0,40 (b)	0,43	0,07	3,1	496	146	1 004
		2008	28	0,42 (b)	0,3	0,08	0,79	494	250	783
		2010	31	0,38 (b)	0,33	0,07	2,74	470	141	1 000
		2013	27	0,40 (b)	0,22	0,09	0,45	462	244	633
		2018	30	0,37 (b)	0,29	0,05	0,77	515	336	843
Lac du Grand Détour	Grand corégone	2002	32	0,13 (c)	0,15	0,07	0,42	375	216	536
		2006	29	0,31 (a)	0,38	0,2	0,6	400	225	556
		2008	27	0,32 (a)	0,41	0,2	0,84	402	219	525
		2010	30	0,28 (ab)	0,4	0,18	0,96	469	229	578
		2013	32	0,25 (ab)	0,37	0,12	1,15	399	220	580
		2018	32	0,24 (b)	0,34	0,1	0,72	438	253	597
	Grand brochet	2002	29	0,71 (c)	0,81	0,13	1,78	649	280	1 009
		2006	30	1,04 (b)	1,07	0,23	2,63	575	302	1 070
		2008	30	1,38 (ab)	1,35	0,32	2,88	575	294	950
		2010	32	1,45 (a)	1,43	0,25	3,45	513	246	842
		2013	30	1,30 (ab)	1,3	0,12	2,96	559	196	915
		2018	37	1,25 (ab)	1,27	0,22	5,1	543	279	956
Baie aux Hirondelles	Grand corégone	2002	25	0,22 (a)	0,34	0,12	0,82	419	212	548
		2008	9	0,27 ^c	0,41	0,06	0,78	410	260	508
		2010	10	0,16 (a)	0,25	0,11	0,58	436	238	507
		2013	23	0,17 (a)	0,27	0,09	0,73	441	231	536
		2018	33	0,18 (a)	0,28	0,13	0,56	456	291	536
	Grand brochet	2002	30	0,78 (b)	0,73	0,2	2,87	530	275	947
		2006	30	0,95 (ab)	0,89	0,38	1,8	532	302	826
		2008	30	0,96 (a)	0,96	0,36	1,94	566	330	800
		2010	29	1,02 (a)	1,09	0,33	4,39	511	232	870
		2013	30	0,93 (ab)	1,06	0,26	3,44	566	248	969
		2018	32	0,91 (ab)	0,8	0,19	5,37	511	174	989

Tableau 5 : Quantification des teneurs en mercure depuis l'état de référence dans les différents secteurs à l'étude (suite_

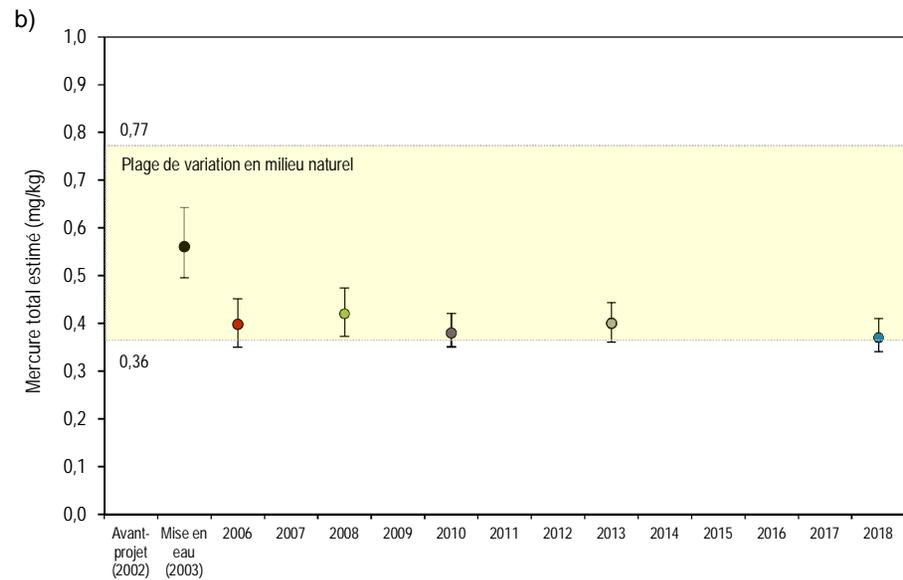
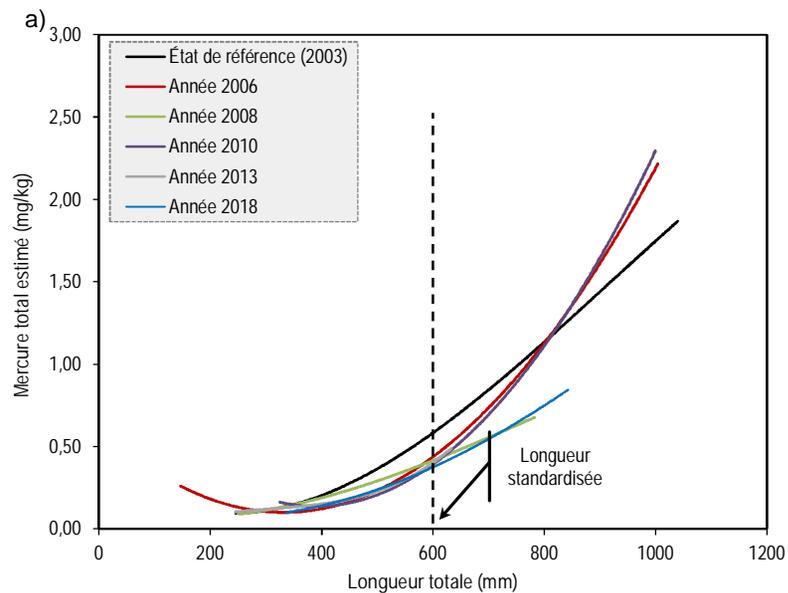
Milieu	Espèce	Année	Nombre total ^A	Mercure total (mg/kg)				Longueur totale (mm)		
				Standardisée ^{AB}	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum
Lac Duhamel	Grand corégone	2002	30	0,18 (a)	0,17	0,08	0,31	359	205	508
		2006	28	0,18 (a)	0,2	0,09	0,44	384	231	509
		2008	25	0,18 (a)	0,2	0,1	0,6	376	259	518
		2010	29	0,16 (a)	0,19	0,07	0,59	402	231	501
		2013	26	0,18 (a)	0,18	0,1	0,43	374	220	540
		2018	32	0,18 (a)	0,21	0,09	0,35	398	257	530
	Grand brochet	2002	30	0,49 (a)	0,54	0,13	1,95	597	345	1 160
		2006	30	0,47 (a)	0,51	0,11	2,1	569	314	1 015
		2008	26	0,49 (a)	0,66	0,14	2,34	618	340	1 300
		2010	30	0,49 (a)	0,51	0,11	1,47	580	308	971
		2013	23	0,49 (a)	0,42	0,10	1,16	508	277	973
		2018	21	0,49 (a)	0,64	0,12	2,77	564	276	1016
	Doré jaune	2002	32	0,39 (b)	0,54	0,12	1,98	398	213	679
		2006	30	0,46 (a)	0,84	0,15	2,2	443	191	725
		2008	30	0,50 (a)	0,65	0,16	1,98	397	210	632
		2010	30	0,39 (b)	0,53	0,17	2,34	379	254	698
		2013	31	0,52 (a)	0,64	0,2	1,55	416	245	642
		2018	32	0,39 (b)	0,51	0,18	1,50	410	215	693
	Ouananiche	2002	8	-	0,32	0,13	0,61	496	385	600
		2006	6	-	0,33	0,12	0,57	496	327	640
		2008	3	-	0,58	0,45	0,68	533	510	580
2010		2	-	0,42	0,14	0,70	522	480	564	
2013		3	-	0,59	0,22	1,15	602	443	701	
2018		1	-	0,44			578			

^A Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %.

^B Teneur moyenne en mercure à la longueur standardisée (600 mm pour le grand brochet, 400 mm pour le grand corégone et le doré jaune) et estimée par le polynôme issu de la régression polynomiale avec variables indicatrices.

^C Les teneurs en mercure pour le grand corégone de la baie aux Hirondelles ont été traitées à part.

- Effectif insuffisant pour appliquer la régression polynomiale à variable indicatrice.



Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2003)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	23	27	28	31	27	30
Position*	a	b	b	b	b	b
Forme*	c	a	b	a	a	c

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».

Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2003)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	23	27	28	31	27	30
Teneur moyenne	0,56 (a)	0,40 (b)	0,42 (b)	0,38 (b)	0,40 (b)	0,37 (b)
Limite inférieure	0,50	0,35	0,37	0,35	0,36	0,34
Limite supérieure	0,64	0,45	0,47	0,42	0,44	0,41

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance de l'estimation de la teneur moyenne ne se chevauchent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %.

Figure 2 : Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (600 mm) chez le grand brochet du tronçon non affecté de la rivière Manouane

3.1.1.2 Lac du Grand Détour

Pour le grand brochet du lac du Grand Détour, le modèle de régression polynomiale pour la comparaison interannuelle explique 80,3 % de la relation mercure-longueur. Les résultats de la régression indiquent une position graphique différente des courbes entre l'année de référence (plus faible) et les autres années (figure 3a). Quant à la forme des courbes, celles de 2006 et 2008 diffèrent entre elles et de celles de 2002, 2010, 2013 et 2018 dans la mesure où à partir d'une longueur cible (point d'intersection avec la longueur standardisée), les concentrations en mercure évoluent différemment avec la longueur du poisson (figure 3a).

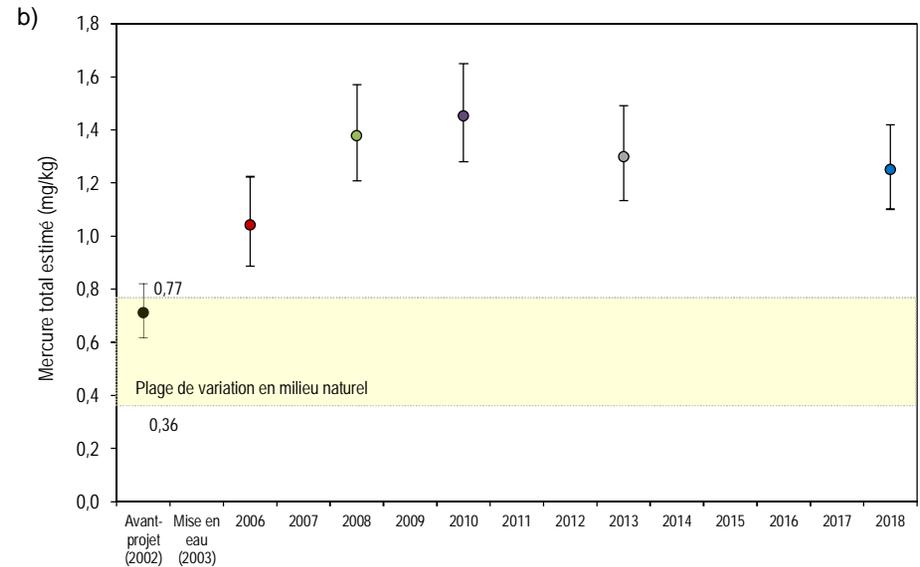
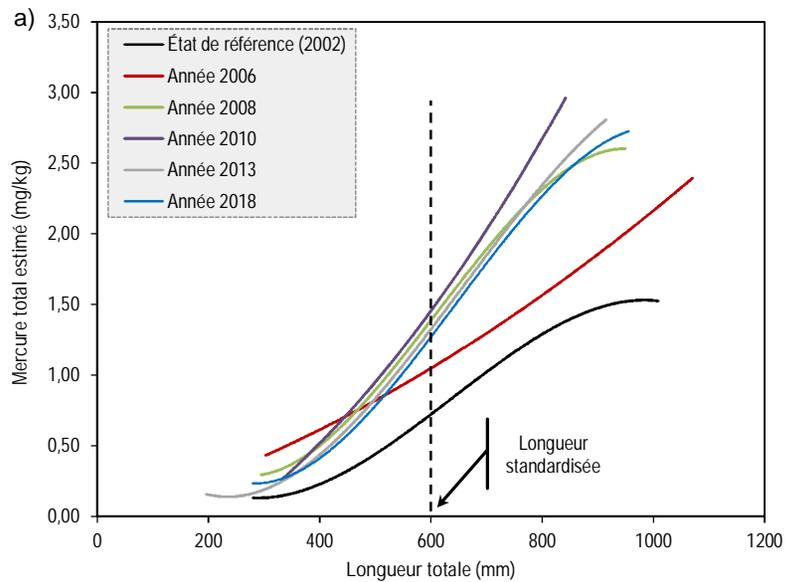
Au lac du Grand Détour, les teneurs moyennes en mercure pour une longueur standardisée de 600 mm pendant la phase exploitation sont significativement plus élevées que celle de l'état de référence (figure 2b). Depuis la réalisation du premier suivi en 2006 jusqu'en 2010, on assistait à une hausse progressive des teneurs en mercure dans la chair des grands brochets. L'année 2013 marquait une première baisse des teneurs depuis la mise en service de la dérivation et cette diminution s'est poursuivie en 2018. Ces deux baisses sont toutefois non significatives par rapport à l'année 2010. Pour une longueur standardisée de 600 mm, la concentration moyenne en mercure est passée de 0,71 mg/kg en 2002 à 1,45 mg/kg en 2010, pour ensuite diminuer à 1,30 mg/kg en 2013 et à 1,25 en 2018 (figure 3b). La baisse observée en 2018 représente près de 14 % de diminution par rapport à 2010. Comme observé en 2008, 2010 et 2013, la forme générale de la courbe de 2018 fait état d'un accroissement plus rapide des teneurs en mercure selon la taille des brochets comparativement à l'état de référence de 2002 (figure 3a).

Notons que l'augmentation progressive des concentrations en mercure à la suite de la mise en eau du réservoir avait été prévue dans l'étude d'avant-projet (Hydro-Québec, 2000). Immédiatement après la mise en eau d'un réservoir, il se produit une importante bioaccumulation de mercure dans les organismes en raison du phénomène de méthylation⁶ du mercure. La transmission du méthylmercure s'opère tout au long de la chaîne alimentaire (du plancton jusqu'au poisson) et les concentrations augmentent à chaque maillon. Ensuite, la production du méthylmercure diminue rapidement⁷ en raison de l'épuisement des composantes facilement décomposables des sols et de la végétation par les bactéries (Schetagne *et al.*, 2006). À titre comparatif, les valeurs maximales enregistrées dans la chair des poissons dans les différents réservoirs du complexe La Grande ont été obtenues entre quatre et quatorze ans après la mise en eau des différents réservoirs (Bilodeau *et al.*, 2017).

En se basant sur ces observations ainsi que sur les résultats des simulations concernant la teneur en mercure dans la chair du grand brochet du lac du Grand Détour (voir annexe I), il était attendu que les concentrations en mercure puissent atteindre la valeur maximale en 2009 selon le scénario optimiste (six ans après la mise en eau) ou en 2013, selon le scénario pessimiste (dix ans après la mise en eau) (Hydro-Québec, 2000).

⁶ Processus de dégradation du mercure inorganique en méthylmercure, soit une forme de mercure facilement assimilable par les organismes vivants. En milieu aquatique, cette transformation est réalisée par les bactéries.

⁷ La production accrue de méthylmercure est généralement terminée huit à dix ans après la mise en eau.



Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	29	30	30	32	30	37
Position*	b	a	a	a	a	a
Forme*	c	a	b	c	c	c

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».

Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	29	30	30	32	30	37
Teneur moyenne	0,71 (c)	1,04 (b)	1,38 (ab)	1,45 (a)	1,30 (ab)	1,25 (ab)
Limite inférieure	0,62	0,89	1,21	1,28	1,13	1,10
Limite supérieure	0,82	1,22	1,57	1,65	1,49	1,41

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance de l'estimation de la teneur moyenne ne se chevauchent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %.

Figure 3 : Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (600 mm) chez le grand brochet du lac du Grand Détour

Les teneurs moyennes mesurées dans la chair du grand brochet pour une longueur standardisée étaient de 1,45 mg/kg en 2010, de 1,30 mg/kg en 2013 et de 1,25 mg/kg en 2018 pour une longueur standardisée de 600 mm. Il apparaît donc que l'évolution des teneurs en mercure chez le grand brochet du lac du Grand Détour aurait suivi le scénario optimiste, indiquant que le pic aurait déjà été atteint en 2010. Les concentrations en mercure sont donc en train de revenir vers les concentrations naturelles chez les grands brochets. Toutefois, la diminution n'est pas aussi rapide que celle anticipée. En effet, il était prévu que les teneurs moyennes en mercure chez les grands brochets de 700 mm seraient aux environs de 0,92 mg/kg quinze ans après la mise en service de la dérivation selon le scénario optimiste (voir annexe I). Actuellement, les teneurs moyennes sont toujours supérieures à la plage de variation naturelle.

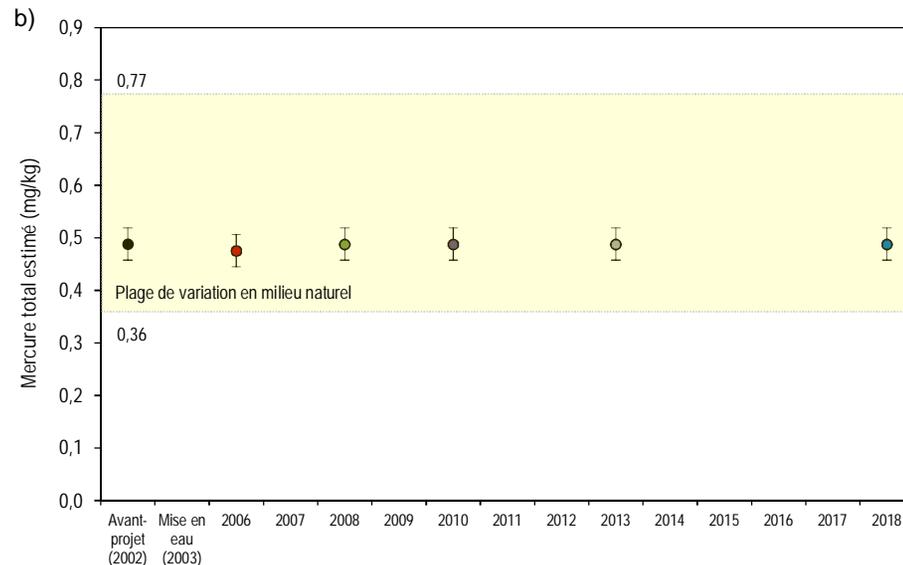
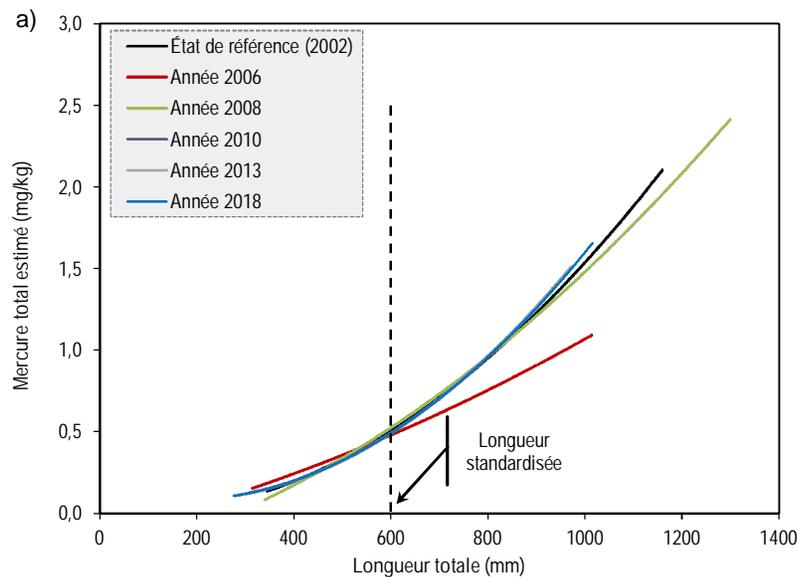
3.1.1.3 Lac Duhamel

Pour le grand brochet du lac Duhamel, le modèle de régression polynomiale pour la comparaison interannuelle explique 84,9 % de la relation mercure-longueur. Les résultats de la régression indiquent une position graphique semblable des courbes entre les années, alors que seule la forme de la courbe pour l'année 2006 est différente des autres années (figure 4a).

Dans le lac Duhamel (milieu à débit réduit), les teneurs moyennes en mercure obtenues lors des suivis en phase exploitation pour le brochet de longueur standardisée sont demeurées à l'intérieur de la plage de variation en milieu naturel, et non significativement différentes de celles de l'état de référence (figure 4b). Les résultats montrent, comme prévu, que le débit réservé en provenance du lac du Grand Détour est trop faible pour causer une augmentation significative des teneurs en mercure dans ce plan d'eau. Notons que dans les rivières du complexe La Grande où les débits ont été réduits, les teneurs en mercure dans la chair des grands brochets n'ont pas augmenté significativement (Schetagne *et al.*, 1996), ce qui correspond à la situation actuelle du lac Duhamel (figure 3). Cependant, dans le cadre de la dérivation Rupert, les grands brochets du tronçon à débit réduit ont subi une hausse significative des teneurs en mercure suivant la mise en service de la dérivation pour les individus de longueurs standardisées de 700 mm et 800 mm par rapport aux valeurs de référence (Therrien et Bilodeau, 2018), ce qui n'est pas observé dans le cas des grands brochets du lac Duhamel.

3.1.1.4 Baie aux Hirondelles

Pour le grand brochet de la baie aux Hirondelles, le modèle de régression polynomiale pour la comparaison interannuelle explique 81,3 % de la relation mercure-longueur. Les résultats de la régression indiquent une position graphique semblable des courbes entre les années sauf pour l'année de référence qui est plus basse, alors que seule la forme de la courbe pour l'année 2006 est différente des autres années (figure 5a). La concentration moyenne de mercure des grands brochets de longueur standardisée en 2018 (0,91 mg/kg) n'est pas significativement plus élevée que celle obtenue avant la dérivation (0,78 mg/kg; figure 5b), contrairement aux années 2008 et 2010 (0,96 et 1,02 mg/kg) qui présentaient une concentration moyenne significativement plus élevée que lors de l'état de référence (0,78 mg/kg; figure 4b). La valeur moyenne obtenue en 2018 n'est également pas significativement différente des teneurs moyennes obtenues de 2006 à 2013. Ainsi, comme observées dans le lac du Grand Détour, les teneurs moyennes en mercure mesurées en 2018 dans la chair du grand brochet de la baie aux Hirondelles poursuivent la diminution débutée en 2013, après avoir atteint un pic en 2010.



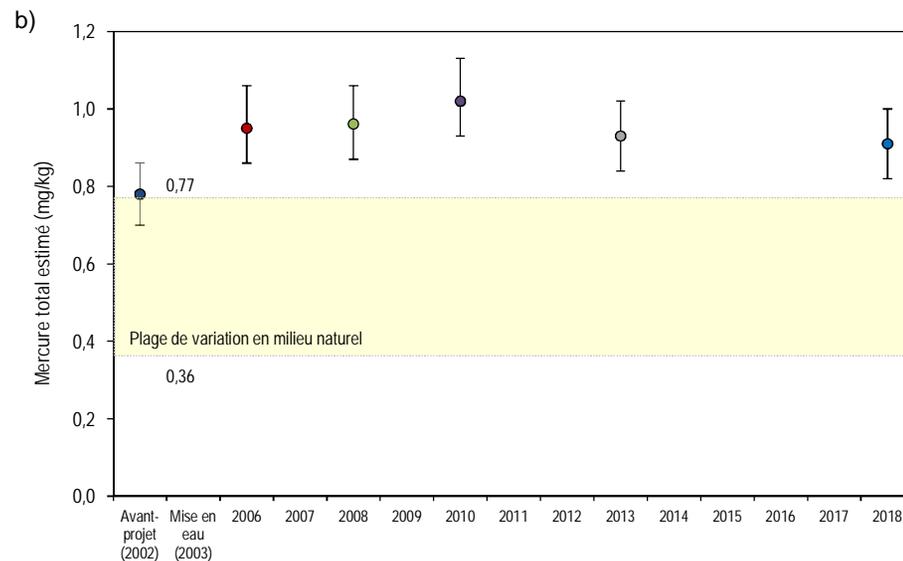
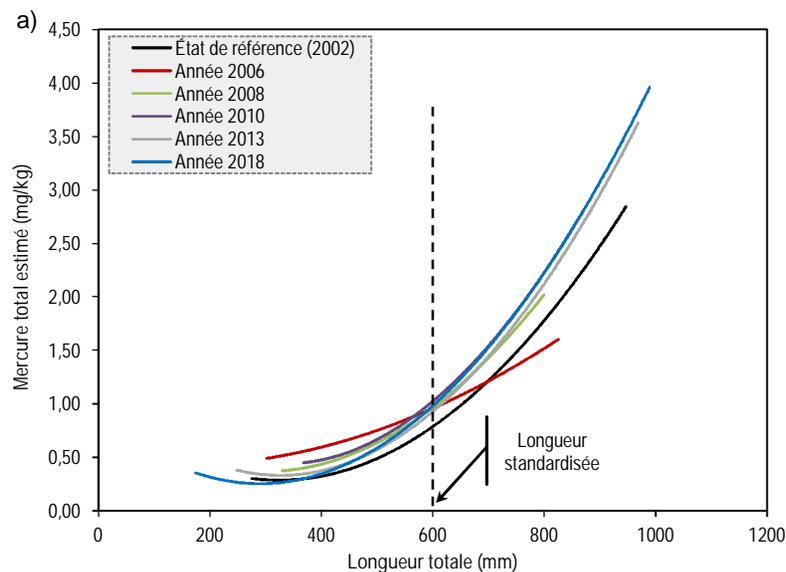
Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	30	30	26	30	23	21
Position*	a	a	a	a	a	a
Forme*	b	a	b	b	b	b

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».

Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	30	30	26	30	23	21
Teneur moyenne	0,49 (a)	0,47 (a)	0,49 (a)	0,49 (a)	0,49 (a)	0,49 (a)
Limite inférieure	0,46	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46
Limite supérieure	0,52	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance de l'estimation de la teneur moyenne ne se chevauchent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %.

Figure 4 : Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (600 mm) chez le grand brochet du lac Duhamel



Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	30	30	30	29	30	32
Position*	b	a	a	a	a	a
Forme*	b	a	b	b	b	b

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».

Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	30	30	30	29	30	32
Teneur moyenne	0,78 (b)	0,95 (ab)	0,96 (a)	1,02 (a)	0,93 (ab)	0,91 (ab)
Limite inférieure	0,70	0,86	0,87	0,93	0,84	0,82
Limite supérieure	0,86	1,06	1,06	1,13	1,02	1,00

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance de l'estimation de la teneur moyenne ne se chevauchent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %.

Figure 5 : Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (600 mm) chez le grand brochet de la baie aux Hirondelles

3.1.2 Grand corégone

3.1.2.1 Tronçon non affecté de la rivière Manouane (milieu témoin)

Pour le grand corégone situé dans le milieu témoin (tronçon non affecté de la rivière Manouane), le modèle de régression polynomiale pour la comparaison interannuelle explique 70,7 % de la relation mercure-longueur. Les résultats de la régression indiquent une position graphique différente de la courbe de la relation mercure-longueur pour certaines années, tout comme la forme des courbes (figure 6a).

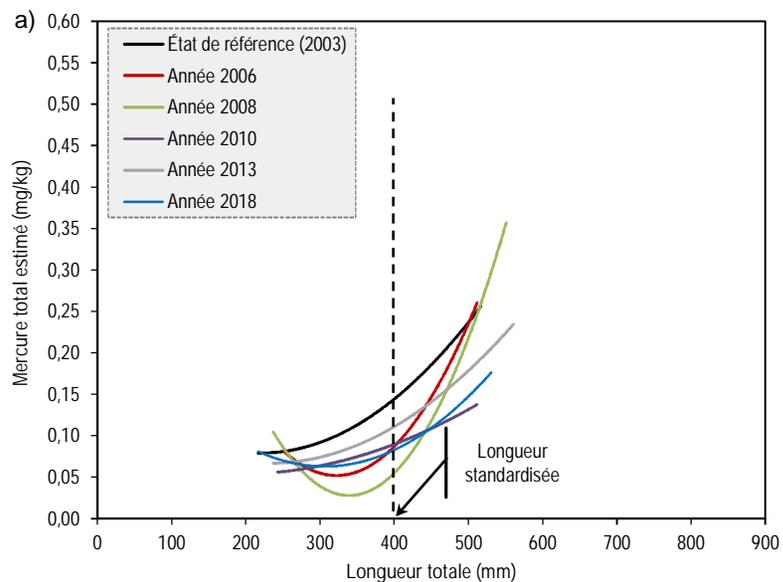
L'état de référence dans la rivière Manouane en 2002 présentait une teneur moyenne à la longueur standardisée de 400 mm chez le grand corégone de 0,14 mg/kg, ce qui était significativement supérieur aux années 2006, 2008, 2010 et 2018, alors que l'année 2013 chevauche la limite inférieure de l'état de référence (figure 6b). L'année 2018 présente une teneur de 0,08 mg/kg à la longueur standardisée. Les valeurs obtenues en phase d'exploitation ne sont pas significativement différentes entre les années, sauf entre l'année 2008 et l'année 2013 où la teneur moyenne est significativement plus élevée. Toutes les valeurs estimées à la longueur standardisée de 400 mm se situent dans la plage de variation en milieu naturel et sous la norme canadienne de mise en marché des produits de la pêche (0,5 mg/kg).

3.1.2.2 Lac du Grand Détour

Le modèle de régression polynomiale pour la comparaison interannuelle chez le grand corégone du lac du Grand Détour explique 77,6 % de la relation mercure-longueur. Les résultats de la régression indiquent une position graphique différente de la courbe de la relation mercure-longueur uniquement pour l'état de référence de 2002, tout comme la forme des courbes (figure 7a).

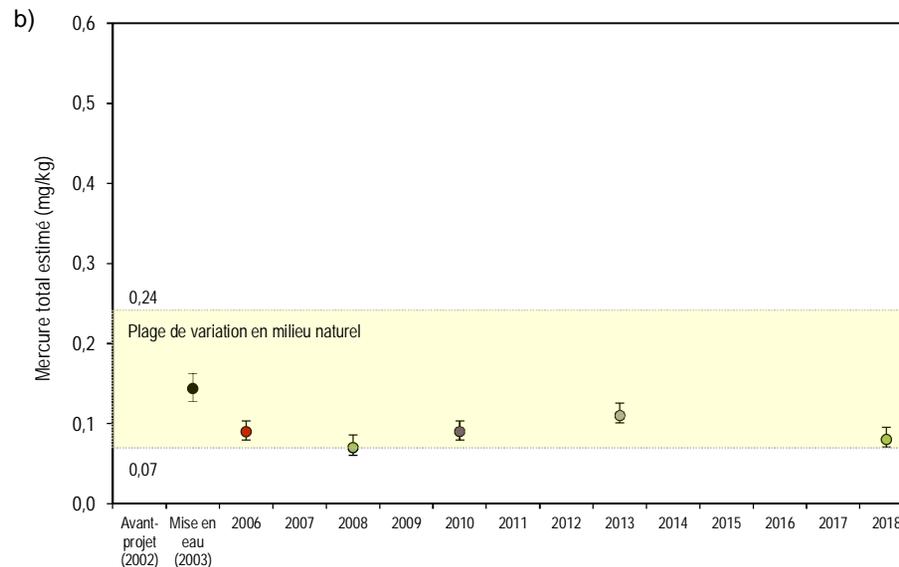
Ces résultats indiquent que la teneur moyenne de mercure dans la chair du grand corégone de longueur standardisée (400 mm) est significativement plus élevée en 2006 (0,31 mg/kg), en 2008 (0,32 mg/kg), en 2010 (0,28 mg/kg), en 2013 (0,25 mg/kg) et en 2018 (0,24 mg/kg) par rapport à l'état de référence (0,13 mg/kg) (figure 7b). Notons que la hausse de la teneur en mercure pour les années suivant la mise en eau du réservoir avait été prédite lors de l'étude d'avant-projet et que l'atteinte des teneurs maximales devait survenir trois à quatre ans après la mise en eau du réservoir (Hydro-Québec, 2000). Pour la première fois depuis le début du suivi, la teneur moyenne en mercure en 2018 est significativement plus faible que celles de l'année 2006 ou 2008, ce qui confirme ce qui était anticipé lors de l'étude de 2013 (Cossette et al., 2014), soit le retour progressif vers des teneurs observées en milieux naturels chez le grand corégone du lac du Grand Détour. Toutefois, la diminution n'est pas aussi rapide que celle anticipée. En effet, les prévisions indiquaient que les teneurs chez le grand corégone devaient être près de 0,17 mg/kg quinze ans après la mise en service de la dérivation (Hydro-Québec, 2000), ce qui est inférieur aux teneurs réellement obtenues en 2018 (0,24 mg/kg). Étant donné que les concentrations en mercure sont à la baisse, aucune augmentation additionnelle des teneurs n'est anticipée dans les années à venir. De plus, la teneur moyenne obtenue en 2018 correspond à la limite supérieure de la plage de variation en milieu naturel.

Enfin, tel qu'observé dans le milieu témoin, toutes les valeurs estimées à la longueur standardisée de 400 mm se situent sous la norme canadienne de mise en marché des produits de la pêche (0,5 mg/kg).



Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2003)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	30	28	16	25	28	20
Position*	a	bc	b	bc	c	bc
Forme*	b	a	a	b	b	b

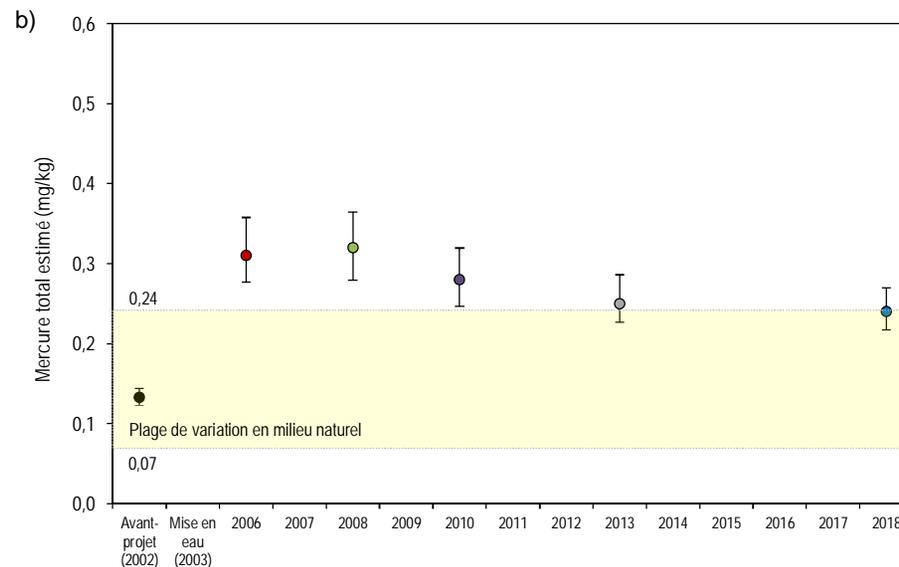
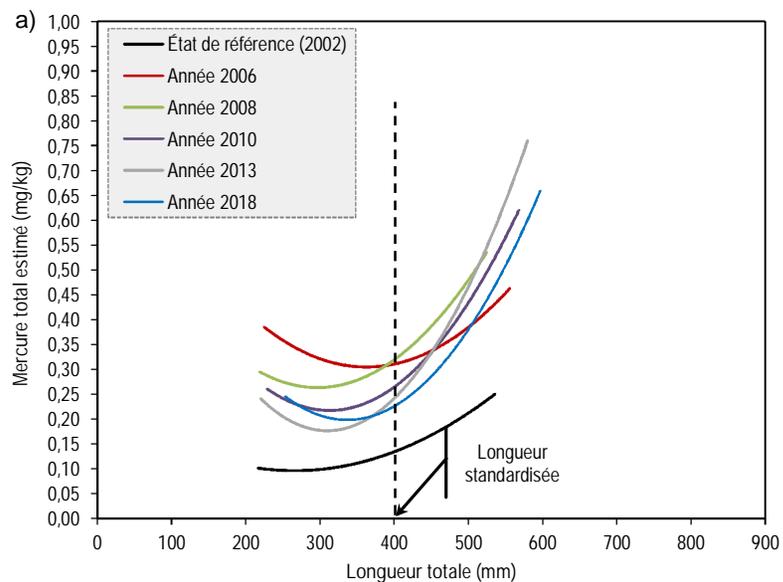
* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».



Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2003)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	30	28	16	25	28	20
Teneur moyenne	0,14 (a)	0,09 (bc)	0,07(c)	0,09 (bc)	0,11 (ab)	0,08 (bc)
Limite inférieure	0,13	0,08	0,06	0,08	0,10	0,07
Limite supérieure	0,16	0,10	0,09	0,10	0,13	0,10

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance de l'estimation de la teneur moyenne ne se chevauchent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %.

Figure 6 : Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le grand corégone du tronçon non affecté de la rivière Manouane



Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
N ^{bre} de spécimens	32	29	27	30	32	32
Position*	b	a	a	a	a	a
Forme*	a	b	b	b	b	b

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».

Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
N ^{bre} de spécimens	32	29	27	30	32	32
Teneur moyenne	0,13 (c)	0,31 (a)	0,32 (a)	0,28 (ab)	0,25 (ab)	0,24 (b)
Limite inférieure	0,12	0,28	0,28	0,25	0,23	0,22
Limite supérieure	0,14	0,36	0,36	0,32	0,29	0,27

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance de l'estimation de la teneur moyenne ne se chevauchent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %.

Figure 7 : Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le grand corégone du lac du Grand Détour

3.1.2.3 Lac Duhamel

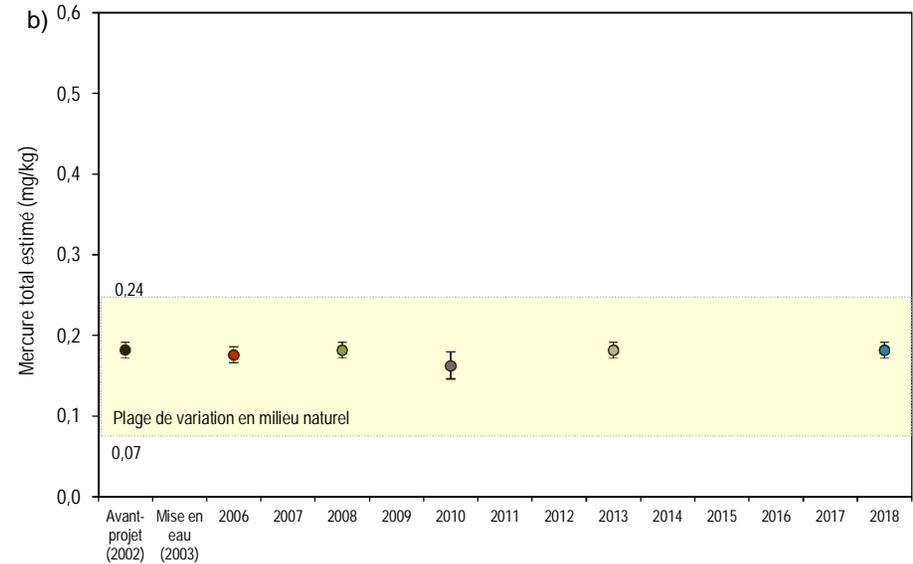
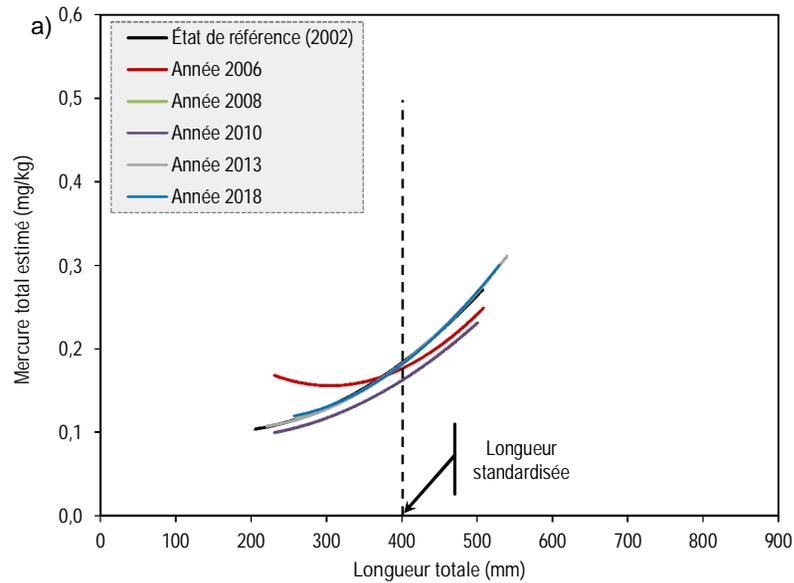
Le modèle de régression polynomiale pour la comparaison interannuelle chez le grand corégone du lac Duhamel (milieu à débit réduit) explique 48,7 % de la relation mercure-longueur. La position de la courbe de 2010 est plus basse comparativement à celles des autres années d'étude (figure 8a), alors que seule la courbe de l'année 2006 possède une forme différente des autres courbes. Malgré la position différente de la courbe pour l'année 2010, la limite supérieure de l'intervalle de confiance de la teneur moyenne estimée à la longueur standardisée de 400 mm chevauche la limite inférieure des intervalles de confiance estimés pour les autres années. Ainsi, pour une longueur standardisée, la concentration moyenne de mercure de 2010 (0,16 mg/kg) n'est pas significativement différente par rapport à celles de l'état de référence et des autres années de suivi (0,18 mg/kg) (figure 8b).

Les teneurs en mercure rencontrées chez le grand corégone du lac Duhamel entre 2002 et 2018 sont comprises à l'intérieur de la plage de variation en milieu naturel de la région (0,07 à 0,24 mg/kg) et dans la région du complexe La Grande (0,05 à 0,20 mg/kg⁸; Schetagne *et al.*, 1996). Au complexe La Grande, l'absence d'augmentation des teneurs en mercure en aval d'un réservoir (milieu à débit réduit) avait déjà été observée chez le grand corégone (Schetagne *et al.*, 2002). Ce phénomène a également été observé dans le cadre de la dérivation Rupert dans le tronçon à débit réduit, mais uniquement dans le secteur du lac Némiscau. En effet, dans les années suivant la dérivation, les teneurs moyennes en mercure sont demeurées à l'intérieur de la plage de variation naturelle et aucune hausse significative n'a été observée par rapport à l'état de référence chez le grand corégone pour ce plan d'eau (Therrien et Bilodeau, 2018). C'est cependant le seul secteur à débit réduit de la dérivation Rupert qui présente les mêmes résultats que le lac Duhamel. De fait, le débit réservé dans la rivière Manouane en provenance du lac du Grand Détour est probablement trop faible pour causer une augmentation des teneurs en mercure chez le grand corégone du lac Duhamel, comme observé chez le grand brochet. Enfin, les valeurs estimées à la longueur standardisée pour toutes les années du suivi respectent la norme canadienne de mise en marché pour les produits de pêche (0,5 mg/kg).

3.1.2.4 Baie aux Hirondelles

Pour le grand corégone situé dans la baie aux Hirondelles, le modèle de régression polynomiale pour la comparaison interannuelle explique 48,1 % de la relation mercure-longueur. Les résultats de la régression indiquent que la position graphique de la courbe est différente en 2010, 2013 et 2018 par rapport à l'état de référence, alors que la forme des courbes est similaire entre les années (figure 9a). La concentration moyenne de mercure des spécimens prélevés dans la baie aux Hirondelles en 2018 est estimée à 0,18 mg/kg pour une longueur standardisée de 400 mm, ce qui est statistiquement similaire à celle observée lors de l'état de référence (0,22 mg/kg; figure 9b), en 2010 (0,16 mg/kg) et en 2013 (0,17 mg/kg). De plus, rappelons que l'année 2008 a été traitée séparément pour les estimations en raison d'un biais engendré par l'intégration de cette année dans le modèle de régression polynomiale (voir section 2.4.2.2 pour les détails). Les résultats des estimations de 2008 sont toutefois présentés à titre indicatif. Quoi qu'il en soit, comme les teneurs maximales sont désormais dans un processus de retour aux teneurs naturelles dans le lac du Grand Détour, aucune augmentation des concentrations en mercure n'est à prévoir chez la population de grands corégonnes de la baie aux Hirondelles.

⁸ Valeurs obtenues par régression polynomiale.



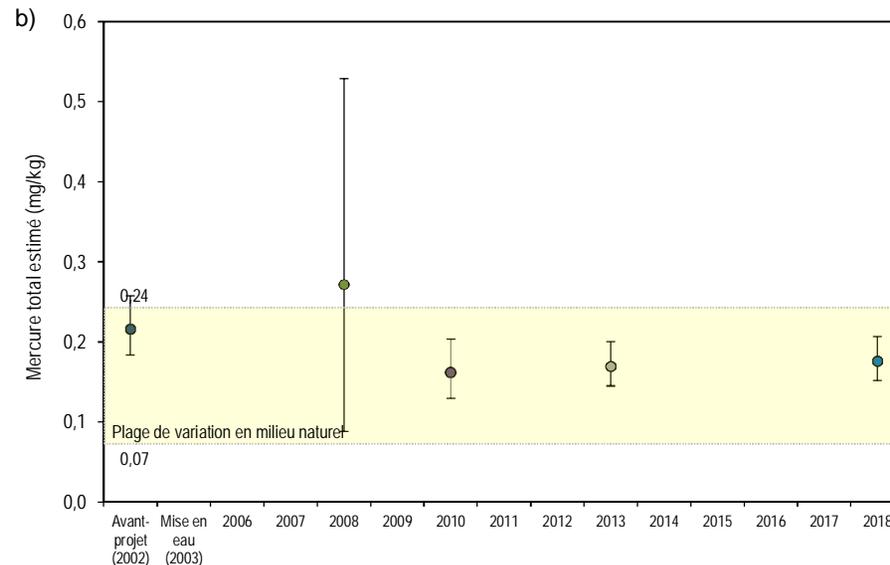
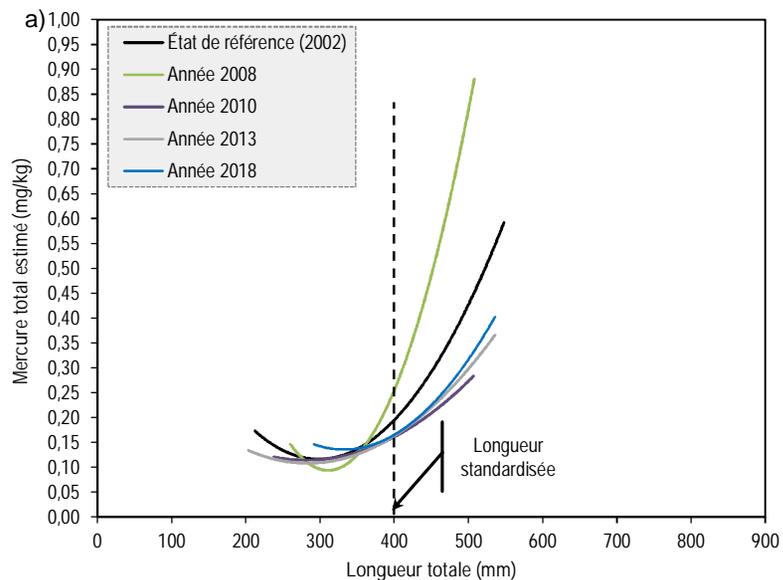
Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
N ^{bre} de spécimens	30	28	25	29	26	32
Position*	a	a	a	b	a	a
Forme*	b	a	b	b	b	b

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».

Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
N ^{bre} de spécimens	30	28	25	29	26	32
Teneur moyenne	0,18 (a)	0,18 (a)	0,18 (a)	0,16 (a)	0,18 (a)	0,18 (a)
Limite inférieure	0,17	0,17	0,17	0,15	0,17	0,17
Limite supérieure	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,19

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance de l'estimation de la teneur moyenne ne se chevauchent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %.

Figure 8 : Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le grand corégone du lac Duhamel



Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	25	-	-	10	23	33
Position*	a	-	-	b	b	b
Forme*	a	-	-	a	a	a

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».

Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	25	-	9	10	23	33
Teneur moyenne	0,22 (a)	-	0,27**	0,16 (a)	0,17 (a)	0,18 (a)
Limite inférieure	0,18	-	0,18	0,13	0,14	0,15
Limite supérieure	0,26	-	0,48	0,20	0,20	0,20

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance de l'estimation de la teneur moyenne ne se chevauchent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %.

** Les teneurs en mercure pour le grand corégone de la baie aux Hirondelles en 2008 ont été traitées à part.

Figure 9 : Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le grand corégone de la baie aux Hirondelles

Les valeurs estimées à la longueur standardisée pour toutes les années du suivi respectent la norme canadienne de mise en marché pour les produits de pêche et sont également situées dans la plage de variation en milieu naturel, sauf pour l'année 2008 (0,27 mg/kg) qui présente une valeur moyenne supérieure à la plage de variation.

3.1.3 Doré jaune

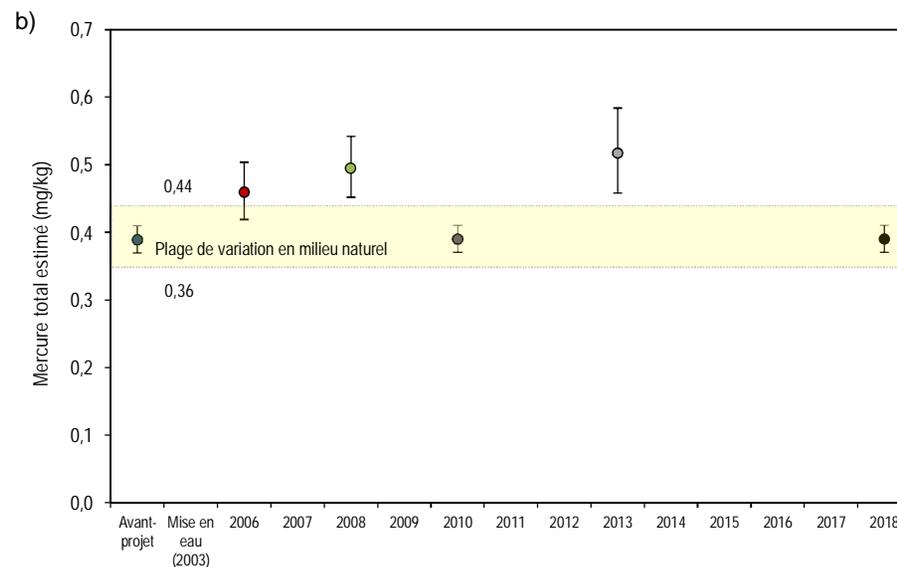
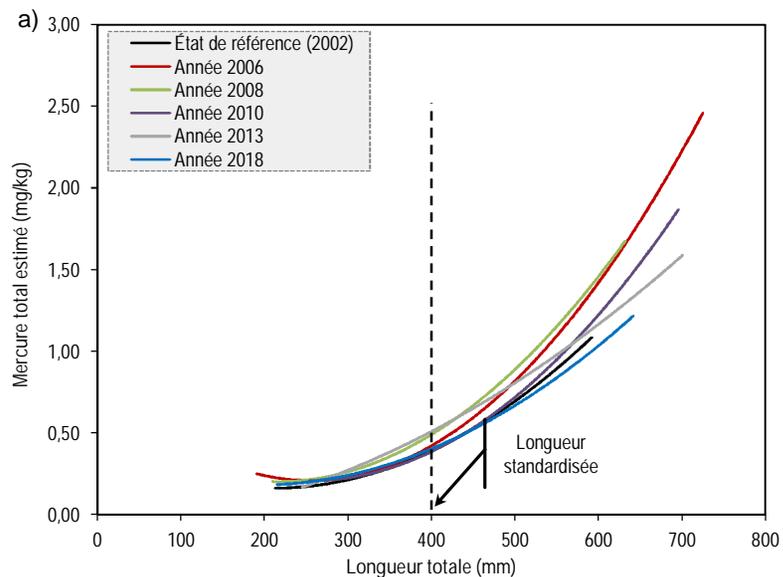
Le doré jaune a été capturé uniquement dans le lac Duhamel.

La régression polynomiale pour le doré jaune du lac Duhamel explique 89,5 % de la relation longueur-mercure. La forme des courbes diffère entre 2013 et 2018, et ces deux années diffèrent également de l'ensemble des autres années, indiquant que les teneurs en mercure évoluent différemment avec la longueur du poisson pour certaines années (figure 10a). Par contre, les courbes de 2002, 2010 et 2018 sont significativement plus basses qu'en 2006, 2008 et 2013. Une baisse significative des teneurs en mercure dans la chair des poissons est observée en 2018 (0,39 mg/kg) par rapport à l'année 2013 (0,52 mg/kg), mais elles demeurent statistiquement comparables à celles de l'état de référence (0,39 mg/kg) (figure 10b).

Comme observé chez les autres espèces à l'étude (grand brochet et grand corégone), on peut présumer que le débit réservé est probablement trop faible dans la rivière Manouane pour causer une augmentation notable des teneurs en mercure chez le doré jaune du lac Duhamel. Ce phénomène a également été observé dans le secteur du lac Némiscau situé dans le tronçon à débit réduit de la dérivation de la rivière Rupert. En effet, les teneurs moyennes en mercure pour le doré jaune de ce lac se sont toujours maintenues à des valeurs similaires ou plus faibles que les valeurs de référence depuis la mise en service de la dérivation (Therrien et Bilodeau, 2018). C'est cependant le seul secteur à débit réduit de la dérivation Rupert qui présente les mêmes résultats que le lac Duhamel.

À titre informatif, les concentrations moyennes enregistrées depuis 2002 se situent dans l'intervalle des concentrations de mercure déjà observées dans les lacs naturels du bassin hydrographique du complexe La Grande (0,32 à 1,26 mg/kg; Brouard *et al.*, 1990). Par contre, les années 2008 et 2013 sont les seules années où la teneur moyenne et son intervalle de confiance se situaient à l'extérieur de la plage de variation naturelle de la région (0,36 à 0,44 mg/kg).

Les valeurs estimées à la longueur standardisée pour toutes les années du suivi respectent la norme canadienne de mise en marché pour les produits de pêche (0,5 mg/kg), sauf pour l'année 2013, alors que l'année 2008 était à la limite de la norme.



Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	32	30	30	30	31	32
Position*	b	a	a	b	a	b
Forme*	c	c	c	c	a	b

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance des coefficients ne se chevauchent pas, indiquant des différences significatives à 95 %. Pour la position des courbes, la règle est d'attribuer la lettre « a » à la plus élevée d'entre elles, tandis que pour la forme, c'est la courbe la plus complexe qui reçoit la lettre « a ».

Comparaison du mercure à la longueur standardisée au seuil de probabilité de 95 %						
	État de référence (2002)	Année 2006	Année 2008	Année 2010	Année 2013	Année 2018
Nbre de spécimens	32	30	30	30	31	32
Teneur moyenne	0,39 (b)	0,46 (a)	0,50 (a)	0,39 (b)	0,52 (a)	0,39 (b)
Limite inférieure	0,37	0,42	0,45	0,37	0,46	0,37
Limite supérieure	0,41	0,50	0,54	0,41	0,58	0,41

* Des lettres différentes sont attribuées lorsque les intervalles de confiance de l'estimation de la teneur moyenne ne se chevauchent pas, indiquant ainsi des différences significatives à 95 %.

Figure 10 : Évolution temporelle de (a) la relation longueur-mercure et de (b) l'estimation de l'intervalle de confiance (95 %) de la teneur moyenne en mercure pour la longueur standardisée (400 mm) chez le doré jaune du lac Duhamel

3.1.4 Ouananiche

La régression polynomiale n'a pas été appliquée pour la concentration en mercure dans la chair des ouananiches du lac Duhamel, car le nombre de spécimens récolté est trop faible ($n \leq 8$ d'une année à l'autre). Le faible nombre de ouananiches capturées d'une année à l'autre ne permet également pas d'appliquer d'autres analyses statistiques, comme une comparaison de moyenne à l'aide d'un test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov. Effectuer un test statistique avec un si faible effectif n'aurait aucune signification. En 2006, 2008, 2010 et 2013, on obtient des concentrations moyennes de mercure dans la chair de la ouananiche de 0,33, 0,58, 0,42 et 0,59 mg/kg respectivement pour des longueurs moyennes de 496, 533, 522 et 602 mm. Lors de l'état de référence (2002), la teneur en mercure était estimée à 0,32 mg/kg pour une longueur moyenne de 496 mm, alors que cette année, en 2018, elle était de 0,44 mg/kg pour le seul spécimen capturé d'une longueur de 578 mm.

3.1.5 Constats généraux

Grand brochet

L'évolution temporelle du mercure dans la chair du grand brochet a été différente entre les plans d'eau à l'étude. Dans le cas du lac du Grand Détour et de la baie aux Hirondelles, on note une augmentation constante des teneurs en mercure de 2006 à 2010, alors que par la suite les teneurs diminuent en 2013 et cette diminution se poursuit en 2018. Les diminutions observées ne sont toutefois pas significatives par rapport à l'année 2010. Parmi ces deux plans d'eau, seule la baie aux Hirondelles présente en 2018 des teneurs moyennes de mercure dans la chair des grands brochets similaires à celles mesurées lors de l'état de référence. Dans le lac du Grand Détour, les teneurs en 2018 demeurent significativement plus élevées qu'à l'état de référence. Au lac Duhamel, la teneur en mercure chez le grand brochet est demeurée stable depuis 2002, alors qu'elle est stable depuis 2006 dans le tronçon non affecté de la rivière Manouane.

Selon les prévisions effectuées lors de l'étude d'impact et les résultats de la présente étude, les teneurs en mercure chez le grand brochet ne devraient plus augmenter dans les prochaines années, mais devraient poursuivre leur diminution pour rejoindre les teneurs mesurées lors de l'état de référence ainsi que la plage de variation naturelle dans le cas de la baie aux Hirondelles et le lac du Grand détour. On observe toutefois que la diminution des teneurs en mercure n'est pas aussi rapide que celle anticipée dans l'étude d'impact. La stabilité des teneurs en mercure dans le lac Duhamel et le tronçon non affecté de la rivière Manouane devrait se poursuivre dans les prochaines années.

Grand corégone

Aucune problématique particulière n'est survenue en 2018 dans les teneurs en mercure chez le grand corégone par rapport aux années précédentes pour la baie aux Hirondelles et le lac Duhamel. En effet, les teneurs estimées sont semblables à l'état de référence dans ces deux secteurs. Dans le tronçon non affecté de la rivière Manouane, les teneurs moyennes en mercure à la longueur standardisée de 400 mm sont faibles, relativement stables entre les années et aucune tendance temporelle particulière n'est notée. Pour tous ces plans d'eau, les teneurs moyennes se situent dans la plage de variation naturelle.

Pour le lac du Grand détour, les teneurs moyennes sont en baisse depuis l'année 2008. L'année 2018 est la première année depuis la mise en service de la dérivation où la teneur moyenne chevauche la plage de variation naturelle. Toutefois, les teneurs en mercure en 2018 demeurent significativement plus élevées qu'à l'état de référence. Comme dans le cas du brochet, on observe que la diminution des teneurs en mercure chez le corégone n'est pas aussi rapide que celle anticipée dans l'étude d'impact.

Doré jaune

Les résultats de l'année 2018 indiquent une baisse significative des teneurs en mercure dans le lac Duhamel par rapport à l'année 2013, seul plan d'eau où l'on retrouve cette espèce. Les teneurs moyennes de 2018 sont similaires à celles de l'année 2010 et de l'état de référence. De plus, les teneurs obtenues en 2018 sont situées dans la plage de variation naturelle.

3.2 Alimentation des poissons

Les informations concernant le régime alimentaire des poissons permettent de mieux comprendre le transfert du mercure dans la chaîne trophique (Doyon et Schetagne, 1999). Les résultats des contenus stomacaux des poissons capturés en 2018 sont présentés dans le tableau 6 et les figures 11 à 13. Les résultats sont exprimés, d'une part, en termes d'occurrence (présence d'une proie dans les estomacs non vides en %; tableau 6) et d'autre part, en termes de biomasse (biomasse relative des groupes de proies trouvés dans les contenus stomacaux; figures 11 à 13). Le chyme, qui représente la fraction du bol alimentaire non identifiable en raison d'un degré d'avancement important du processus de digestion, constitue dans plusieurs cas une proportion non négligeable des contenus stomacaux. Celui-ci a été retiré pour les représentations graphiques des résultats afin de mieux illustrer la diète des poissons.

Chacune des tailles présentées correspond à un stade de vie particulier des espèces de poissons présentes, soit les juvéniles, les adultes à forte croissance et les adultes à croissance lente (voir la section 2.5 pour les détails). Il est important de noter que toutes les observations rapportées ci-dessous sont des observations ponctuelles et ne reflètent pas nécessairement l'alimentation des espèces visées sur une base annuelle.

Dans le cas de l'unique ouananiche capturée au lac Duhamel (femelle d'une longueur de 578 mm), les résultats ne sont pas présentés dans le tableau 6 et les figures suivantes. Le contenu stomacal de celle-ci était composé d'un restant de poisson non identifié et de chyme, représentant respectivement 61 % et 39 % du poids total du contenu stomacal.

3.2.1 Grand brochet

Un total de 204 grands brochets a été capturé dans les quatre secteurs à l'étude. De ce nombre, 158 contenus stomacaux ont été analysés. Les spécimens juvéniles (< 400 mm) représentaient 18 % des grands brochets analysés, alors que les adultes à forte croissance (400-750 mm) et à croissance lente (> 750 mm) représentaient respectivement 73 % et 9 %. Le plus grand nombre de contenus stomacaux analysés a été effectué dans la baie aux Hirondelles (N=63) alors que le plus faible nombre a été effectué dans le lac Duhamel (N=21).

Tableau 6 : Occurrences des proies dans les estomacs des poissons capturés en 2018

Espèce	Secteur	Classe de longueur (mm)	Caractéristiques des estomacs				Estomacs non vides par type de proie (n)				Occurrence par type de proie (%)			
			Non vide (n)	Vide (n)	Total (n)	Occurrence (%)	Poisson	Insecte	Autres	Chyme	Poisson	Insecte	Autres	Chyme
Grand corégone	Baie des Hirondelles	< 350	4	4	8	50,0	1	0	3	0	25,0	0,0	75,0	0,0
		350-450	3	11	14	21,4	2	1	3	0	66,7	33,3	100,0	0,0
		> 450	3	15	18	16,7	2	0	3	0	66,7	0,0	100,0	0,0
	Total		10	30	40	25,0	5	1	9	0	50,0	10,0	90,0	0,0
	Lac Duhamel	< 350	6	4	10	60,0	0	5	4	0	0,0	83,3	66,7	0,0
		350-450	9	5	14	64,3	0	7	8	1	0,0	77,8	88,9	11,1
		> 450	6	2	8	75,0	0	2	6	0	0,0	33,3	100,0	0,0
	Total		21	11	32	65,6	0	14	18	1	0,0	66,7	85,7	4,8
	Lac du Grand Détour	< 350	6	4	10	60,0	0	3	4	0	0,0	50,0	66,7	0,0
		350-450	6	10	16	37,5	0	4	5	0	0,0	66,7	83,3	0,0
		> 450	9	20	29	31,0	1	5	8	2	11,1	55,6	88,9	22,2
	Total		21	34	55	38,2	1	12	17	2	5,8	57,1	81,0	9,5
	Rivière Manouane (amont PK 127)	< 350	5	1	6	83,3	0	3	5	0	0,0	60,0	100,0	0,0
		350-450	7	0	7	100,0	0	5	6	2	0,0	71,4	85,7	28,6
		> 450	5	2	7	71,4	0	4	4	2	0,0	80,0	80,0	40,0
	Total		17	3	20	85,0	0	12	15	4	0,0	70,6	88,2	23,5
	Grand total		69	78	147	46,9	6	39	59	7	8,7	56,5	85,5	10,1

Tableau 6 : Occurrences des proies dans les estomacs des poissons capturés en 2018 (suite)

Espèce	Secteur	Classe de longueur (mm)	Caractéristiques des estomacs				Estomacs non vides par type de proie (n)				Occurrence par type de proie (%)			
			Non vide (n)	Vide (n)	Total (n)	Occurrence (%)	Poisson	Insecte	Autres	Chyme	Poisson	Insecte	Autres	Chyme
Grand brochet	Baie des Hirondelles	< 400	4	1	5	80,0	4	0	0	1	100,0	0,0	0,0	25,0
		400-750	16	41	57	28,1	16	0	1	4	100,0	0,0	6,3	25,0
		> 750	0	1	1	0,0	0	0	0	0	-	-	-	-
	Total		20	43	63	31,7	20	0	1	5	100,0	0,0	5,0	25,0
	Lac Duhamel	< 400	3	2	5	60,0	2	2	0	1	66,7	66,7	0,0	33,3
		400-750	2	9	11	18,2	1	0	1	0	50,0	0,0	50,0	0,0
		> 750	2	3	5	40,0	1	0	0	1	50,0	0,0	0,0	50,0
	Total		7	14	21	33,3	4	2	1	2	57,1	28,6	14,3	28,6
	Lac du Grand Détour	< 400	7	5	12	58,3	6	2	1	2	85,7	28,6	14,3	28,6
		400-750	12	13	25	48,0	12	3	1	3	100,0	25,0	8,3	25,0
		> 750	1	6	7	14,3	1	0	0	0	100,0	0,0	0,0	0,0
	Total		20	24	44	45,5	19	5	2	5	95,0	25,0	10,0	25,0
	Rivière Manouane (amont PK 127)	< 400	3	3	6	50,0	1	1	2	0	33,3	33,3	66,7	0,0
		400-750	7	16	23	30,4	6	3	3	0	85,7	42,9	42,9	0,0
		> 750	1	0	1	100,0	1	0	0	0	100,0	0,0	0,0	0,0
Total		11	19	30	36,7	8	4	5	0	72,7	36,4	45,5	0,0	
Grand total		58	100	158	36,7	51	11	9	12	87,9	19,0	15,5	20,7	
Doré jaune	Lac Duhamel	< 350	8	13	21	38,1	4	4	4	1	50,0	50,0	50,0	12,5
		350-450	3	4	7	42,9	2	2	1	0	66,7	66,7	33,3	0,0
		> 450	9	5	14	64,3	9	2	2	2	100,0	22,2	22,2	22,2
	Grand total		20	22	42	47,6	15	8	7	3	75,0	40,0	35,0	15,0

3.2.1.1 Occurrence des proies ingérées

Parmi les contenus stomacaux analysés, 36,7 % des spécimens présentaient des estomacs non vides (tableau 6). En excluant le chyme, les proies les plus fréquemment rencontrées étaient des poissons dans des proportions variant de 57,1 à 100,0 % d'un secteur à l'autre (tableau 6). Les brochets de plus de 750 mm étaient exclusivement piscivores, aucun autre type de proie n'ayant été trouvé dans leurs estomacs.

Le pourcentage d'occurrence des proies faisant partie de la catégorie « autres » et les insectes était plus important chez les individus juvéniles ainsi que chez les adultes avec une croissance rapide. La baie aux Hirondelles se démarque des autres secteurs par le régime presque exclusivement piscivore de toutes les classes de taille. En effet, seulement 6,3 % des estomacs de ce secteur contenaient des proies « autres », alors que 100 % de ceux-ci contenaient du poisson. Seulement un spécimen de plus de 750 mm a été capturé dans la baie aux Hirondelles et celui-ci présentait un estomac vide. Il n'a donc pas été possible d'évaluer la diète des poissons adultes à croissance lente dans ce secteur.

3.2.1.2 Biomasse relative des proies ingérées

En termes de biomasse relative, les poissons constituent de loin le type de proie le plus important chez les grands brochets prélevés dans les quatre secteurs à l'étude (figure 11). Dans les estomacs renfermant des poissons, la proportion de ce type de proie variait de 8,0 % à 100,0 % de la masse totale des contenus stomacaux, en excluant le chyme. Cependant, des pourcentages nuls ou très faibles de poissons dans la biomasse du contenu stomacal ont été observés chez les individus plus petits que 400 mm, spécialement dans le lac Duhamel.

Plus de 120 poissons-proies ont été dénombrés dans les estomacs de grands brochets, tous secteurs confondus. Certains poissons-proies étaient suffisamment bien préservés pour permettre leur identification. Parmi ces observations figurent les suivantes :

- Dans la baie aux Hirondelles, les grands brochets se nourrissaient de poissons tels que la lotte (présente dans 4 estomacs différents), le grand corégone (présent dans 7 estomacs) et le chabot sp. (présent dans un seul estomac).
- Dans le lac du Grand Détour : un grand corégone mesurant 102 mm ainsi qu'un meunier noir de 267 mm ont été observés dans l'estomac de deux grands brochets (longueur de 482 et 853 mm respectivement).
- Dans le secteur témoin, soit la rivière Manouane, deux cyprinidés, un meunier noir ainsi qu'un grand corégone ont pu être identifiés.
- Aucun poisson-proie n'a pu être identifié dans les estomacs des brochets du lac Duhamel.

Dans les autres estomacs de grands brochets renfermant du poisson, le processus de digestion était trop avancé pour permettre l'identification des spécimens. Dans ces cas précis, des morceaux de chair ou des os témoignaient de la présence de poissons dans les contenus stomacaux.

Parmi les autres types de proies rencontrés, des insectes aquatiques et terrestres ont été notés dans des estomacs de grands brochets du lac du Grand Détour, du lac Duhamel ainsi que dans la rivière Manouane. Aucun insecte ne composait la diète des grands brochets de la baie aux Hirondelles. Quant à la catégorie « autres », elle était surtout représentée par les amphipodes et était particulièrement importante dans la diète des brochets mesurant entre 400 et 750 mm au lac Duhamel (31 % de la masse totale des contenus stomacaux).

3.2.1.3 Présence de parasites

Le grand brochet est la seule espèce analysée qui contenait des parasites intestinaux, possiblement des nématodes. Seulement deux secteurs présentaient ces parasites, soit la baie aux Hirondelles et le lac du Grand Détour. Sur les 63 poissons analysés dans la baie aux Hirondelles, seulement 6 poissons, dont la taille variait entre 353 mm et 601 mm, contenaient des parasites. Les parasites étaient peu nombreux au lac du Grand Détour, avec seulement une occurrence sur un total de 44 poissons analysés.

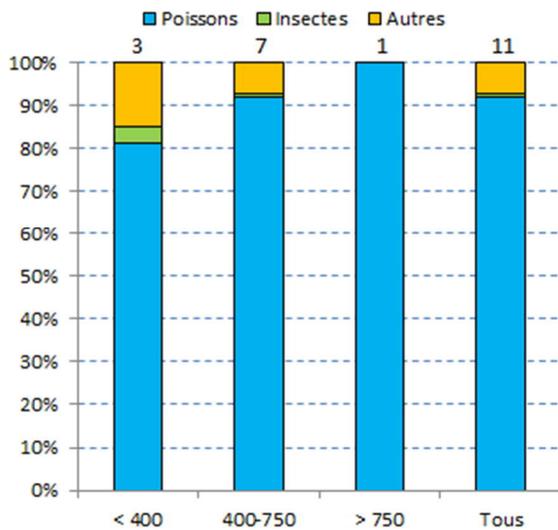
3.2.1.4 Constat général

L'analyse de la diète du grand brochet des quatre secteurs à l'étude démontre que leur régime alimentaire est essentiellement piscivore. En tout, 9 grands corégones, 4 lottes, 2 meuniers noirs, 2 cyprinidés ainsi que 1 chabot ont pu être identifiés dans les contenus stomacaux.

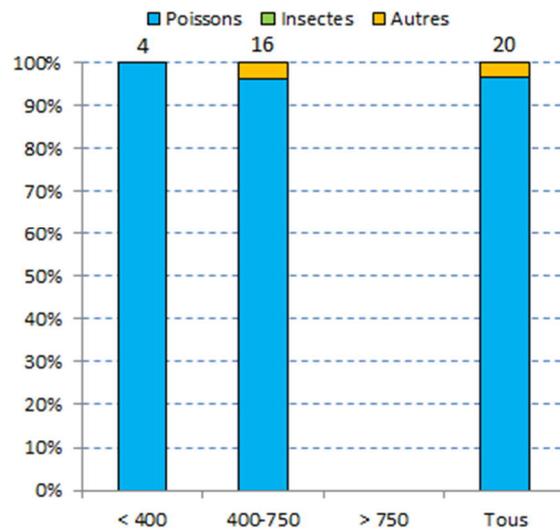
Le grand brochet est décrit dans la littérature comme une espèce étant plutôt opportuniste dans son alimentation. Parmi ces proies figurent des espèces qui s'alimentent aussi bien d'invertébrés aquatiques (p. ex. : meuniers) que de poissons (p. ex. : doré jaune). La prépondérance d'un de ces types de poissons peut toutefois avoir des incidences sur les teneurs en mercure. À titre d'exemple, l'ingestion de poissons piscivores par le grand brochet a déjà été documentée au réservoir Opinaca (Doyon et Tremblay, 1997) et dans le réservoir Robert-Bourassa (Doyon et Schetagne, 1999). Le fait de se nourrir de poissons piscivores tend à accroître davantage la bioaccumulation du mercure, car les poissons piscivores ont une concentration en mercure plus élevée que les non-piscivores (Braune *et al.*, 1999). Dans les secteurs à l'étude, le grand brochet semble plutôt avoir tendance à consommer des espèces non piscivores ou généralistes (meuniers, cyprins, chabots, grand corégone), à l'exception de la lotte qui peut être davantage piscivore.

Grand brochet

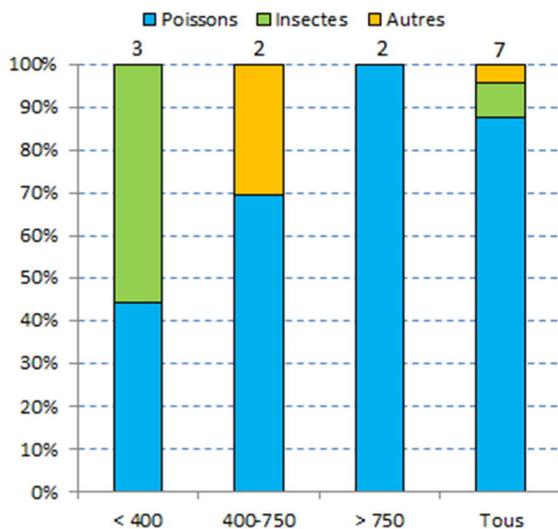
Rivière Manouane (amont PK127; Témoin)



Baie aux Hirondelles



Lac Duhamel



Lac du Grand Détour

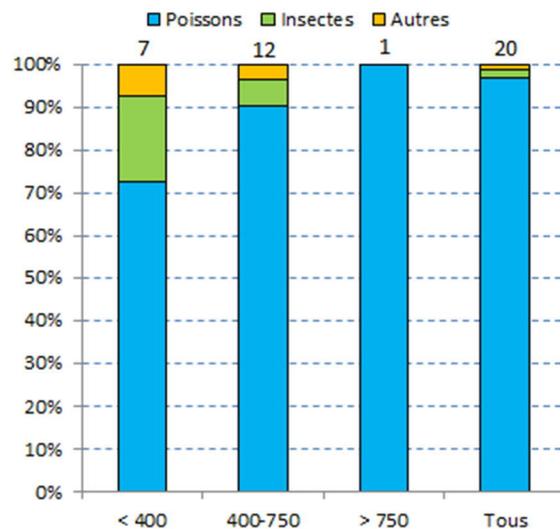


Figure 11 : Biomasse relative des proies identifiables ingérées (excluant le chyme) par les grands brochets capturés en 2018. Le chiffre au-dessus des bandes représente le nombre d'estomacs non vides.

3.2.2 Grand corégone

Un total de 239 grands corégones a été capturé dans les quatre secteurs à l'étude. Les contenus stomacaux ont été analysés sur 147 individus. Les spécimens juvéniles (< 350 mm) représentaient 23 % des grands corégones analysés, alors que les adultes à forte croissance et à croissance lente représentaient respectivement 35 % et 42 %. Le plus grand nombre de contenus stomacaux analysés a été effectué dans le lac du Grand Détour (N=55) alors que le plus faible nombre a été effectué dans la rivière Manouane (N=20).

3.2.2.1 Occurrence des proies ingérées

Parmi les grands corégones analysés, 46,9% des spécimens présentaient des estomacs non vides (cote de réplétion entre 2 et 5; tableau 6). Dans tous les secteurs, ces derniers se nourrissaient principalement d'insectes et d'autres proies (par ex. : amphipodes, végétation, bivalves, gastéropodes, zooplancton).

Dans la rivière Manouane (secteur témoin) et le lac Duhamel, aucun poisson n'a été trouvé dans les estomacs des grands corégones capturés. La majorité des estomacs non vides de ces secteurs étaient composés de proies « autres » et d'insectes principalement aquatiques.

Dans la baie aux Hirondelles, 50 % des grands corégones avec des estomacs non vides contenaient des poissons. Il est à noter que toutes les gammes de tailles présentes dans la baie des Hirondelles avaient consommé du poisson, mais que l'occurrence de ce type de proie était plus grande chez les adultes à forte et à faible croissance. Le seul autre plan d'eau où les grands corégones adultes (> 450 mm) avaient consommé des poissons était le lac du Grand Détour. Cependant, tout comme dans les autres secteurs, les proies de type « autres » faisaient partie de la majorité des estomacs.

3.2.2.2 Biomasse relative des proies ingérées

Pour tous les secteurs et toutes les classes de taille confondues, la catégorie « autres » représentait 73 % des proies consommées par les grands corégones en termes de biomasse relative, alors que les insectes et les poissons représentaient respectivement 20 % et 7 % (figure 12).

La catégorie de proies « autres » était surtout importante dans la rivière Manouane, où leur biomasse atteignait plus de 70 %; alors que le restant des proies étaient des insectes. Le cas du lac Duhamel est semblable au secteur témoin de la rivière Manouane, à l'exception du fait que les insectes composaient entre 40 % et 50 % de la diète des corégones juvéniles et des corégones adultes à croissance rapide.

Les poissons constituaient le type de proie le plus important chez les corégones juvéniles de la baie aux Hirondelles. Cette proportion diminuait avec la taille des poissons, c'est-à-dire que moins de 50 % de la biomasse totale de proies étaient des poissons chez les corégones adultes. Les autres proies répertoriées faisaient partie de la catégorie « autres ». Contrairement à la baie aux Hirondelles, les poissons ne constituaient pas une biomasse importante dans les estomacs des grands corégones du lac du Grand Détour, où ils représentaient moins de 20 % de la biomasse totale de proies chez les grands corégones de plus de 450 mm. Il n'a cependant pas été possible de déterminer quelles espèces de poissons-proies ont été consommées.

3.2.2.3 Constat général

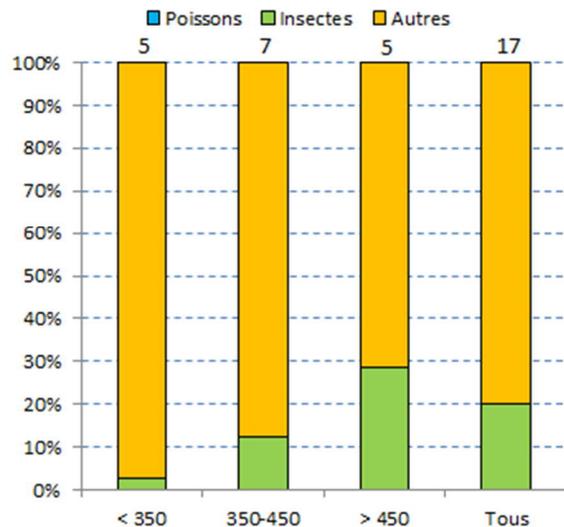
L'analyse de la diète du grand corégone des quatre secteurs à l'étude montre que leur alimentation repose principalement sur les invertébrés et la catégorie « autres » qui est représentée par les amphipodes, les gastéropodes, la végétation, le zooplancton, etc. Les poissons-proies font partie de l'alimentation des grands corégonos dans le lac du Grand Détour (pour les adultes à croissance lente), alors qu'ils faisaient partie intégrante de l'alimentation pour toutes les classes de taille dans la baie aux Hirondelles.

Les grands corégonos de petite taille consomment habituellement des proies benthiques ou pélagiques. Il s'agit, la plupart du temps, d'insectes aquatiques (Scott et Crossman, 1974). Pour leur part, les corégonos adultes de grande taille se nourrissent principalement sur le fond d'une variété importante d'invertébrés benthiques et, à l'occasion, de petits poissons (Cloutier, 1988; Fortin et Gendron, 1990). Ces constats s'accordent avec les observations de 2018 puisque la majeure partie des proies identifiables étaient des insectes aquatiques ou des mollusques (catégorie « autres »). Pour ce qui est des poissons-proies consommés par des grands corégonos de deux secteurs (baie aux Hirondelles et lac du Grand Détour), ceux-ci n'ont pas pu être identifiés en raison de leur état de dégradation trop avancé. Il est fort possible qu'il s'agisse d'individus juvéniles ou d'espèces de petite taille généralement sous-échantillonnées par les pêches au filet maillant expérimental. Comme le régime alimentaire de l'espèce est plutôt généraliste et que les poissons ingérés sont probablement non piscivores, les teneurs en mercure sont habituellement beaucoup moins importantes chez le grand corégone que chez les espèces essentiellement piscivores telles que le grand brochet ou le doré jaune. Shetagne *et al.* (2000) ont observé, en aval du réservoir Caniapiscau, que le zooplancton présent dans la diète des grands corégonos est une composante majeure de transfert de méthyl-mercure aux poissons non piscivores.

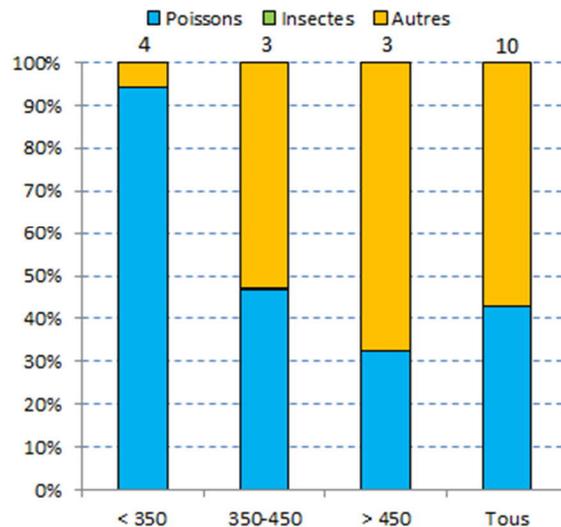
Les résultats obtenus pour les teneurs moyennes en mercure à la longueur standardisée de 400 mm corroborent les résultats de l'analyse des contenus stomacaux, car les teneurs moyennes en 2018 étaient situées dans la plage de variation naturelle dans chacun des quatre secteurs d'étude.

Grand corégone

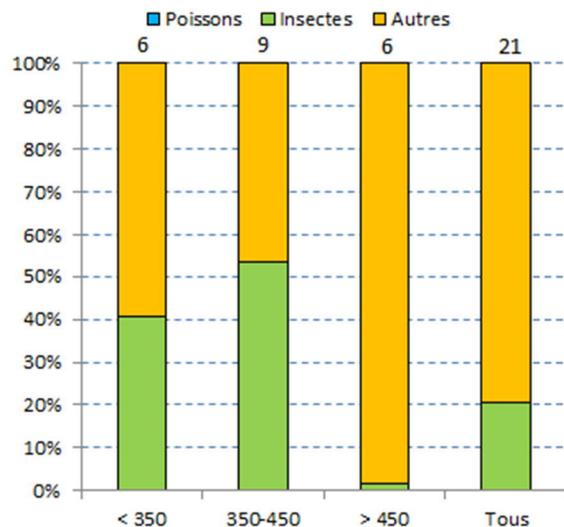
Rivière Manouane (amont PK127; Témoin)



Baie aux Hirondelles



Lac Duhamel



Lac du Grand Détour

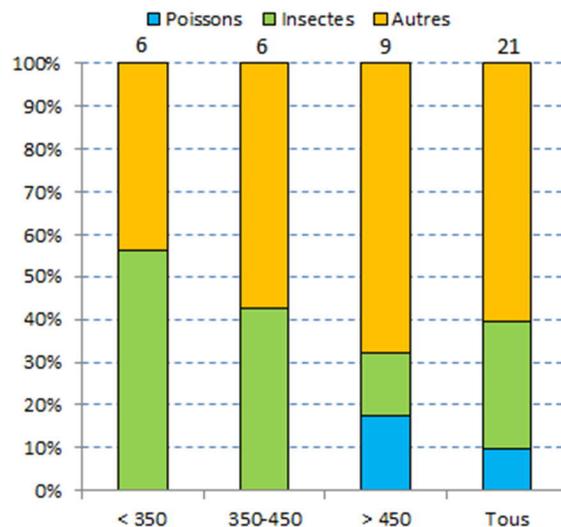


Figure 12 : Biomasse relative des proies identifiables ingérées (excluant le chyme) par les grands corégones capturés en 2018. Le chiffre au-dessus des bandes représente le nombre d'estomacs non vides.

3.2.3 Doré jaune

Le doré jaune était présent seulement dans lac Duhamel. Au total, 47 individus ont été capturés, soit 26 spécimens plus petits que 350 mm, 7 spécimens entre 350 mm et 450 mm et 14 spécimens plus grands que 450 mm. De ce nombre, l'analyse des contenus stomacaux a été effectuée sur 42 individus. Les juvéniles représentaient 50,0% de dorés jaunes analysés, alors que les adultes à croissance rapide et à croissance lente représentaient respectivement 16,7 % et 33,3 %.

3.2.3.1 Occurrence des proies ingérées

Parmi les estomacs analysés, 47,6 % des estomacs étaient non vides. La principale proie qui y était retrouvée, peu importe l'âge du doré jaune, était des poissons (tableau 6). En effet, 50 % des estomacs des individus juvéniles en contenaient et cette occurrence augmentait avec la taille des dorés jaunes.

Les insectes aquatiques constituaient également une bonne partie de l'alimentation des dorés jaunes plus petits que 450 mm (juvéniles et adultes à croissance rapide), alors que cette proportion diminuait drastiquement chez les adultes de plus de 450 mm. La catégorie « autres », représentée principalement par le zooplancton et les amphipodes, présentait un pourcentage d'occurrence plus important chez les individus juvéniles et les adultes à croissance rapide.

En résumé, les trois types de proies (poissons, insectes et « autres ») étaient représentés de manière égale dans les estomacs des dorés juvéniles. Les individus ayant une longueur comprise entre 350 mm et 450 mm présentaient des occurrences égales de poisson-proies et d'insectes, alors que les poissons-proies dominaient l'alimentation des dorés jaunes de plus de 450 mm.

3.2.3.2 Biomasse relative des proies ingérées

Comme observé chez le grand brochet, ce sont les poissons-proies qui contribuent le plus en termes de biomasse au régime alimentaire des dorés jaunes du lac Duhamel, toutes classes de taille confondues (figure 13). Il est important de spécifier cependant que ce pourcentage important de la biomasse de poissons-proies est directement relié à l'alimentation des poissons de plus de 450 mm. En effet, la biomasse de ce type de proie dans les estomacs des dorés jaunes juvéniles était de près de 50 % de la biomasse totale alors que la biomasse des poissons-proies représentait uniquement 22 % du contenu stomacal des dorés adultes à croissance rapide.

Le seul poisson-proie ayant pu être identifié était une lotte trouvée dans l'estomac d'un doré de 453 mm. Les autres poissons consommés étaient dans un état de dégradation trop avancé pour permettre leur identification. Les traces de poissons consistaient essentiellement en des morceaux de chair et de colonne partiellement digérés.

La contribution relative des insectes aquatiques au bol alimentaire des dorés jaunes prélevés était relativement importante, représentant 28 % du bol alimentaire des dorés juvéniles et des dorés à croissance rapide. Cependant, chez les dorés de plus de 450 mm, les insectes représentaient moins de 1 % du bol alimentaire.

La catégorie « autres » est pratiquement aussi importante que les insectes pour les dorés jaunes plus petits que 450 mm. En effet, elle contribue pour 23 % de la biomasse des proies ingérées chez les individus juvéniles alors qu'elle contribue pour 50 % de la biomasse du bol alimentaire chez les dorés jaunes de 350 mm à 450 mm. La contribution de cette catégorie de proie est pratiquement nulle chez les individus de grande taille, représentant moins de 1 % de la biomasse du bol alimentaire de ces derniers.

3.2.3.3 Constat général

L'analyse de la diète du doré jaune dans le lac Duhamel montre que leur régime change selon les classes de taille. Les adultes à croissance lente (> 450 mm) ont un régime surtout piscivore alors que les individus plus petits que 450 mm intègrent de manière importante les insectes, de même que les amphipodes et le zooplancton dans leur alimentation. Il n'est pas possible de statuer sur les préférences de l'espèce pour les poissons-proies de la zone d'étude étant donné qu'une seule lotte a pu être identifiée dans les contenus stomacaux.

Des études effectuées au complexe La Grande ont démontré que les dorés consommaient principalement des corégonidés (incluant le grand corégone) et parfois de la lotte (Doyon et Tremblay, 1997; Doyon et Schetagne, 1999), soit des espèces présentes dans la zone d'étude. Quoi qu'il en soit, le doré jaune est une espèce plutôt opportuniste. Il est peu sélectif, s'accommodant d'une large variété d'espèces selon leur disponibilité dans le milieu (Bernatchez et Giroux, 2012).

Doré jaune

Lac Duhamel

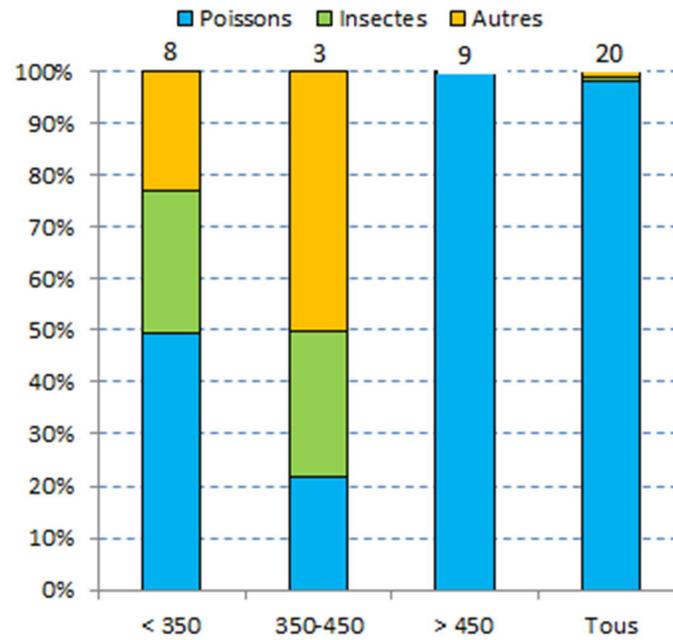


Figure 13 : Biomasse relative des proies identifiables ingérées (excluant le chyme) par les dorés jaunes capturés en 2018. Le chiffre au-dessus des bandes représente le nombre d'estomacs non vides.

3.3 Comparaison avec les prévisions d'augmentation des teneurs en mercure

Le tableau 7 présente les valeurs des simulations selon le modèle de Messier *et al.* (1985) concernant les teneurs prévues en mercure dans la chair des poissons pour le lac du Grand Détour et le lac Duhamel par rapport à ce qui a été observé en 2018, soit quinze ans après la mise en eau du lac du Grand Détour et la mise en service de la dérivation partielle de la rivière Manouane. Les prévisions pour le grand brochet et le grand corégone sont tirées de l'étude d'avant-projet (Hydro-Québec, 2000), alors que celles pour le doré jaune du lac Duhamel proviennent de l'étude réalisée à l'état de référence (Alliance Environnement, 2004). Dans le cas du grand brochet, les valeurs présentées à la section 3.1.1⁹ ont été recalculées au tableau 7 pour une longueur standardisée de 700 mm afin de s'ajuster aux prévisions déjà effectuées dans l'étude d'avant-projet (Hydro-Québec, 2000) qui avaient été réalisées pour cette longueur standard (700 mm).

Tableau 7 : Teneurs en mercure prévues et observées chez les poissons du lac du Grand Détour et du lac Duhamel 15 ans après la mise en service de la dérivation

Espèce	Teneur en mercure (mg/kg) ^A					
	Lac du Grand Détour			Lac Duhamel		
	Prévision 15 ans après la mise en service	Valeur observée	Différence	Prévision 15 ans après la mise en service	Valeur observée	Différence
Grand corégone	0,17	0,24	+ 0,07	0,15	0,18	+ 0,03
Grand brochet	0,92 à 1,74 ^B	1,79 ^C	+0,05 à + 0,87	0,70 à 0,82 ^B	0,70 ^C	0,00 à -0,12
Doré jaune	-	-	-	0,41 ^D	0,39	- 0,02

^A Teneur en mercure pour une longueur standardisée : 400 mm pour le grand corégone et le doré jaune et 700 mm pour le grand brochet.

^B Valeurs prédites selon des scénarios optimiste et pessimiste, respectivement.

^C Valeurs recalculées pour une longueur standardisée de 700 mm par régression polynomiale à variable indicatrice.

^D Valeurs réévaluées en 2004 par rapport à l'étude d'avant-projet (voir annexe J).

Dans l'ensemble, les valeurs observées en 2018 pour le grand corégone correspondent assez bien aux simulations effectuées lors de l'étude d'avant-projet, bien qu'elle soit légèrement plus élevée que les prévisions, à la fois pour le lac du Grand Détour et le lac Duhamel (tableau 7).

En ce qui concerne le grand brochet du lac du Grand Détour, la teneur en mercure observée en 2018 pour une longueur standardisée de 700 mm (1,79 mg/kg) se situe à la limite du scénario pessimiste (annexe I et tableau 7), alors qu'en 2013 les valeurs obtenues se situaient entre les deux scénarios (Cossette *et al.*, 2014), ce qui tend à indiquer que la baisse des teneurs en mercure n'est pas aussi rapide qu'anticipée dans ce réservoir. Toutefois, dans le lac Duhamel, les valeurs observées chez le grand brochet se situent plutôt à la limite du scénario optimiste prévu dans l'étude d'avant-projet.

Pour le doré jaune, les prévisions établies dans le rapport d'Alliance Environnement (2004) sont plus élevées que les teneurs moyennes obtenues pour une longueur standardisée de 400 mm en 2018, indiquant que la baisse des teneurs en mercure a été plus rapide que prévu dans le lac Duhamel (tableau 7).

⁹ Dans la section 3.1.1, les teneurs en mercure sont présentées pour une longueur standardisée de 600 mm.

3.4 Répercussion sur la consommation de poissons

L'objectif de la présente section est de vérifier, à la lumière des résultats obtenus en 2018, si les recommandations de consommation actuellement en vigueur pour cette région dans le « *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane* », publié en 2009 par Hydro-Québec et l'Agence de la santé et des services sociaux du Saguenay–Lac-Saint-Jean, sont toujours adéquates ou doivent être révisées.

3.4.1 Règles générales de consommation

Le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) produit le « *Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce* » (MELCC, 2019). Il recommande un nombre maximal de repas par mois basé sur les doses journalières admissibles (DJA) fixées par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et Santé Canada (tableau 8). Ces recommandations sont divisées en cinq catégories.

Hydro-Québec, en collaboration avec les organismes de santé publique, produit aussi des guides de consommation de poissons pour certains aménagements. Les DJA utilisées sont également celles fixées par l'OMS et Santé Canada. Cependant, certaines différences existent concernant les catégories employées par Hydro-Québec par rapport à celles du MELCC. En effet, une classe « sans restriction de consommation », qui correspond à plus de douze repas par mois pour les poissons dont la teneur en mercure est $\leq 0,29$ mg/kg, est utilisée dans les guides d'Hydro-Québec. Aussi, une catégorie de consommation < 1 repas par mois est utilisée pour les poissons présentant une teneur en mercure supérieure à 3,75 mg/kg, alors que le MELCC ne recommande pas de consommer les poissons dont la teneur est supérieure à 3,50 mg/kg. Malgré cela, en suivant ces recommandations, les consommateurs peuvent profiter de l'excellente qualité nutritive du poisson en évitant les risques pour la santé liés au mercure.

Tableau 8 : Nombre maximal de repas par mois recommandé pour les adultes en général selon la teneur moyenne en mercure de la chair de poisson

Organismes de santé publique et Hydro-Québec		MELCC	
Teneur en mercure dans le poisson (en mg de mercure/kg de poisson)	Nombre maximal de repas par mois ^A	Teneur en mercure dans le poisson (en mg de mercure/kg de poisson)	Consommation recommandée ^A
$\leq 0,29$	Sans restriction	0,00 à 0,50	8 repas par mois
0,30 à 0,49	8 repas par mois		
0,50 à 0,99	4 repas par mois	0,51 à 1,00	4 repas par mois
1,00 à 1,99	2 repas par mois	1,00 à 2,00	2 repas par mois
2,00 à 3,75	1 repas par mois	2,00 à 3,5	1 repas par mois
$> 3,75$	Moins d'un repas par mois	$> 3,5$	0 repas par mois

^A : En considérant :
 - la teneur moyenne en mercure dans le poisson;
 - une portion de 230 g de poisson frais par repas;
 - un poids corporel de 60 kg;
 - une dose journalière admissible de 0,47 µg de mercure par kg de poids corporel.

Les teneurs en mercure dans les poissons augmentent en fonction de leur longueur. C'est pourquoi les recommandations de consommation émises dans le guide produit par le MELCC sont présentées selon des classes de longueurs (petit, moyen et grand) spécifiques à chacune des espèces. Pour simplifier les guides et réduire la confusion des utilisateurs, les guides réalisés par Hydro-Québec en collaboration avec les organismes de santé publique présentent les recommandations de consommation à une seule longueur standardisée. Ces longueurs standards correspondent généralement aux longueurs moyennes des poissons capturés dans le cadre des suivis et se veulent représentatives des longueurs susceptibles d'être capturées par les pêcheurs sportifs.

Actuellement, le « *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane* » produit en 2007 et révisé en 2009 est toujours en vigueur pour cette région. Il a été réalisé par Hydro-Québec en collaboration avec l'Agence de la santé et des services sociaux du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Il présente les recommandations de poissons pour les secteurs influencés par la dérivation partielle de la Manouane aux longueurs standardisées suivantes :

- 400 mm pour le grand corégone et le doré jaune;
- 500 mm pour la ouananiche;
- < 300 mm et > 300 mm pour l'omble de fontaine;
- et 600 mm pour le grand brochet.

3.4.2 Recommandations proposées à la lumière des teneurs obtenues en 2018

Mentionnons que les teneurs maximales sont généralement observées quatre à onze ans après la mise en eau des réservoirs pour les poissons non piscivores et après neuf à quatorze ans pour les poissons piscivores (Bilodeau *et al.*, 2017).

Les résultats de l'année 2018, quinze ans après la dérivation, indiquent bel et bien que les teneurs maximales ont déjà été atteintes dans le lac du Grand Détour et que les teneurs moyennes en mercure sont maintenant en baisse et rejoignent, pour certaines espèces et certains plans d'eau, les valeurs représentatives de l'état de référence.

Le tableau 9 présente les recommandations de consommation émises dans le « *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane* », ainsi que les recommandations révisées en fonction des teneurs obtenues en 2018.

Selon les teneurs mesurées en 2018, les recommandations suivantes s'appliqueraient selon les classes de consommation du tableau 8 (voir l'avant-dernière colonne du tableau 9) :

- une consommation sans restriction pour les grands corégones de tous les plans d'eau de la région;
- une consommation maximale de deux repas par mois pour les grands brochets du lac du Grand Détour, de quatre repas par mois pour ceux de la baie aux Hironnelles, et de huit repas par mois pour ceux du lac Duhamel et du tronçon de la rivière Manouane non affecté par la dérivation (milieu naturel);
- une consommation maximale de huit repas par mois pour les dorés jaunes du lac Duhamel.

Tableau 9 : Révision des recommandations de consommation pour les poissons des plans d'eau de la région de la rivière Manouane^A

Plan d'eau	Espèce (longueur standardisée)	Teneurs maximales prévues (P) ou observées (O) en Hg ^A [étendue] (mg/kg)	Recommandations de consommation actuellement en vigueur selon le guide produit par Hydro-Québec en 2009 pour le secteur Manouane ^B	Teneurs mesurées de Hg en 2018 (mg/kg)	Nombre de repas recommandés selon les teneurs de 2018 ^B	Recommandation finale de consommation proposée ^{B,C}
Milieu naturel [plage de variation naturelle]	Grand corégone	0,16 [0,07-0,24] (O)	Sans restriction	Non applicable	Non applicable	Sans restriction
	Grand brochet	0,57 [0,36-0,77] (O)	8 repas par mois ^D 4 repas par mois ^D	Non applicable	Non applicable	4 repas par mois ^D
	Doré jaune	0,40 [0,36-0,44] (O)	8 repas par mois	Non applicable	Non applicable	8 repas par mois
	Ouananiche	0,32 ^E (O)	8 repas par mois	Non applicable	Non applicable	8 repas par mois
Pk 127 de la rivière Manouane (milieu témoin)	Grand corégone	0,14 (O)	Sans restriction	0,08	Sans restriction	Sans restriction
	Grand brochet	0,56 (O)	8 repas par mois	0,37	8 repas par mois	8 repas par mois
Lac du Grand Détour/lac Patrick	Grand corégone	0,40 (P) et 0,32 (O)	8 repas par mois	0,24	Sans restriction	Sans restriction
	Grand brochet	2,34 (P) et 1,45 (O)	1 repas par mois	1,25	2 repas par mois	2 repas par mois
Baie aux Hirondelles	Grand corégone	0,16 (P) et 0,27 (O)	Sans restriction	0,18	Sans restriction	Sans restriction
	Grand brochet	0,69 (P) et 1,02 (O)	2 repas par mois	0,91	4 repas par mois	4 repas par mois
Lac Duhamel	Grand corégone	0,19 (P) et 0,18 (O)	Sans restriction	0,18	Sans restriction	Sans restriction
	Grand brochet	0,91 (P) et 0,49 (O)	4 repas par mois	0,49	8 repas par mois	4 repas par mois
	Doré jaune	0,46 (P) et 0,52 (O)	8 repas par mois	0,39	8 repas par mois	8 repas par mois
	Ouananiche	ND	8 repas par mois	N.D. ^F	N.D. ^F	8 repas par mois

^A Valeur maximale prévue (P) simulée à l'aide du modèle de Messier *et al.* (1985) lors de l'étude d'impact pour une longueur de 400 mm pour le grand corégone et le doré jaune et 700 mm pour le grand brochet. Les valeurs indiquées (O) sont des valeurs observées et non simulées. Les longueurs standards sont les mêmes que pour les simulations à l'exception du grand brochet où la longueur standard est de 600mm.

^B Les couleurs en trame de fond et le nombre de repas par mois sont basés sur l'échelle de référence d'Hydro-Québec telle que décrite au tableau 8. Les recommandations seront par la suite transférées à l'Agence de la santé et des services sociaux du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

^C Les recommandations proposées sont celles actuellement en vigueur dans le guide d'Hydro-Québec et de l'Agence de santé et des services sociaux du Saguenay-Lac-Saint-Jean (2009) mais qui comporte deux modifications.

^D Pour le grand brochet en milieu naturel, la plage de variation des teneurs moyennes estimées engendre deux différentes consommations. La plage la plus restrictive a donc été retenue.

^E Valeur moyenne observée en 2002 sur huit ouananiches capturées dans le lac Duhamel lors de l'état de référence pour une plage de longueur variant de 385 à 600 mm (Alliance Environnement, 2004).

^F Non déterminé (N.D.) car le nombre de spécimens capturés pour ces espèces est trop faible pour obtenir une teneur estimée en mercure fiable, soit : 1 ouananiche dans le lac Duhamel (longueur de 578 mm et 0,44 mg/kg Hg).

Pour les motifs explicités dans le texte qui suit, le nombre de repas par mois proposés demeure le même que ce qui est actuellement indiqué dans le « *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane* », sauf pour le grand brochet du lac du Grand Détour et de la baie aux Hirondelles et le grand corégone du lac du Grand Détour où le nombre de repas pourrait être revu à la hausse.

3.4.2.1 Grand brochet

Pour le grand brochet, l'évolution des teneurs en mercure observées entre 2002 et 2018 pour les milieux modifiés par la dérivation de la rivière Manouane confirme que les teneurs maximales mesurées demeurent près ou en deçà des valeurs maximales prévues établies selon la modélisation réalisée lors de l'étude d'avant-projet. Toutefois, la diminution des teneurs moyennes en mercure dans la chair des grands brochets est moins rapide que ce qui était prévu par le modèle dans le lac du Grand Détour. En effet, les teneurs moyennes y sont encore significativement plus élevées que lors de l'état de référence, mais elles ont toutefois suffisamment diminué pour revoir la consommation du nombre de repas par mois à la hausse. Dans le cas de la baie aux Hirondelles, la baisse a été suffisamment importante pour que les teneurs soient maintenant semblables à celles de l'état de référence, ce qui permet également de recommander une hausse du nombre de repas par mois pour le grand brochet. Ainsi, pour le grand brochet du lac du Grand Détour et de la baie aux Hirondelles, il est proposé de faire passer la recommandation du « *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane* » de respectivement un à deux repas par mois et de deux à quatre repas par mois (voir dernière colonne du tableau 9).

Pour le lac Duhamel, même si la teneur moyenne se situe dans la plage de consommation de huit repas par mois, l'intervalle de confiance chevauche les critères pour une consommation de quatre repas par mois. Ainsi, nous conservons la recommandation de quatre repas de grands brochets par mois pour le lac Duhamel.

En ce qui a trait au milieu témoin, la teneur moyenne en mercure de 0,37 mg/kg obtenue en 2018 pour le secteur non affecté de la rivière Manouane permet de conserver une consommation de huit repas par mois tel que stipulé dans le guide de consommation établi par Hydro-Québec.

3.4.2.2 Grand corégone

Dans les faits, les concentrations en mercure de 2010 pour le grand corégone constituaient les valeurs maximales atteintes dans le lac du Grand Détour avec une teneur moyenne de 0,28 mg/kg et correspondaient à une consommation sans restriction pour tous les milieux. Les valeurs de 2018 continuent de confirmer ces résultats par la baisse des teneurs dans le lac du Grand Détour et la stabilisation des teneurs dans les autres plans d'eau. Les teneurs en mercure pour une longueur standardisée de 400 mm en 2018 varient de 0,08 à 0,24 mg/kg dans les secteurs inventoriés, ce qui permet de faire passer la consommation de huit repas par mois à aucune restriction pour ce plan d'eau.

3.4.2.3 Doré jaune

Pour le doré jaune du lac Duhamel, la teneur moyenne de 0,39 mg/kg obtenue en 2018 pour une longueur standardisée de 400 mm n'était pas significativement différente de celle mesurée lors de l'état de référence, soit 0,39 mg/kg. De plus, l'intervalle de confiance supérieur estimé est de 0,41 mg/kg, ce qui se situe donc dans la catégorie de huit repas par mois selon le guide de consommation pour la région de la rivière Manouane. Le maintien de huit repas par mois dans le guide est donc justifié.

3.4.2.4 Ouananiche

Pour la ouananiche du lac Duhamel, la capture d'un nombre insuffisant de spécimens en 2018 ne permet pas de valider ou d'infirmer les recommandations du guide de consommation publié par Hydro-Québec, raison pour laquelle le nombre de repas par mois est maintenu à huit.

3.4.3 Bilan des recommandations

La production d'un nouveau guide de consommation pour les poissons des plans d'eau de la région de la rivière Manouane est nécessaire dans la mesure où le nombre de repas par mois de grand brochet peut être augmenté dans le lac du Grand Détour et la Baie aux Hirondelles, de même que le nombre de repas par mois de grand corégone dans le lac du Grand Détour. Pour l'ensemble des autres espèces et des autres plans d'eau, aucun changement n'est nécessaire dans les habitudes de consommation des pêcheurs sportifs.

Ces différentes recommandations de consommation sont suggérées aux adultes en général. Une précaution particulière est toutefois adressée aux femmes enceintes, celles qui prévoient le devenir et celles qui allaitent. Il en est de même pour les enfants. On recommande généralement à ces groupes plus sensibles de se limiter aux espèces à faible teneur en mercure colorées en vert dans les guides.

4 Conclusion

4.1 Évolution des teneurs en mercure dans la chair des poissons

Dans le tronçon non affecté de la rivière Manouane, les teneurs en mercure dans la chair des grands brochets et des grands corégones sont demeurées stables depuis 2006.

Dans le lac du Grand Détour en 2018, soit quinze ans après la mise en eau du réservoir, les teneurs en mercure dans la chair demeurent significativement supérieures à celles de l'état de référence chez le grand brochet (état de référence de 2002 : 0,71 mg/kg; 2018 : 1,25 mg/kg) et le grand corégone (état de référence de 2002 : 0,13 mg/kg; 2018 : 0,24 mg/kg). Les concentrations mesurées chez le grand brochet sont toutefois à la baisse depuis 2010, confirmant que les teneurs maximales ont déjà été atteintes dans ce réservoir. Chez le grand corégone, l'année 2018 marque une baisse significative des teneurs moyennes en mercure à la longueur standardisée de 400 mm par rapport aux années 2006 et 2008. Les teneurs mesurées chez le corégone se situent maintenant dans l'étendue de variation des valeurs en milieu naturel (0,24 mg/kg) observées dans la région, pour la première fois depuis la dérivation.

Au lac Duhamel (milieu à débit réduit) en 2018, les teneurs en mercure dans la chair du grand brochet, du grand corégone et du doré jaune se situent dans la plage de variation des teneurs mesurées lors de l'état de référence. Comme observé dans certaines rivières à débit réduit du complexe La Grande et dans le lac Némiscau sur le cours de la rivière Rupert (uniquement pour le grand corégone et le doré jaune), ces résultats indiquent que le débit réservé dans la rivière Manouane en provenance du lac du Grand Détour est trop faible pour engendrer un changement notable des teneurs en mercure chez ces espèces.

Une baisse non significative des teneurs en mercure dans la chair du grand brochet de la baie aux Hirondelles (milieu à débit augmenté) a été observée en 2018 (0,91 mg/kg) par rapport aux années 2010 (1,02 mg/kg) et 2013 (0,93 mg/kg). Cette baisse constitue un retour des concentrations dans la plage de variation des teneurs mesurées lors de l'état de référence. Chez le grand corégone, les teneurs n'ont pas changé significativement depuis 2002 dans la baie aux Hirondelles.

4.2 Alimentation des poissons

L'analyse des contenus stomacaux offre des informations ponctuelles et ne reflète pas nécessairement un portrait complet de l'alimentation des poissons sur une base annuelle. Néanmoins, certaines tendances sont observables dans les contenus stomacaux des différentes espèces en 2018.

En 2018, l'analyse des contenus stomacaux indique que le grand brochet des quatre secteurs à l'étude est essentiellement piscivore. En tout, 9 grands corégones, 4 lottes, 2 meuniers noirs, 2 cyprinidés ainsi que 1 chabot ont pu être identifiés dans l'estomac des grands brochets.

L'alimentation des grands corégones de l'ensemble des secteurs repose principalement sur les invertébrés et la catégorie « autres » qui est représentée par les amphipodes, les gastéropodes, la végétation, le zooplancton, etc. Les poissons-proies font partie de l'alimentation des grands corégones dans le lac du Grand Détour (pour les adultes à croissance lente), alors qu'ils font partie intégrante de la diète pour toutes les classes de taille du corégone dans la baie aux Hirondelles

Enfin, le doré jaune dans le lac Duhamel a un régime alimentaire variable selon les classes de taille. Les adultes à croissance lente (> 450 mm) sont surtout piscivores, alors que les individus plus petits que 450 mm intègrent de manière importante les insectes et la catégorie « autres » dans leur alimentation. Pour les poissons-proies consommés, il n'est pas possible de statuer sur les préférences de l'espèce étant donné qu'une seule lotte a pu être identifiée dans les contenus stomacaux du doré jaune.

Comme le doré jaune et le grand brochet se nourrissent essentiellement de poissons, les teneurs en mercure rencontrées sont plus élevées par rapport aux espèces ayant un régime alimentaire plus varié (insectes aquatiques, mollusques, petits poissons, etc.) comme le grand corégone, et ce, indépendamment de leur lieu de capture. Soulignons que par le biais de la bioamplification, les teneurs en mercure augmentent à chaque niveau trophique de la chaîne alimentaire aquatique.

4.3 Recommandations de consommation de poisson

Les résultats obtenus en 2018 concordent assez bien avec les prévisions de l'étude d'avant-projet, puisqu'il avait été prévu que la réalisation du projet entraînerait des augmentations significatives des teneurs en mercure chez les poissons fréquentant le lac du Grand Détour. Selon les prévisions de l'étude d'avant-projet, on s'attendait également à ce qu'il n'y ait pas de répercussion sur les recommandations de consommation des poissons présents dans le lac Duhamel, ce qui s'est avéré exact selon les résultats du programme de suivi.

Les résultats obtenus en 2018 présentent des baisses de teneurs en mercure suffisantes pour entraîner des modifications dans les recommandations de consommation du « *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane* » revues en 2009. En effet, le nombre de repas par mois peut passer de un à deux pour les grands brochets du lac du Grand Détour et de deux à quatre pour ceux de la Baie aux Hirondelles. De plus, le nombre de repas par mois pour le grand corégone du lac du Grand Détour peut passer de huit à aucune restriction.

5 Bibliographie

- AECOM. 2011. *Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi environnemental 2010 en phase d'exploitation. Teneurs en mercure des poissons*. Rapport présenté à Hydro-Québec. 51 p. et annexes.
- ALLIANCE ENVIRONNEMENT INC. 2007. *Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi environnemental 2006 en phase d'exploitation. Teneurs en mercure des poissons*. Rapport présenté à Hydro-Québec. 45 p. et annexes.
- ALLIANCE ENVIRONNEMENT INC. 2004. *Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi environnemental 2002-2003. État de référence – Teneurs en mercure des poissons*. Rapport présenté à Hydro-Québec. 40 p. et annexes.
- BILODEAU, F, J. THERRIEN et R. SCHETAGNE. 2017. “Intensity and duration of effects of impoundment on mercury levels in fishes of hydroelectric reservoirs in northern Québec (Canada)”. *Inland Waters*, vol. 7 (4) : 493-503.
- BRAUNE, B., D. MUIR, B. DEMARCH, M. GAMBERG, K. POOLE, R. CURRIE, M. DODD, W. DUSCHENKO, J. EAMER, B. ELKIN, M. EVANS, S. GRUNDY, C. HEBERT, R. JOHNSTONE, K. KIDD, B. KOENIG, L. LOCKHART, H. MARSHALLI, K. REIMER, J. SANDERSON & L. SHUTT. 1999. “Spatial and Temporal Trends of Contaminants in Canadian Arctic Freshwater and Terrestrial Ecosystems: a Review”. In *The Science of the Total Environment*, 230: 145-207.
- BROUARD, D., C. DEMERS, R. LALUMIÈRE, R. SCHETAGNE et R. VERDON. 1990. *Rapport synthèse. Évolution des teneurs en mercure des poissons du complexe hydroélectrique La Grande, Québec (1978-1989)*. Rapport préparé conjointement par la vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec et le Groupe Environnement Schooner. 100 p.
- BÜCKMANN, A. 1929. Traduit de Die Methodik fishereibiologischer Untersuchungen an Meerefischen. Abderhalden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Berlin : *Urban and Schwarsenberg*, vol. 9 (1929), 194 p.
- CLOUTIER, L. 1988. *Problématique de la conservation et de la mise en valeur d'espèces de poissons d'eau douce au Québec. Le grand corégone (Coregonus clupeaformis)*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. 28 p.
- COSSETTE, C, S. SACOTTE, F. BILODEAU et A. CÔTÉBÉRER. 2014. *Dérivation partielle Manouane. Suivi environnemental 2013 en phase d'exploitation. Teneurs en mercure dans la chair des poissons*. Rapport préparé par AECOM pour Hydro-Québec. 47 p. et annexes.
- DOYON, J.-F. 1995. *Réseau de suivi environnemental du complexe La Grande, phase I (1993); suivi des communautés de poissons et comparaison des grands corégones nains et normaux (secteur est)*. Groupe Environnement Schooner inc. Pour Hydro-Québec, vice-présidence Environnement. 57 p. et annexes.
- DOYON, J.-F. et R. SCHETAGNE. 1999. *Réseau de suivi environnemental du complexe La Grande, Phase 1 (1997-1998). Évolution des teneurs en mercure et études complémentaires*. Rapport

- conjoint Groupe-conseil Génivar inc. et Hydro-Québec, Unité Hydraulique et Environnement de la direction Expertise et support technique de production. 89 p. et annexes.
- DOYON, J.-F. et A. TREMBLAY. 1997. *Réseau de suivi environnemental du complexe La Grande, Phase I (1996). Évolution des teneurs en mercure des poissons et études complémentaires (secteur ouest du territoire)*. Rapport conjoint Groupe-conseil Génivar inc. et Hydro-Québec, direction Expertise et support technique de production. 62 p. et annexes.
- FORTIN, R. et M. GENDRON. 1990. « Reproduction, croissance et morphologie comparées des grands corégones (*Coregonus clupeaformis*) nains et normaux du réservoir Outardes-2 (Québec) ». In *Canadian Journal of Zoology*, 68: 17-25.
- HYDRO-QUÉBEC. 2000. *Dérivation partielle de la rivière Manouane. Rapport d'avant-projet. Volumes 1 et 2*. Rapport préparé par le groupe Production et Ingénierie, approvisionnement et construction. Pagination multiple.
- HYDRO-QUÉBEC. 1993. *Suréquipement des aménagements du complexe Outardes. Teneurs en mercure dans la chair des poissons*. Rapport présenté à la vice-présidence Environnement, Hydro-Québec par le Groupe Environnement Shooner. 21 p. et annexes.
- HYDRO-QUÉBEC et AGENCE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DU SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN. 2009. *Guide de consommation des poissons pour les plans d'eau de la région de la rivière Manouane*. 1 p.
- LABORATOIRES BUREAU VERITAS. 2019. *Rapport du contrôle de la qualité 2018. Analyses de la teneur en mercure dans la chair du poisson*. 24 p. et annexes.
- MASSICOTTE, B. et C. VÉZINA. 1998. *Aménagement hydroélectrique Sainte-Marguerite-3. Suivi environnemental 1998. Qualité de l'eau du réservoir SM-2*. Rapport présenté à Hydro-Québec par le Consortium Roche/Dessau. 49 p. et annexes.
- MESSIER, D., R. ROY et R. LEMIRE. 1985 *Réseau de surveillance écologique du complexe La Grande, 1978-1984. Évolution du mercure dans la chair des poissons*. Direction Ingénierie et environnement, Société d'énergie de la baie James. 170 p. et ann.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2019. *Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce*. [En ligne] : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/guide/localisation.asp> (Page consultée le 12 février 2019).
- SCHETAGNE, R., J.-F. DOYON et R. VERDON. 1996. *Rapport synthèse : évolution des teneurs en mercure dans les poissons du complexe La Grande (1978-1994)*. Rapport conjoint direction principale Communication et Environnement Hydro-Québec et Groupe-conseil Génivar inc. 143 p. et annexes.
- SCHETAGNE, R., J.-F. DOYON & J.-J. FOURNIER. 2000. "Export of Mercury Downstream from Reservoirs". In *The science of total environment*, 260: 135-145.

- SCHETAGNE, R., THERRIEN, J., 2013. *Suivi environnemental du complexe La Grande. Évolution des teneurs en mercure dans les poissons. Rapport synthèse 1978-2012*. GENIVAR inc. et Hydro-Québec Production. 174 p.
- SCHETAGNE, R., J. THERRIEN et R. LALUMIÈRE. 2002. *Suivi environnemental du complexe La Grande. Évolution des teneurs en mercure dans les poissons. Rapport synthèse 1978-2000*. Groupe-conseil Génivar inc. et direction Barrages et Environnement, Hydro-Québec Production. 193 p. et annexe.
- SCHETAGNE, R., M. PLANTE et S. BABO. 2006. *La question du mercure dans les réservoirs hydroélectriques. Fiche synthèse 1*. Hydro-Québec. 4 p.
- SCOTT, W. B. et E. J. CROSSMAN. 1974. *Poissons d'eau douce du Canada*. Office de recherches sur les pêcheries du Canada. Ottawa. Bulletin 184. 1026 p.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROLPH. 1995. *Biometry*. 3rd ed., W. H. Freeman & Co., New York. 887 p.
- SYSTAT. 2009. SYSTAT 13. SYSTAT Software Inc., USA.
- TECSULT INC. 2009. *Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi environnemental 2008 en phase d'exploitation. Teneurs en mercure des poissons*. Rapport présenté à Hydro-Québec. 53 p. et annexes.
- THERRIEN, J. et R. SCHETAGNE. 2009. *Réseau de suivi environnemental du complexe La Grande (2008) – Évolution du mercure dans la chair des poissons dans le secteur ouest*. Rapport conjoint d'Hydro-Québec et de GENIVAR Société en commandite. 50 p. et annexes.
- THERRIEN, J. et F. BILODEAU. 2018. *Complexe de l'Eastmain-Sarcelle-Rupert. Suivi environnemental en phase exploitation. Suivi des teneurs en mercure dans la chair des poissons (2016)*. Rapport conjoint du Consortium Waska-GENIVAR et Hydro-Québec Production. 91 p. et annexes.
- TREMBLAY, G, J.-F. DOYON et R. SCHETAGNE. 1996. *Réseau de suivi environnemental du complexe La Grande. Démarche méthodologique relative au suivi des teneurs en mercure des poissons*. Rapport conjoint direction principale Communication et Environnement d'Hydro-Québec et Groupe-conseil Génivar inc. 33 p. et annexes.
- TREMBLAY, G., P. LEGENDRE, J.-F. DOYON, R. VERDON & R. SCHETAGNE. 1998. "The Use of Polynomial Regression Analysis with Indicator Variables for Interpretation of Mercury in Fish Data". In *Biogeochemistry*, 40: 189-201.
- VERDON, R., D. BROUARD, C. DEMERS, R. LALUMIÈRE, M. LAPERLE & R. SCHETAGNE. 1991. "Mercury Evolution (1978-1988) in Fishes of the La Grande Hydroelectric Complex, Québec, Canada". In *Water, Air, and Soil Pollution*, 56: 405-417.
- VERTA, M., S. REKOLAINEN & K. KINNUNEN. 1986. "Causes of Increased Fish Mercury Levels in Finnish Reservoirs". In *Publications of the Water Research Institute of Finland*, 65: 44-58.
- ZAR, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3rd ed., Prentice Hall, New Jersey. 662 p.

Annexe A Stations d'inventaire

Tableau A.1 - Postion des stations de pêche aux filets maillants

Secteur	Code de la station	Latitude	Longitude	Pose	Heure	Levée	Heure	Zone (Littorale ou pélagique)	Profondeur (m)
Baie aux Hirondelles	F01	49,8843230	-70,4209170	2018-09-02	13:11:00	2018-09-03	13:22:00	Littoral	1,2
Baie aux Hirondelles	F02	49,8869240	-70,4146120	2018-09-02	13:30:00	2018-09-03	12:57:00	Littoral	1,2
Baie aux Hirondelles	F02	49,8869240	-70,4146120	2018-09-03	13:00:00	2018-09-04	08:22:00	Littoral	1,2
Baie aux Hirondelles	F03	49,8799820	-70,4094020	2018-09-02	13:45:00	2018-09-03	12:29:00	Littoral	2
Baie aux Hirondelles	F04	49,8697710	-70,4035770	2018-09-02	13:56:00	2018-09-03	12:04:00	Littoral	2
Baie aux Hirondelles	F05	49,8632470	-70,3988250	2018-09-02	14:11:00	2018-09-03	11:51:00	Littoral	1,5
Baie aux Hirondelles	F06	49,8586410	-70,3986760	2018-09-02	14:20:00	2018-09-03	11:35:00	Littoral	1,5
Baie aux Hirondelles	F07	49,9013554	-70,4191966	2018-09-02	13:10:00	2018-09-03	13:12:00	Pelagique	8
Baie aux Hirondelles	F08	49,8955399	-70,4157236	2018-09-02	13:20:00	2018-09-03	13:00:00	Littoral	3
Baie aux Hirondelles	F08	49,8953469	-70,4164847	2018-09-03	13:00:00	2018-09-04	08:50:00	Littoral	
Baie aux Hirondelles	F09	49,8800570	-70,3915004	2018-09-02	13:41:00	2018-09-03	12:29:00	Littoral	3
Baie aux Hirondelles	F09	49,8802683	-70,3912350	2018-09-03	12:30:00	2018-09-04	08:07:00	Littoral	3
Baie aux Hirondelles	F10	49,8739388	-70,3827680	2018-09-02	13:50:00	2018-09-03	11:55:00	Littoral	4
Baie aux Hirondelles	F11	49,8743082	-70,3667294	2018-09-02	14:04:00	2018-09-03	11:40:00	Littoral	3
Baie aux Hirondelles	F12	49,8791102	-70,3621321	2018-09-02	14:17:00	2018-09-03	11:32:00	Littoral	3
Baie aux Hirondelles	F13	49,8917146	-70,4049970	2018-09-03	12:40:00	2018-09-04	08:30:00	Littoral	3
Baie aux Hirondelles	F14	49,9076491	-70,4206121	2018-09-03	13:40:00	2018-09-04	07:50:00	Littoral	2,8
Baie aux Hirondelles	F15	49,9071287	-70,4145984	2018-09-03	13:51:00	2018-09-04	08:10:00	Littoral	3
Baie aux Hirondelles	F16	49,8976619	-70,4239483	2018-09-03	14:03:00	2018-09-04	09:15:00	Littoral	3,5
Baie aux Hirondelles	F17	49,8878040	-70,4170860	2018-09-03	12:45:00	2018-09-04	08:39:00	Littoral	6,7
Baie aux Hirondelles	F18	49,8890590	-70,4310410	2018-09-03	13:30:00	2018-09-04	08:50:00	Littoral	12,5
Baie aux Hirondelles	F19	49,8948450	-70,4360870	2018-09-03	13:36:00	2018-09-04	09:07:00	Littoral	10,1
Baie aux Hirondelles	F20	49,9051330	-70,4386680	2018-09-03	13:45:00	2018-09-04	10:02:00	Littoral	1,2
Baie aux Hirondelles	F21	49,9131030	-70,4453920	2018-09-03	13:58:00	2018-09-04	10:35:00	Littoral	1,2
Baie aux Hirondelles	F22	49,9030210	-70,4351890	2018-09-04	11:11:00	2018-09-05	09:04:00	Littoral	1,8
Baie aux Hirondelles	F23	49,9006010	-70,4327390	2018-09-04	11:21:00	2018-09-05	08:57:00	Littoral	1,5
Baie aux Hirondelles	F24	49,8981600	-70,4218560	2018-09-04	11:29:00	2018-09-05	08:43:00	Littoral	5,8
Baie aux Hirondelles	F25	49,9052820	-70,4182930	2018-09-04	11:39:00	2018-09-05	08:28:00	Littoral	1,2
Baie aux Hirondelles	F26	49,8954010	-70,4157160	2018-09-04	11:46:00	2018-09-05	08:16:00	Littoral	4,6
Baie aux Hirondelles	F27	49,8928980	-70,4108220	2018-09-04	12:00:00	2018-09-05	07:59:00	Littoral	2,7
Baie aux Hirondelles	F28	49,9094653	-70,4415394	2018-09-04	11:10:00	2018-09-05	07:50:00	Littoral	4
Baie aux Hirondelles	F29	49,9110048	-70,4440111	2018-09-04	11:17:00	2018-09-05	08:03:00	Littoral	3
Baie aux Hirondelles	F30	49,9161673	-70,4479836	2018-09-04	11:25:00	2018-09-05	08:17:00	Littoral	4
Baie aux Hirondelles	F31	49,9207104	-70,4481889	2018-09-04	11:32:00	2018-09-05	08:27:00	Pelagique	6
Baie aux Hirondelles	F32	49,9210713	-70,4521178	2018-09-04	11:40:00	2018-09-05	08:48:00	Littoral	2,5
Baie aux Hirondelles	F33	49,9187262	-70,4518209	2018-09-04	11:47:00	2018-09-05	09:04:00	Littoral	4
Grand Détour	69	49,9110048	-70,4440111	2018-09-08	11:31:00	2018-09-09	08:59:00	Littoral	1,2
Grand Détour	70	49,9107359	-70,4447586	2018-09-08	11:39:00	2018-09-09	09:10:00	Littoral	1,5
Grand Détour	71	49,9161673	-70,4479836	2018-09-08	11:52:00	2018-09-09	09:50:00	Littoral	2,1
Grand Détour	72	49,9160451	-70,4489100	2018-09-08	12:04:00	2018-09-09	10:32:00	Pelagique	7,3
Grand Détour	73	49,9207104	-70,4481889	2018-09-08	12:12:00	2018-09-09	10:45:00	Littoral	1,2
Grand Détour	74	49,9209771	-70,4488393	2018-09-08	12:27:00	2018-09-09	11:15:00	Pelagique	7,3

Secteur	Code de la station	Latitude	Longitude	Pose	Heure	Levée	Heure	Zone (Littorale ou pélagique)	Profondeur (m)
Grand Détour	69	49,9110048	-70,4440111	2018-09-09	09:05:00	2018-09-10	08:50:00	Littoral	1,2
Grand Détour	70	49,9107359	-70,4447586	2018-09-09	09:46:00	2018-09-10	08:20:00	Littoral	1,5
Grand Détour	71	49,9161673	-70,4479836	2018-09-09	10:18:00	2018-09-10	09:26:00	Littoral	2,1
Grand Détour	81	49,9210713	-70,4521178	2018-09-09	10:48:00	2018-09-10	09:43:00	Littoral	1,2
Grand Détour	82	49,9207597	-70,4526680	2018-09-09	10:53:00	2018-09-10	09:58:00	Littoral	1,5
Grand Détour	74	49,9209771	-70,4488393	2018-09-09	11:17:00	2018-09-10	09:08:00	Pelagique	7,3
Grand Détour	111	49,9741047	-70,5279623	2018-09-12	13:10:00	2018-09-13	07:46:00	Littoral	3,7
Grand Détour	112	49,9744769	-70,5285455	2018-09-12	13:15:00	2018-09-13	07:58:00	Littoral	4
Grand Détour	113	49,9819391	-70,5308957	2018-09-12	13:24:00	2018-09-13	08:08:00	Littoral	4,3
Grand Détour	114	49,9813740	-70,5309618	2018-09-12	13:34:00	2018-09-13	08:31:00	Littoral	0,9
Grand Détour	115	49,9873239	-70,5444800	2018-09-12	13:45:00	2018-09-13	08:44:00	Littoral	4,3
Grand Détour	116	49,9872401	-70,5435881	2018-09-12	13:54:00	2018-09-13	09:05:00	Littoral	0,9
Grand Détour	117	49,9873239	-70,5444800	2018-09-12	14:13:00	2018-09-13	09:20:00	Littoral	3,7
Grand Détour	118	49,9872401	-70,5435881	2018-09-12	14:30:00	2018-09-13	09:29:00	Littoral	4,3
Grand Détour	75	49,9758146	-70,5469107	2018-09-08	11:21:00	2018-09-09	10:30:00	Littoral	4
Grand Détour	76	49,9757706	-70,5462533	2018-09-08	11:35:00	2018-09-09	10:00:00	Pelagique	10
Grand Détour	77	49,9700274	-70,5374596	2018-09-08	11:44:00	2018-09-09	09:30:00	Pelagique	10
Grand Détour	78	49,9697866	-70,5379665	2018-09-08	11:53:00	2018-09-09	09:12:00	Pelagique	8
Grand Détour	79	49,9687073	-70,5355969	2018-09-08	12:01:00	2018-09-09	08:49:00	Littoral	3
Grand Détour	80	49,9682810	-70,5353076	2018-09-08	12:11:00	2018-09-09	08:31:00	Littoral	3
Grand Détour	83	49,9758146	-70,5469107	2018-09-09	09:42:00	2018-09-10	08:03:00	Littoral	4
Grand Détour	84	49,9757706	-70,5462533	2018-09-09	09:59:00	2018-09-10	08:19:00	Littoral	3,5
Grand Détour	85	49,9700274	-70,5374596	2018-09-09	10:06:00	2018-09-10	08:38:00	Littoral	5
Grand Détour	86	49,9738735	-70,5172470	2018-09-09	10:21:00	2018-09-10	08:48:00	Littoral	3
Grand Détour	78	49,9734439	-70,5176957	2018-09-09	09:12:00	2018-09-10	09:06:00	Pelagique	8
Grand Détour	79	49,9682810	-70,5353076	2018-09-09	08:49:00	2018-09-10	09:26:00	Littoral	3
Grand Détour	103	49,9720451	-70,5144261	2018-09-12	13:19:00	2018-09-13	07:54:00	Littoral	3
Grand Détour	104	49,9733073	-70,5172238	2018-09-12	13:29:00	2018-09-13	08:09:00	Littoral	2,5
Grand Détour	105	49,9729061	-70,5193106	2018-09-12	13:35:00	2018-09-13	08:25:00	Littoral	2
Grand Détour	106	49,9751036	-70,5254122	2018-09-12	13:48:00	2018-09-13	08:53:00	Littoral	2
Grand Détour	107	49,9772776	-70,5199268	2018-09-12	13:53:00	2018-09-13	08:41:00	Littoral	2,5
Grand Détour	108	49,9741047	-70,5279623	2018-09-12	13:59:00	2018-09-13	09:05:00	Littoral	3
Grand Détour	109	49,9819391	-70,5308957	2018-09-12	14:05:00	2018-09-13	09:20:00	Littoral	2,5
Grand Détour	110	49,9873239	-70,5444800	2018-09-12	14:12:00	2018-09-13	09:35:00	Littoral	2
Lac Duhamel	93	49,9187262	-70,4518209	2018-09-10	12:43:00	2018-09-11	09:40:00	Littoral	0,9
Lac Duhamel	94	49,9185074	-70,4510291	2018-09-10	12:54:00	2018-09-11	09:20:00	Pelagique	15,2
Lac Duhamel	95	50,1237040	-70,6459542	2018-09-10	13:00:00	2018-09-11	09:00:00	Littoral	1,5
Lac Duhamel	96	50,1254542	-70,6457810	2018-09-10	13:09:00	2018-09-11	08:30:00	Littoral	0,9
Lac Duhamel	97	50,1275633	-70,6436158	2018-09-10	13:32:00	2018-09-11	09:59:00	Littoral	2,1
Lac Duhamel	98	50,1294623	-70,6435781	2018-09-10	13:28:00	2018-09-11	10:30:00	Littoral	0,9
Lac Duhamel	96	50,1254542	-70,6457810	2018-09-11	08:38:00	2018-09-12	08:38:00	Littoral	0,9
Lac Duhamel	95	49,9185074	-70,4510291	2018-09-11	09:10:00	2018-09-12	08:56:00	Littoral	1,5
Lac Duhamel	94	49,9185074	-70,4510291	2018-09-11	09:27:00	2018-09-12	09:22:00	Littoral	12,5
Lac Duhamel	93	49,9187262	-70,4518209	2018-09-11	09:48:00	2018-09-12	09:38:00	Littoral	1,5

Secteur	Code de la station	Latitude	Longitude	Pose	Heure	Levée	Heure	Zone (Littorale ou pélagique)	Profondeur (m)
Lac Duhamel	97	50,1275633	-70,6436158	2018-09-11	10:03:00	2018-09-12	09:59:00	Littoral	2,1
Lac Duhamel	98	50,1294623	-70,6435781	2018-09-11	10:40:00	2018-09-12	10:20:00	Littoral	3
Lac Duhamel	87	49,9672193	-70,8926475	2018-09-10	12:21:00	2018-09-11	08:43:00	Littoral	1
Lac Duhamel	88	49,9669783	-70,8944130	2018-09-10	12:33:00	2018-09-11	08:20:00	Littoral	1
Lac Duhamel	89	49,9591161	-70,8989505	2018-09-10	13:42:00	2018-09-11	09:03:00	Littoral	1,8
Lac Duhamel	90	49,9587447	-70,8987084	2018-09-10	13:47:00	2018-09-11	09:38:00	Littoral	0,9
Lac Duhamel	91	49,9576063	-70,8961501	2018-09-10	13:54:00	2018-09-11	10:17:00	Littoral	0,9
Lac Duhamel	92	49,9574191	-70,8969859	2018-09-10	14:03:00	2018-09-11	10:43:00	Littoral	11,6
Lac Duhamel	93	49,9672141	-70,8962364	2018-09-11	09:10:00	2018-09-12	09:00:00	Littoral	2
Lac Duhamel	94	49,9669444	-70,8954903	2018-09-11	09:48:00	2018-09-12	08:46:00	Littoral	3
Lac Duhamel	95	49,9679917	-70,8926629	2018-09-11	10:51:00	2018-09-12	09:49:00	Littoral	1,5
Lac Duhamel	96	49,9684178	-70,8931475	2018-09-11	10:56:00	2018-09-12	10:29:00	Littoral	1,5
Lac Duhamel	90	49,9587447	-70,8987084	2018-09-11	09:38:00	2018-09-12	09:24:00	Littoral	0,9
Lac Duhamel	88	49,9669783	-70,8944130	2018-09-11	08:20:00	2018-09-12	08:26:00	Littoral	1
Rivière Manouane PK 127	F34	50,1470070	-70,6355350	2018-09-05	11:55:00	2018-09-06	07:53:00	Littoral	1,2
Rivière Manouane PK 127	F35	50,1465000	-70,6332920	2018-09-05	12:07:00	2018-09-06	09:05:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F36	50,1448120	-70,6337570	2018-09-05	12:14:00	2018-09-06	08:11:00	Littoral	1,8
Rivière Manouane PK 127	F37	50,1397920	-70,6363550	2018-09-05	12:32:00	2018-09-06	08:21:00	Littoral	3
Rivière Manouane PK 127	F38	50,1385770	-70,6376880	2018-09-05	12:28:00	2018-09-06	08:45:00	Entre	6,1
Rivière Manouane PK 127	F39	50,1361170	-70,6404110	2018-09-05	12:34:00	2018-09-06	08:32:00	Littoral	1,8
Rivière Manouane PK 127	F40	50,1237040	-70,6459542	2018-09-05	13:14:00	2018-09-06	08:38:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F41	50,1254542	-70,6457810	2018-09-05	13:20:00	2018-09-06	08:54:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F42	50,1275633	-70,6436158	2018-09-05	13:24:00	2018-09-06	09:10:00	Littoral	1,75
Rivière Manouane PK 127	F42	50,1275633	-70,6436158	2018-09-06	09:10:00	2018-09-07	10:01:00	Littoral	1,75
Rivière Manouane PK 127	F43	50,1294623	-70,6435781	2018-09-05	13:39:00	2018-09-06	09:35:00	Littoral	1,75
Rivière Manouane PK 127	F43	50,1294623	-70,6435781	2018-09-06	09:35:00	2018-09-07	10:08:00	Littoral	1,75
Rivière Manouane PK 127	F44	50,1315966	-70,6412760	2018-09-05	13:33:00	2018-09-06	09:45:00	Littoral	5
Rivière Manouane PK 127	F45	50,1318662	-70,6428112	2018-09-05	13:37:00	2018-09-06	10:00:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F46	50,1231184	-70,6446668	2018-09-06	08:45:00	2018-09-07	09:50:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F47	50,1366135	-70,6388302	2018-09-06	10:18:00	2018-09-07	10:23:00	Littoral	2
Rivière Manouane PK 127	F48	50,1480034	-70,6334605	2018-09-06	10:33:00	2018-09-07	10:39:00	Littoral	2
Rivière Manouane PK 127	F49	50,1473695	-70,6342138	2018-09-06	10:40:00	2018-09-07	10:48:00	Littoral	2,5
Rivière Manouane PK 127	F50	50,1350330	-70,6399690	2018-09-06	08:36:00	2018-09-07	09:57:00	Littoral	1,2
Rivière Manouane PK 127	F50	50,1350330	-70,6399690	2018-09-07	10:00:00	2018-09-08	07:49:00	Littoral	1,2
Rivière Manouane PK 127	F51	50,1404810	-70,6359910	2018-09-06	08:50:00	2018-09-07	10:11:00	Littoral	0,9
Rivière Manouane PK 127	F52	50,1454310	-70,6334160	2018-09-06	08:54:00	2018-09-07	10:37:00	Littoral	0,9
Rivière Manouane PK 127	F53	50,1465170	-70,6339580	2018-09-06	09:10:00	2018-09-07	10:44:00	Littoral	0,9
Rivière Manouane PK 127	F54	50,1655530	-70,6572310	2018-09-06	09:35:00	2018-09-07	11:32:00	Littoral	0,9
Rivière Manouane PK 127	F55	50,1690250	-70,6590950	2018-09-06	09:48:00	2018-09-07	11:46:00	Littoral	1,8
Rivière Manouane PK 127	F56	50,1636780	-70,6529270	2018-09-06	10:43:00	2018-09-07	11:29:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F57	50,1651623	-70,6542653	2018-09-07	11:47:00	2018-09-08	07:53:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F58	50,1638440	-70,6534208	2018-09-07	11:54:00	2018-09-08	08:00:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F59	50,1631512	-70,6541939	2018-09-07	12:01:00	2018-09-08	08:10:00	Littoral	2
Rivière Manouane PK 127	F60	50,1617532	-70,6504670	2018-09-07	12:09:00	2018-09-08	08:21:00	Littoral	1,5

Secteur	Code de la station	Latitude	Longitude	Pose	Heure	Levée	Heure	Zone (Littorale ou pélagique)	Profondeur (m)
Rivière Manouane PK 127	F61	50,1591801	-70,6480932	2018-09-07	12:20:00	2018-09-08	08:39:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F62	50,1540216	-70,6371125	2018-09-07	12:30:00	2018-09-08	08:54:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F63	50,1376038	-70,6385933	2018-09-07	12:41:00	2018-09-08	08:58:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F64	50,1688750	-70,6577510	2018-09-07	11:53:00	2018-09-08	08:12:00	Littoral	4,6
Rivière Manouane PK 127	F65	50,1658680	-70,6567360	2018-09-07	11:59:00	2018-09-08	08:23:00	Littoral	1,5
Rivière Manouane PK 127	F66	50,1615860	-70,6516040	2018-09-07	12:05:00	2018-09-08	08:39:00	Littoral	1,8
Rivière Manouane PK 127	F67	50,1627750	-70,6516070	2018-09-07	12:09:00	2018-09-08	08:52:00	Littoral	2,4
Rivière Manouane PK 127	F68	50,1450400	-70,6317680	2018-09-07	12:35:00	2018-09-08	09:12:00	Littoral	1,5

Annexe B Structure osseuse pour la détermination de l'âge

Tableau B1 : Structures osseuses prélevées sur les espèces cibles pour la détermination de l'âge lorsque nécessaire

Famille	Espèce		Structure osseuse			
	Nom commun	Nom scientifique	Écaille	Otolithe	Opercule	Cleithrum
Ésocidés	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	x			x
Salmonidés	Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>	x	x		
Percidés	Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>		x	x	

Annexe C Classification de Buckmann (1929) pour la maturité sexuelle du poisson

Tableau C1 : Stades de maturité des gonades des poissons

Stade		Sexe	
N°	Niveau de développement	Mâle	Femelle
1	Immature	<ul style="list-style-type: none"> Gonade très petite, disposée tout contre la colonne vertébrale. Elle est incolore ou grisâtre et plus ou moins transparente. 	<ul style="list-style-type: none"> Gonade très petite, disposée tout contre la colonne vertébrale. Elle est incolore ou grisâtre et plus ou moins transparente. Peut être rosée avec vaisseaux sanguins. Œufs invisibles à l'œil nu.
2	Début ou reprise de l'évolution sexuelle	<ul style="list-style-type: none"> Testicules gris-rose, translucides. Leur longueur atteint ou dépasse légèrement la moitié de la longueur de la cavité abdominale. Apparition de replis. 	<ul style="list-style-type: none"> Ovaires gris-rose, translucides. Leur longueur atteint ou dépasse légèrement la moitié de la longueur de la cavité abdominale. Œufs visibles à la loupe.
3	Développement en cours	<ul style="list-style-type: none"> Testicules opaques, rougeâtres et vascularisés. Ils occupent environ la moitié de la cavité abdominale. Les replis de la gonade sont gros et très apparents. 	<ul style="list-style-type: none"> Ovaires opaques, rougeâtres et vascularisés. Ils occupent environ la moitié de la cavité abdominale. Œufs visibles à l'œil nu (petits points blanchâtres).
4	Développement achevé	<ul style="list-style-type: none"> Testicules blanc-rougeâtre, gros et gonflés. La laitance ne s'écoule pas sous pression. La gonade occupe environ les 2/3 de la cavité abdominale. 	<ul style="list-style-type: none"> Ovaires orangés ou rougeâtres. Œufs opaques et nettement visibles (gros, mais encore attachés ensemble). La gonade occupe environ les 2/3 de la cavité abdominale.
5	Préponde à gravide	<ul style="list-style-type: none"> Les testicules remplissent la cavité abdominale et ils sont blanc laiteux. Le sperme, liquide et crémeux, peut s'écouler si l'on exerce une pression. 	<ul style="list-style-type: none"> Œufs parfaitement arrondis, gros et libres dans la gonade. Certains commencent à devenir translucides et sont prêts pour la fraie.
6	Ponte	<ul style="list-style-type: none"> Le sperme s'écoule de lui-même en sortant le poisson de l'eau ou à la suite d'une légère pression. 	<ul style="list-style-type: none"> Les œufs s'écoulent d'eux-mêmes sous une simple pression. La plupart des œufs sont translucides, quelques-uns restent opaques.
7	Postponte	<ul style="list-style-type: none"> Les testicules ne sont pas encore entièrement vides : un peu de sperme liquide reste dans la gonade. 	<ul style="list-style-type: none"> Quelques œufs libres sont encore dans la gonade et ils sont translucides. Il n'y a plus d'œufs opaques.
8	Récupération	<ul style="list-style-type: none"> Testicules vides et rougeâtres. Ils sont flasques. 	<ul style="list-style-type: none"> Gonade flasque de rosée à brune et vide. Quelques œufs résiduels en train de se résorber.
9	-	<ul style="list-style-type: none"> L'individu n'a pas frayé. 	<ul style="list-style-type: none"> L'individu n'a pas frayé.

Note : Le sexe et la maturité sexuelle des spécimens ont été déterminés selon la classification adaptée de Buckmann (1929). Cette classification, utilisée dans le réseau de surveillance d'Hydro-Québec, s'apparente à la classification de Nikolsky (1963), mais comporte neuf classes au lieu de six. Les classes I à IV présentent la même description de l'état de maturité. La classe V de Nikolsky correspond aux classes V et VI de Buckmann, tandis que la classe VI correspond à la classe VII. Les classes VIII et IX de Buckmann précisent respectivement l'état de la post-ponte et l'état des spécimens n'ayant pas frayé (Environnement Illimité, 2014).

Annexe D Triplicatas des laboratoires Bureau Veritas

Tableau D.1 – Résultats des triplicatas des Laboratoires Bureau Veritas

Secteur	Numéro du poisson	Espèce	Longueur totale (mm)	Teneur en mercure (mg/kg)	Coefficient de variation (%)	Commentaires
Baie aux Hironnelles	30	Grand corégone	449	0,26	8,45	Utiliser la moyenne des valeurs
		dupl labo	449	0,3		
		dupl labo	449	0,26		
	32	Grand corégone	449	0,29	2,01	Utiliser la moyenne des valeurs
		dupl labo	449	0,28		
		dupl labo	449	0,29		
	97	Grand corégone	444	0,19	6,30	Utiliser la moyenne des valeurs
		dupl labo	444	0,19		
		dupl labo	444	0,17		
Grand Détour	250	Grand corégone	379	0,39	8,09	Utiliser la moyenne des valeurs
		dupl labo	379	0,34		
		dupl labo	379	0,34		
	251	Grand corégone	426	0,3	7,37	Utiliser la moyenne des valeurs
		dupl labo	426	0,34		
		dupl labo	426	0,3		
	370	Grand brochet	434	0,45	4,40	Utiliser la moyenne des valeurs
		dupl labo	434	0,48		
		dupl labo	434	0,49		
	302	Grand brochet	604	1,6	3,69	Utiliser la moyenne des valeurs
dupl labo		604	1,6			
dupl labo		604	1,5			
568	Grand brochet	726	2,2	7,39	Utiliser la moyenne des valeurs	
	dupl labo	726	1,9			
	dupl labo	726	2,1			
Lac Duhamel	443	Grand corégone	451	0,35	22,30	Ne pas utiliser les 2 fantômes dans le calcul de la valeur moyenne du mercure pour les analyses
		dupl labo	451	0,23		
		dupl labo	451	0,26		
	545	Grand brochet	351	0,13	0,00	Utiliser la moyenne des valeurs
		dupl labo	351	0,13		
		dupl labo	351	0,13		
415	Grand brochet	512	0,24	4,00	Utiliser la moyenne des valeurs	
	dupl labo	512	0,26			
	dupl labo	512	0,25			
Milieu Témoin	163	Grand corégone	354	0,081	1,89	Utiliser la moyenne des valeurs
	dupl labo	354	0,079			
	dupl labo	354	0,082			

Tableau D.1 (suite) – Résultats des triplicatas Laboratoires Bureau Veritas.

Secteur	Numéro du poisson	Espèce	Longueur totale (mm)	Teneur en mercure (mg/kg)	Coefficient de variation (%)	Commentaires	
Milieu Témoin Lac Duhamel	191	Grand corégone	531	0,17	9,12	Utiliser la moyenne des valeurs	
		dupl labo	531	0,2			
		dupl labo	531	0,2			
		140	Grand brochet	583	0,31	6,45	Utiliser la moyenne des valeurs
		140	dupl labo	583	0,33		
		140	dupl labo	583	0,29		
		141	Grand brochet	599	0,4	2,50	Utiliser la moyenne des valeurs
		141	dupl labo	599	0,39		
		141	dupl labo	599	0,41		
		527	Doré jaune	343	0,31	3,13	Utiliser la moyenne des valeurs moyenne
		527	dupl labo	343	0,33		
		527	dupl labo	343	0,32		
Grand Détour	358	Grand brochet	956	2,30	9,98	Duplicata sur reprise	
		Grand brochet	956	2,80			
	358 reprise	dupl labo	956	2,60			
		dupl labo	956	2,90			
						Utiliser la moyenne des valeurs	

Annexe E Triplicatas fantômes et valeurs des reprises d'analyse de mercure demandées des laboratoires Bureau Veritas

Tableau E.1 – Résultats des triplicatas fantômes

Secteur	Numéro du poisson	Espèce	Teneur en mercure (mg/kg)	Longueur totale (mm)	Remarques	Coefficient de variation (%)	Commentaires
Baie aux Hirondelles	8	Grand corégone	0,28	473	Réplica	4,22	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	9		0,28	473	Fantôme de ID8		
	10		0,26	473	Fantôme de ID8		
	30	Grand corégone	0,26	449	Réplica	6,19	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	31		0,29	449	Fantôme de ID 30		
	32		0,29	449	Fantôme de ID 30		
	74	Grand corégone	0,25	375	Réplica	6,45	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	75		0,24	375	Fantôme de ID74		
	76		0,22	375	Fantôme de ID74		
	14	Grand brochet	1	600	Réplica	9,09	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	15		1,1	600	Fantôme de ID14		
	16		1,2	600	Fantôme de ID14		
42	Grand brochet	0,46	447	Réplica	0,00	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs	
43		0,46	447	Fantôme de ID42			
44		0,46	447	Fantôme de ID42			
118	Grand brochet	5,4	989	Réplica	4,69	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs	
119		5,6	989	Fantôme de ID118			
120		5,1	989	Fantôme de ID118			
Grand détour	214	Grand corégone	0,56	597	Réplica	9,39	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	215		0,59	597	Fantôme de ID214		
	216		0,49	597	Fantôme de ID214		
	229	Grand corégone	0,24	398	Réplica	6,66	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	230		0,27	398	Fantôme de 229		
	231		0,27	398	Fantôme de 229		
	274	Grand corégone	0,32	478	Réplica	0,00	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	275		0,32	478	Fantôme de 274		
	276		0,32	478	Fantôme de 274		
	238	Grand brochet	0,19	482	Réplica	56,71	Garder les 2 fantômes uniquement si la reprise de l'échantillon #238 donne la même chose
	239		0,74	482	Fantôme de ID238		
	240		0,72	482	Fantôme de ID238		
367	Grand brochet	0,78	601	Réplica	2,25	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs	
368		0,75	601	Fantôme de ID 367			
369		0,78	601	Fantôme de ID 367			
356	Grand brochet	2,9	956	Réplica	12,83	Faire une reprise de l'échantillon #358 avant de décider	
357		2,9	956	Fantôme de ID 356			
358		2,3	956	Fantôme de ID 356			

Tableau E.1 (suite) – Résultats des triplicatas fantômes

Secteur	Numéro du poisson	Espèce	Teneur en mercure (mg/kg)	Longueur totale (mm)	Remarques	Coefficient de variation (%)	Commentaires
Lac Duhamel	388	Grand corégone	0,13	405	Réplica	4,33	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	389		0,14	405	Fantôme de ID388		
	390		0,13	405	Fantôme de ID388		
	436	Grand corégone	0,34	443	Réplica	8,53	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	437		0,3	443	Fantôme de 436		
	438		0,29	443	Fantôme de 436		
	478	Grand corégone	0,27	494	Réplica	5,59	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	479		0,26	494	Fantôme de 478		
	480		0,29	494	Fantôme de 478		
	413	Grand brochet	0,26	512	Réplica	5,95	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	414		0,27	512	Fantôme de ID413		
	415		0,24	512	Fantôme de ID413		
	539	Grand brochet	2,7	1016	Réplica	4,17	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	540		2,9	1016	Fantôme de ID 539		
	541		2,7	1016	Fantôme de ID 539		
	402	Doré jaune	0,23	349	Réplica	4,35	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	403		0,22	349	Fantôme de 402		
	404		0,24	349	Fantôme de 402		
424	Doré jaune	0,35	391	Réplica	4,58	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs	
425		0,32	391	Fantôme de 424			
426		0,33	391	Fantôme de 424			
459	Doré jaune	1,6	662	Réplica	6,67	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs	
460		1,4	662	Fantôme de 459			
461		1,5	662	Fantôme de 459			
Milieu témoin	163	Grand corégone	0,081	354	Réplica	8,91	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	164		0,086	354	Fantôme de ID163		
	165		0,072	354	Fantôme de ID163		
	145	Grand corégone	0,14	468	Réplica	7,69	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	146		0,12	468	Fantôme de ID145		
	147		0,13	468	Fantôme de ID145		
	191	Grand corégone	0,17	531	Réplica	12,80	Faire une reprise de l'échantillon #191 avant de décider
	192		0,2	531	Fantôme de 191		
	193		0,22	531	Fantôme de 191		
	157	Grand brochet	0,19	486	Réplica	3,09	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs
	158		0,19	486	Fantôme de 157		
	159		0,18	486	Fantôme de 157		
184	Grand brochet	0,28	624	Réplica	5,97	Utiliser la moyenne de toutes les valeurs	
185		0,31	624	Fantôme de 184			
186		0,28	624	Fantôme de 184			

Tableau E.1 (suite) – Résultats des triplicatas fantômes

Secteur	Numéro du poisson	Espèce	Teneur en mercure (mg/kg)	Longueur totale (mm)	Remarques	Coefficient de variation (%)	Commentaires
Milieu témoin	137	Grand brochet	0,49	843	Réplica	43,33	Garder uniquement l'échantillon #137 si après la reprise nous avons les mêmes valeurs
	138		0,25	843	Fantôme de 137		
	139		0,24	843	Fantôme de 137		

Tableau E.2 – Résultats des reprises

Secteur	Numéro du poisson	Espèce	Teneur en mercure (mg/kg)	Longueur totale (mm)	Remarques	Consigne	Coefficient de variation de la reprise et son triplicata (%)	Coefficient de variation de toutes les valeurs (%)
Baie aux Hirondelles	68	Grand corégone	0,24	291		Prendre la moyenne de toutes les valeurs	0	6,1
	Reprise 68		0,22					
	Dupl Reprise 68		0,22					
	Dupl Reprise 68		0,22					
	102	Grand corégone	0,13	512		Prendre la moyenne de toutes les valeurs	4,6	5,7
	Reprise 102		0,12					
Dupl Reprise 102		0,13						
Dupl Reprise 102		0,13						
Milieu témoin	137	Grand brochet	0,49	843	Réplica	Utiliser uniquement les reprises	2,4	16,6
	Reprise 137		0,62					
	Dupl Reprise 137		0,65					
	Dupl Reprise 137		0,64					
	138	Grand brochet	0,25	843	Fantôme de 137	Utiliser uniquement les reprises	3,0	57,2
	Reprise 138		0,59					
	Dupl. Reprise 138		0,56					
	Dupl. Reprise 138		0,59					
	139	Grand brochet	0,24	843	Fantôme de 137	Utiliser uniquement les reprises	6,4	67,6
	Reprise 139		0,68					
	Dupl. Reprise 139		0,66					
	Dupl. Reprise 139		0,6					
177	Grand corégone	0,39	529		Prendre la moyenne de toutes les valeurs	1,6	5,7	
Reprise de 177		0,36						
Dupl. Reprise 177		0,36						
Dupl. Reprise 177		0,37						

Tableau E.2 (suite) – Résultats des reprises

Secteur	Numéro du poisson	Espèce	Teneur en mercure (mg/kg)	Longueur totale (mm)	Remarques	Consigne	Coefficient de variation de la reprise et son triplicata (%)	Coefficient de variation de toutes les valeurs (%)
Grand Détour	228	Grand corégone	0,13	536				
	Reprise 228		0,69			Utiliser uniquement les reprises	7,1	96,6
	Dupl. Reprise 228		0,79					
	Dupl. Reprise 228		0,77					
	235	Grand corégone	0,15	566				
	Reprise 235		0,62			Utiliser uniquement les reprises	2,5	86,3
	Dupl. Reprise 235		0,61					
	Dupl. Reprise 235		0,64					
	238	Grand brochet	0,19	482	Réplica			
	Reprise 238		0,7			Utiliser uniquement les reprises	4,2	81,0
	Dupl. Reprise 238		0,76					
	Dupl. Reprise 238		0,74					
	245	Grand brochet	0,24	534	Réplica			
	Reprise 245		1			Utiliser uniquement les reprises	3,3	86,7
	Dupl. Reprise 245		0,99					
	Dupl. Reprise 245		0,94					
	248	Grand brochet	0,24	534				
	Reprise 248		1,1			Utiliser uniquement les reprises	5,1	90,8
	Dupl. Reprise 248		1,2					
	Dupl. Reprise 248		1,1					
249	Grand brochet	0,17	495					
Reprise 249		0,76			Utiliser uniquement les reprises	3,9	89,7	
Dupl. Reprise 249		0,82						
Dupl. Reprise 249		0,78						
358	Grand brochet	2,3	956					
Reprise 358		2,80		Fantôme de 356	Utiliser la moyenne de tous	5,5	13,9	
Dupl. Reprise 358		2,60						
Dupl. Reprise 358		2,90						
379	Grand brochet	0,73	787					
Reprise 379		4,5			Utiliser uniquement les reprises	7,3	101,9	
Dupl. Reprise 379		3,9						
Dupl. Reprise 379		4,1						

Tableau E.2 (suite) – Résultats des reprises

Secteur	Numéro du poisson	Espèce	Teneur en mercure (mg/kg)	Longueur totale (mm)	Remarques	Consigne	Coefficient de variation de la reprise et son triplicata (%)	Coefficient de variation de toutes les valeurs (%)
Lac Duhamel	491	Doré jaune	1,1	633		Prendre la moyenne de toutes les valeurs	5,1	0
	Reprise 491		1,1					
	Dupl. Reprise 491		1,2					
	Dupl. Reprise 491		1,1					

Annexe F Données brutes des contenus stomacaux

Tableau F1 : Données brutes sur les contenus stomacaux des poissons pour l'année 2018

ID*	Espèce	Plan d'eau	Long. (mm)	Masse (g)	Cote de réplétion	Masse totale du contenu (g)	Proies ingérées								Remarques estomac	Remarques		
							Poissons			Insectes			Chyme				Autre	
							Nbre	Masse (g)	%	Nbre	Masse (g)	%	Masse (g)	%			Masse (g)	%
558	ESLU	GD	541	814,4	7	0												
559	ESLU	GD	539	881,4	7	0												
560	ESLU	GD	478	632,2	7	0												
561	ESLU	GD	524	761,3	7	0												
562	ESLU	GD	875	3670	7	0												
563	ESLU	GD	775	2700	7	0												
564	ESLU	GD	853	3640	5	143,376	1	143,376	100,00									
565	ESLU	GD	514	730	7	0												
566	ESLU	GD	561	1170,9	4	15,598	1	15,598	100,00								Digestion avancée, arêtes, peu de chair	
567	ESLU	GD	787	2170	7	0												
568	ESLU	GD	726	1980	7	0												
388	COCL	LD	405	667,3	7	0											Replicat	
389	COCL	LD	405			0											Fantome de ID 388	
390	COCL	LD	405			0											Fantome de ID 388	
394	COCL	LD	307	274,9	3	0,168											Insecte aquatique (pupes)	
395	SAVI	LD	329	277,7	7	0												
396	SAVI	LD	279	177,3	5	0,742	1	0,67	90,30					0,072	9,70		Amphipodes	
406	SAVI	LD	331	309,9	3	0,213								0,213	100,00		Zooplankton, amphipodes	
398	COCL	LD	475	1049,5	6	0,533						0,533	100,00					
399	COCL	LD	434	861,2	6	0,226						0,226	100,00					
400	COCL	LD	295	262,3	7	0												
401	COCL	LD	422	814,5	1	0,012								0,012	100,00		zooplankton, vegetation	
402	SAVI	LD	349	368,3	7	0												
403	SAVI	LD	349			0											Replicat	
404	SAVI	LD	349			0											Fantome de 402	
397	SAVI	LD	350	334,4	2	0,257	1	0,03	11,67					0,227	88,33		Zooplankton, amphipodes	
405	SAVI	LD	302	116,1	5	0,75				N/A	0,097	12,93		0,653	87,07		Insecte aquatique (larves), zooplankton, amphipodes	
407	SAVI	LD	360	416,6	7	0												
410	SAVI	LD	455	877,6	5	1,313	1	1,313	100,00								Replicat	
411	SAVI	LD	526	1494,5	7	0												
413	ESLU	LD	512	721,8	3	1,488	1	1,488	100,00								Chair et os de rats	
414	ESLU	LD	512			0											Replicat	
415	ESLU	LD	512			0											Fantome de ID 413	
416	ESLU	LD	301	149,6	7	0											Fantome de ID 413	
417	ESLU	LD	642	1620,2	7	0											Replicat	
420	COCL	LD	297	244,3	5	1,408				9	1,408	100,00					Insectes aquatique en morceaux, approximation du nombre	
422	SAVI	LD	296	212,1	6	0,361						0,361	100,00					
423	SAVI	LD	334	310,2	5	1,579	2	0,674	0,905	100,00								
424	SAVI	LD	391	510,3	7	0											Replicat	
425	SAVI	LD	391			0											Fantome de 424	
426	SAVI	LD	391			0											Fantome de 424	
428	SAVI	LD	265	156,2	7	0												
429	SAVI	LD	296	233,8	7	0												
430	SAVI	LD	453	1059,3	5	35,854	1	35,854	100,00								L'OL0 sortant de l'estomac	
431	SAVI	LD	395	527,3	7	0												
433	COCL	LD	387	569	4	0,105				3	0,039	37,14		0,056	62,86		Insecte aquatique, vegetation, amphipodes, zooplankton	
435	COCL	LD	257	147,7	2	0,106						0,00		0,106	100,00		Zooplankton	
436	COCL	LD	443	947,9	2	0,265				4	0,015	5,66		0,25	94,34		Insecte aquatique et terrestre, zooplankton, vegetation, bivalves, amphipodes	
437	COCL	LD	443			0											Replicat	
438	COCL	LD	443			0											Fantome de 436	
439	COCL	LD	424	790	2	1,034						1,001	96,81	0,033	3,19		bivalves, gastéropodes	
440	COCL	LD	323	297,1	7	0						1,312	100,00					
441	COCL	LD	271	164,1	6	1,312												
443	COCL	LD	451	984,5	5	3,457								3,457	100,00		Amphipodes, vegetation, bivalves	
444	COCL	LD	509	1414,1	5	5,931								5,931	100,00		gastéropodes, bivalves, gravier	
445	COCL	LD	418	708	5	4,784				10	0,323	6,75		4,461	93,25		Insecte aquatique, gastéropodes, amphipodes, bivalves, vegetation, zooplankton	
446	COCL	LD	427	85,3	5	0,559				N/A	0,174	31,13		0,385	68,87		Insecte aquatique, vegetation, bivalves, amphipodes	
447	COCL	LD	408	713	5	6,237				N/A	6,237	100,00					Insectes aquatique, larves de chironomides	
449	ESLU	LD	875	4580	7	0												
452	COCL	LD	348	455,4	2	0,129						7	0,094	72,87			Insecte aquatique, bivalves, gastéropodes, zooplankton	
453	SAVI	LD	420	674,6	3	0,163	1	0,069	42,33	3	0,094	57,67		0,035	27,13		Insecte aquatique	
454	SAVI	LD	309	253,5	7	0												
456	SAVI	LD	316	278	3	0,042	1	0,001	2,38	N/A	0,041	97,62					Colonne de poisson, insectes aquatiques (larves, pupes)	
457	SAVI	LD	291	194,7	6	0,125							0,125	100,00				
458	SAVI	LD	232	103,9	5	0,643	1	0,012	1,87	N/A	0,631	98,13					Avantage d'insectes aquatiques de rats et digérés en partie, Queue de poisson	
459	SAVI	LD	662	3190,9	5	10,494	1	10,494	100,00									
460	SAVI	LD	662			0											Replicat	
461	SAVI	LD	662			0											Fantome de 459	
463	SAVI	LD	560	1715,2	3	0,956	1	0,879	91,95	1	0,005	0,52		0,072	7,53		Poisson digéré, arêtes, colonne, insectes aquatiques, vegetation (gracnaines/racines)	
464	SAVI	LD	516	1228,9	7	0												
465	ESLU	LD	585	1098,7	2	0,657								0,657	100,00		amphipodes, amphipodes, zooplankton, vegetation	
466	COCL	LD	448	976,1	2	0,08				11	0,044	55,00		0,036	45,00		Insecte aquatique et terrestre	

Tableau F1 : Données brutes sur les contenus stomacaux des poissons pour l'année 2018

ID*	Espèce	Plan d'eau	Long. (mm)	Masse (g)	Cote de répletion	Masse totale du contenu (g)	Proies ingérées								Remarques estomac	Remarques				
							Poissons			Insectes			Chytr				Autre			
							Nbre	Masse (g)	%	Nbre	Masse (g)	%	Masse (g)	%			Masse (g)	%		
160	ESLU	T	443	476,7	1	0,012										Amphipodes				
161	COCL	T	272	182,6	3	0,089										0,04	44,94	Insecte aquatique: zooplancton, végétation, amphipodes		
162	COCL	T	237	119,5	5	0,304										0,068	22,37	Insecte aquatique: amphipodes, gastéropodes		
163	COCL	T	354	420,5	4	0,74												Morceaux insectes aquatiques	Replicat	
164	COCL	T	354			0													Fantôme de ID 163	
165	COCL	T	354			0													Fantôme de ID 163	
166	ESLU	T	454	459,3	7	0														
167	ESLU	T	533	768,3	2	1,704										1,615	94,78	Insecte aquatique: matière digérée, pas encore chytr mais pas identifiable	Replicat	
170	ESLU	T	466	455,2	7	0														
171	COCL	T	472	1224,2	2	0,713										0,713	100,00	Zooplancton		
172	COCL	T	403	637,4	5	2,901							1,403	48,36	1,498	51,64	Gravier, gastéropodes	Replicat		
176	COCL	T	526	1484,1	5	6,028							5,91	98,04				Insecte aquatique		
177	COCL	T	529	1809,6	5	6,346										2,922	46,04	Insecte aquatique: gastéropodes, bivalves, gravier		
178	ESLU	T	548	857,6	4	3,188	2	0,761:0,304	33,41	2	0,135	6,36				1,988	93,64	Insectes aquatiques: amphipodes		
181	ESLU	T	556	968,2	6	1,34							1,34	100,00						
182	ESLU	T	603	1549	7	0														
183	ESLU	T	459	533,1	7	0														
184	ESLU	T	624	1581,9	1	0,026								0,026	100,00				Replicat	
185	ESLU	T	624			0													Fantôme de 184	
186	ESLU	T	624			0													Fantôme de 184	
188	ESLU	T	401	345,8	7	0														
189	ESLU	T	474	682,7	5	4,176										3,523:0,653	100,00			
190	ESLU	T	555	935,5	4	2,024	1									2,024	100,00			
191	COCL	T	531	1718,9	7	0													Replicat	
192	COCL	T	531			0													Fantôme de 191	
193	COCL	T	531			0													Fantôme de 191	
194	COCL	T	402	673	4	0,759										0,636	83,79	Insecte aquatique: amphipodes, gastéropodes, zooplancton		
199	COCL	T	246	137,5	1	0,005										0,005	100,00	Végétation (branches), zooplancton		
200	COCL	T	512	1733,3	5	4,05										3,752	92,64	Insecte aquatique: gastéropodes, végétation		
201	ESLU	T	565	907,3	4	1,326	1	1,166	87,93	1	0,046	3,47				0,114	8,60	Queue de poisson: insectes aquatiques, végétation, zooplancton		
202	ESLU	T	689	1875,5	7	0														
203	ESLU	T	652	1387,4	7	0														
204	COCL	T	357	401,8	4	1,382								0,59	42,69	0,792	57,31	Gravier, gastéropodes		
205	COCL	T	302	254,3	5	0,723										0,723	100,00	Bivalves, gastéropodes, zooplancton, gravier		
206	ESLU	T	371	308,9	5	9,7	10	2,802:2,630:0,787:0,708: 0,877:0,488:0,253:0,500: 0,379:0,276											CACO et cyprinides	
207	ESLU	T	601	1257,2	7	0														
208	ESLU	T	488	736,2	5	26,919	1													
209	COCL	T	217	73,4	5	0,097										0,097	100,00	Zooplancton, végétation, amphipodes		
211	ESLU	T	485	626,1	1	0,009													Insecte aquatique	
212	COCL	T	389	607,7	5	3,49										3,458	99,08	Insecte aquatique: gastéropodes, gravier, végétation		
213	ESLU	T	372	286,6	7	0														

* Numéro de l'individu sur le terrain

BH : Baie des Hirondelles

DG : Lac du Grand Détour

LD : Lac Duhamel

T : Témoin (PK 127)

COCL : Grand corégone

ESLU : Grand brochet

SAV : Doré jaune

SASAO : Ouananiche

Annexe G Illustration des résidus de Student en fonction de la longueur totale centrée

➤ Grand brochet – amont du PK 127 sur la rivière Manouane (milieu témoin)

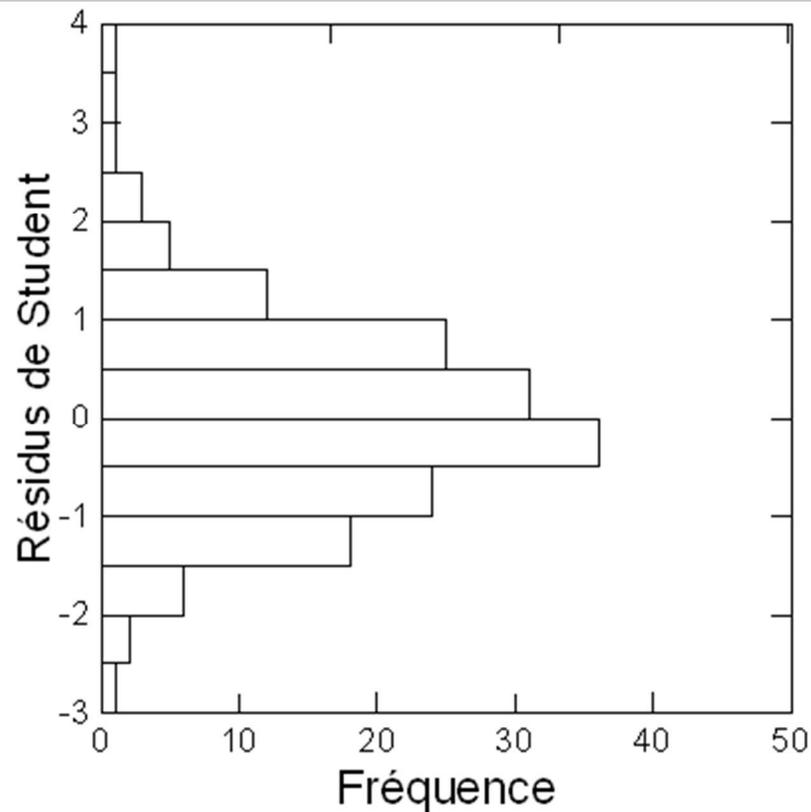
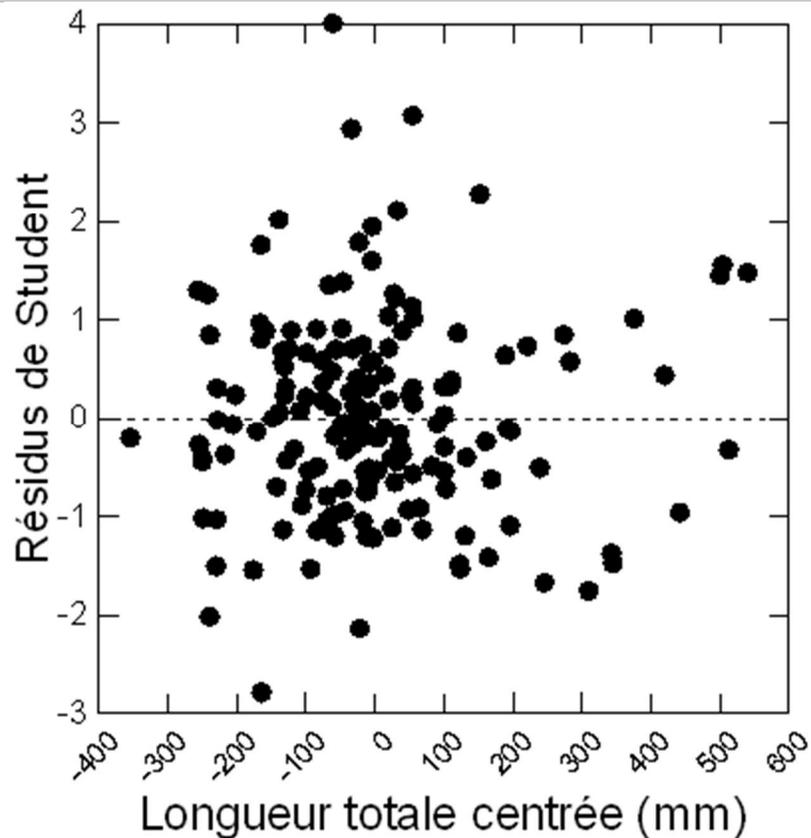


Figure G.1 - Distribution des différences (résidus de Student) entre les valeurs de mercure prédites par le modèle et celles observées chez le grand brochet pour la comparaison entre les années dans le milieu témoin.

➤ Grand brochet – Lac du Grand Détour

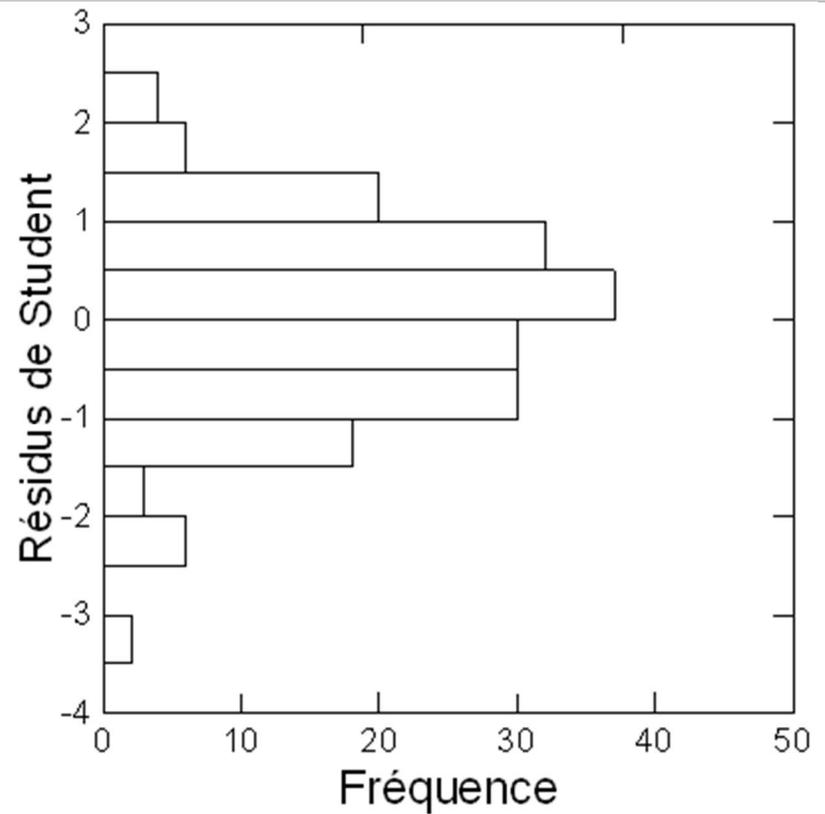
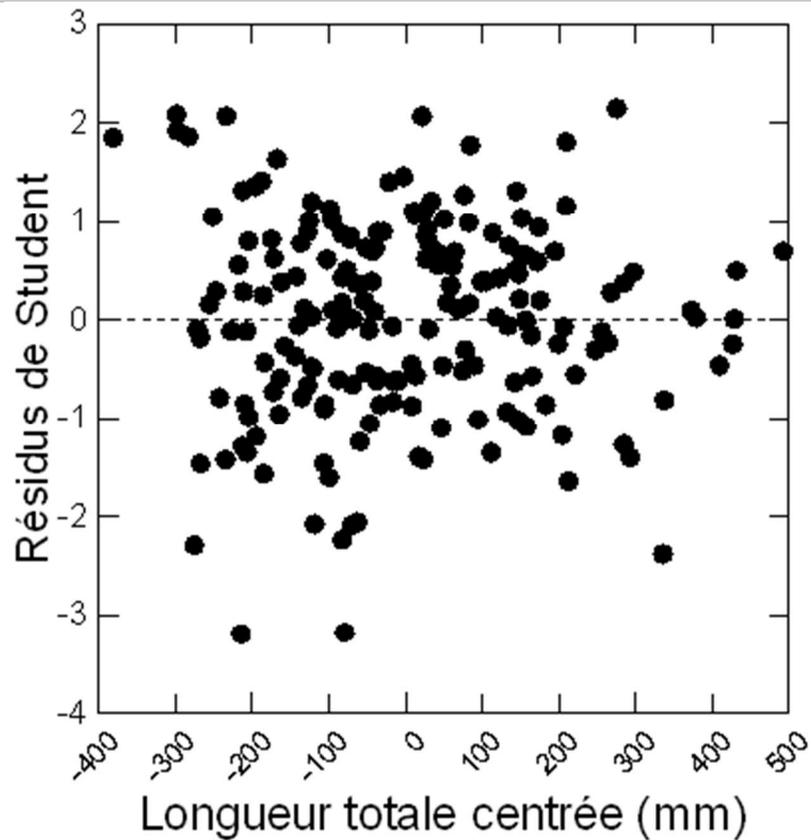


Figure G.2 - Distribution des différences (résidus de Student) entre les valeurs de mercure prédites par le modèle et celles observées chez le grand brochet pour la comparaison entre les années dans le lac du Grand Détour

➤ **Grand brochet – Baie aux Hirondelles**

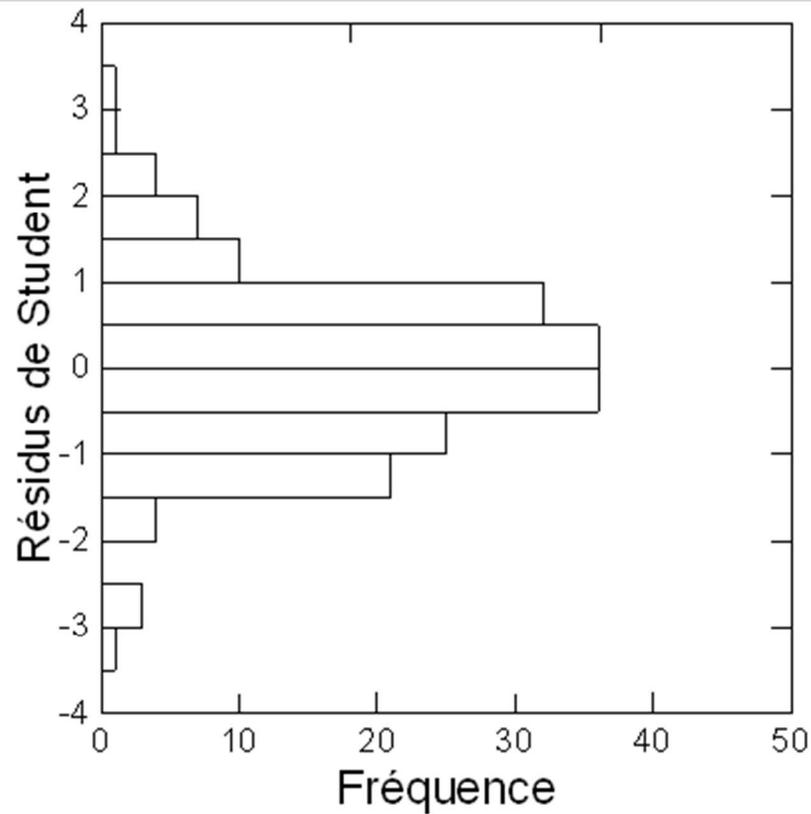
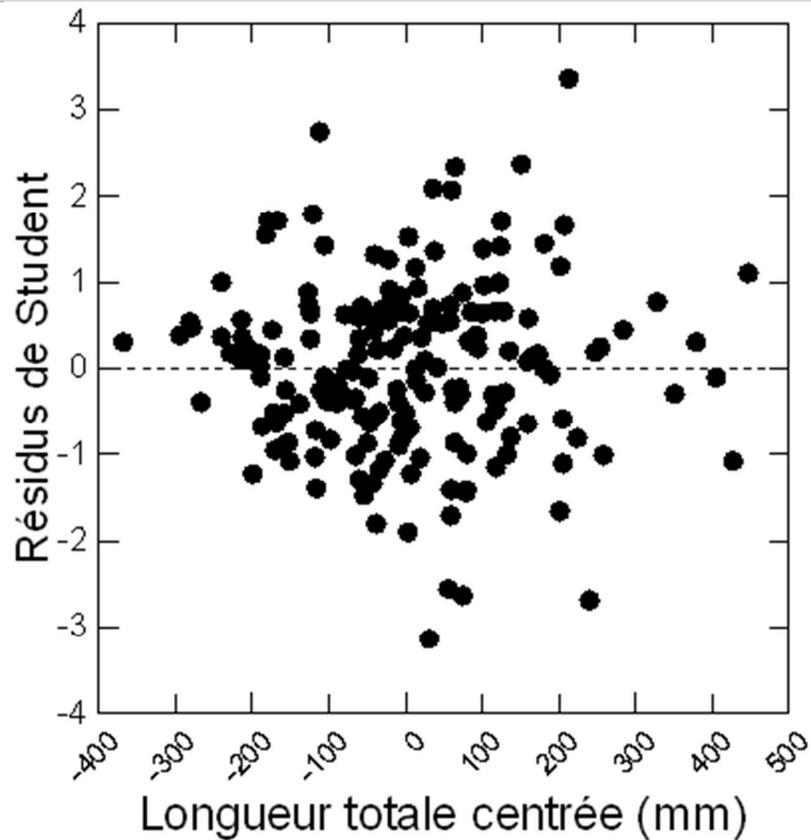


Figure G.3 - Distribution des différences (résidus de Student) entre les valeurs de mercure prédites par le modèle et celles observées chez le grand brochet pour la comparaison entre les années dans la Baie aux Hirondelles

➤ Grand brochet – Lac Duhamel

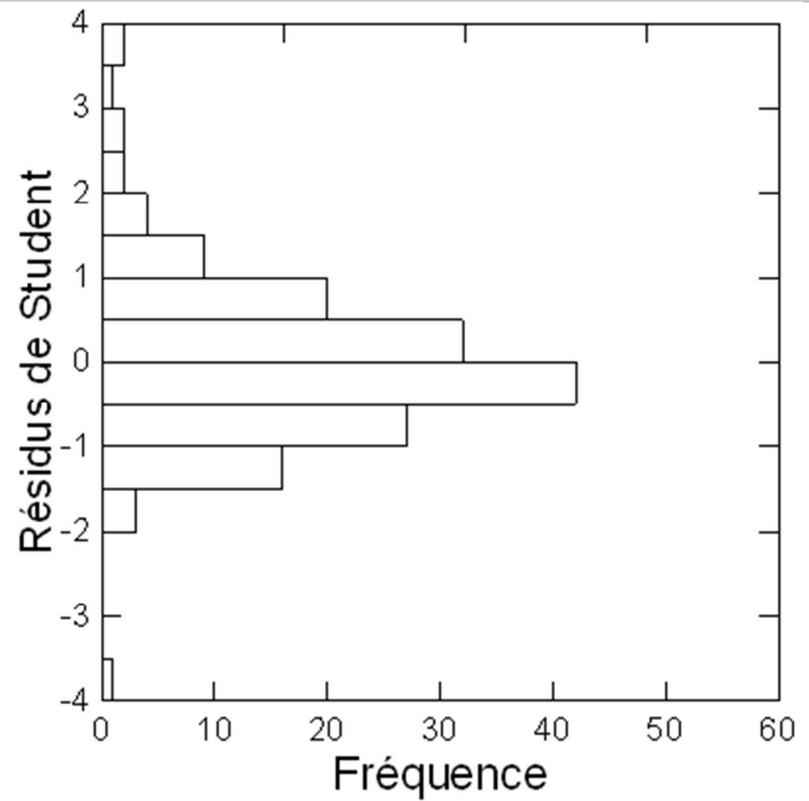
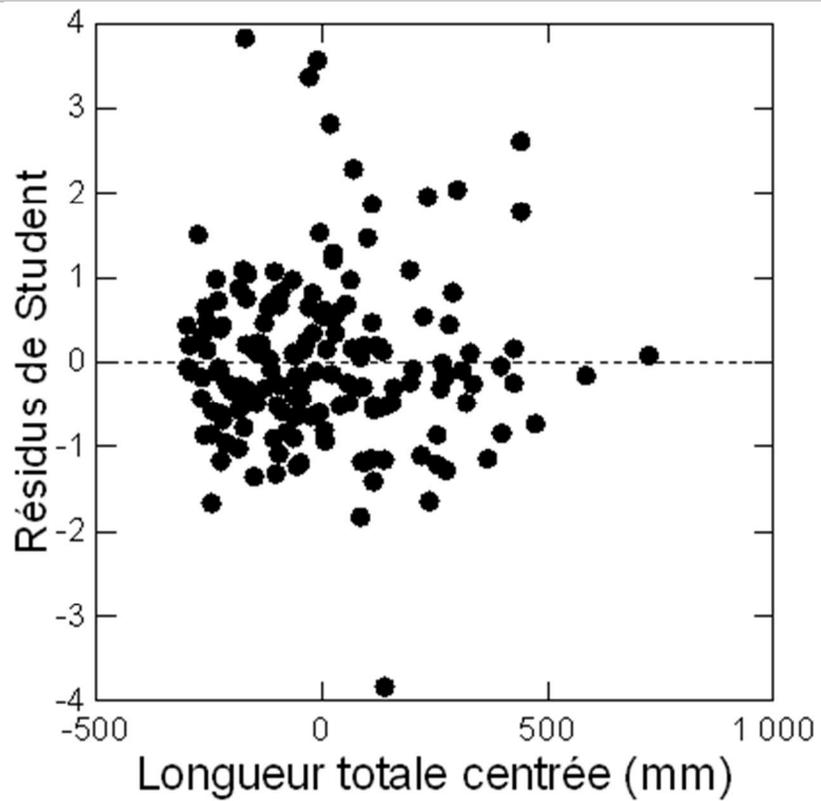


Figure G.4 - Distribution des différences (résidus de Student) entre les valeurs de mercure prédites par le modèle et celles observées chez le grand brochet pour la comparaison entre les années dans le lac Duhamel.

➤ **Grand corégone – amont du PK 127 sur la rivière Manouane (milieu témoin)**

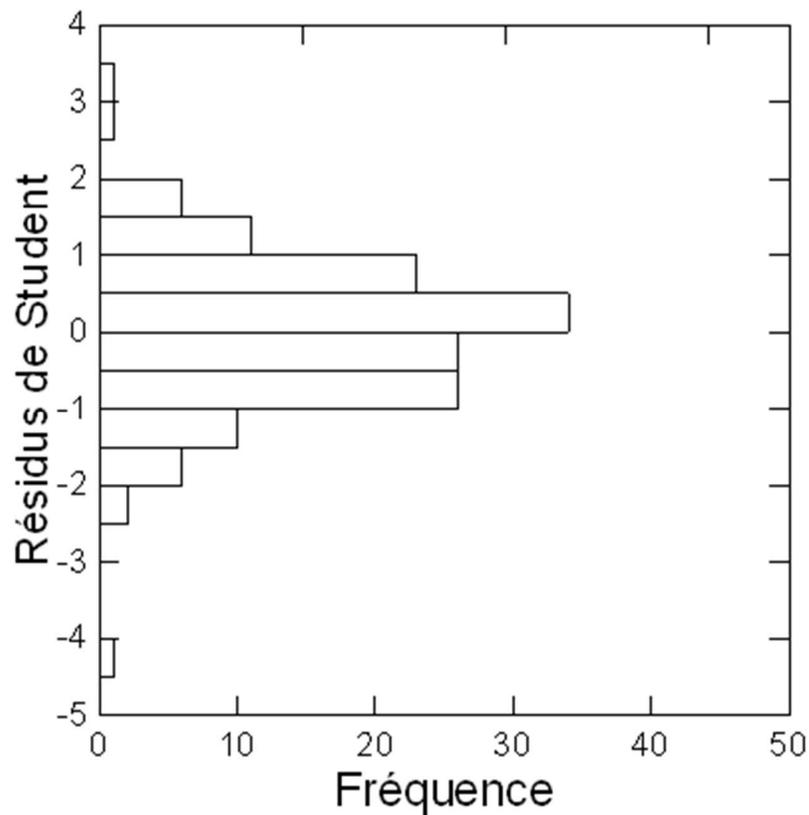
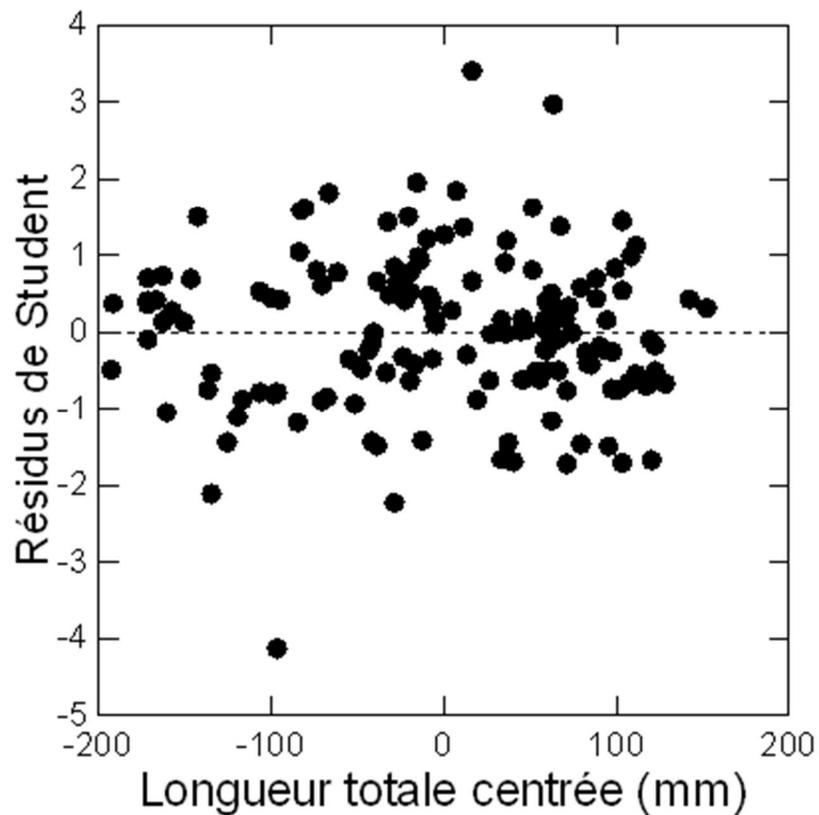


Figure G.5 - Distribution des différences (résidus de Student) entre les valeurs de mercure prédites par le modèle et celles observées chez le grand corégone pour la comparaison entre les années dans le milieu témoin.

➤ Grand corégone – Lac du Grand Détour

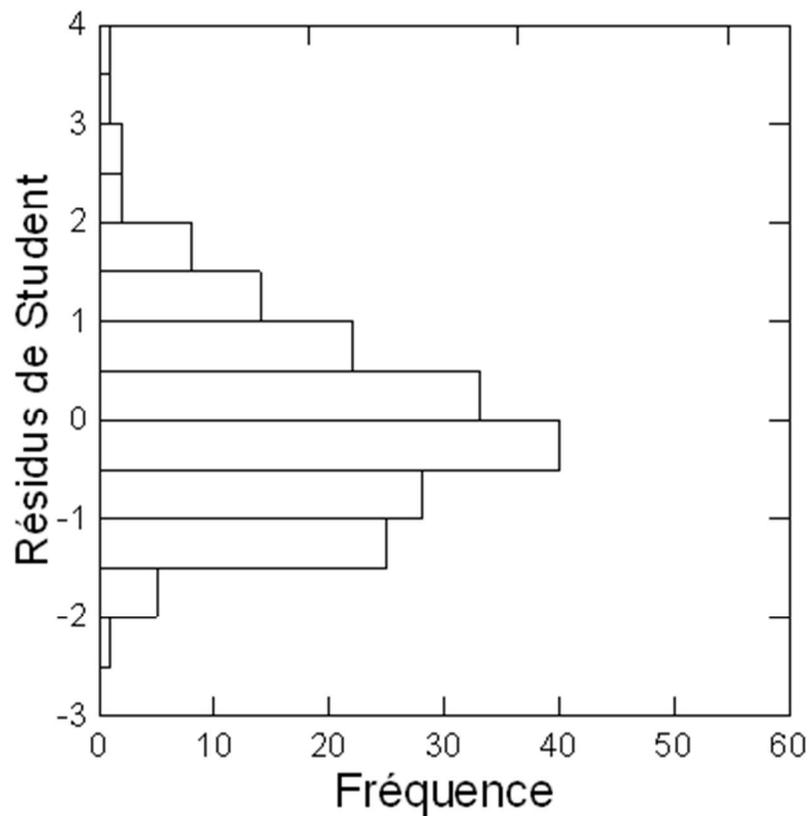
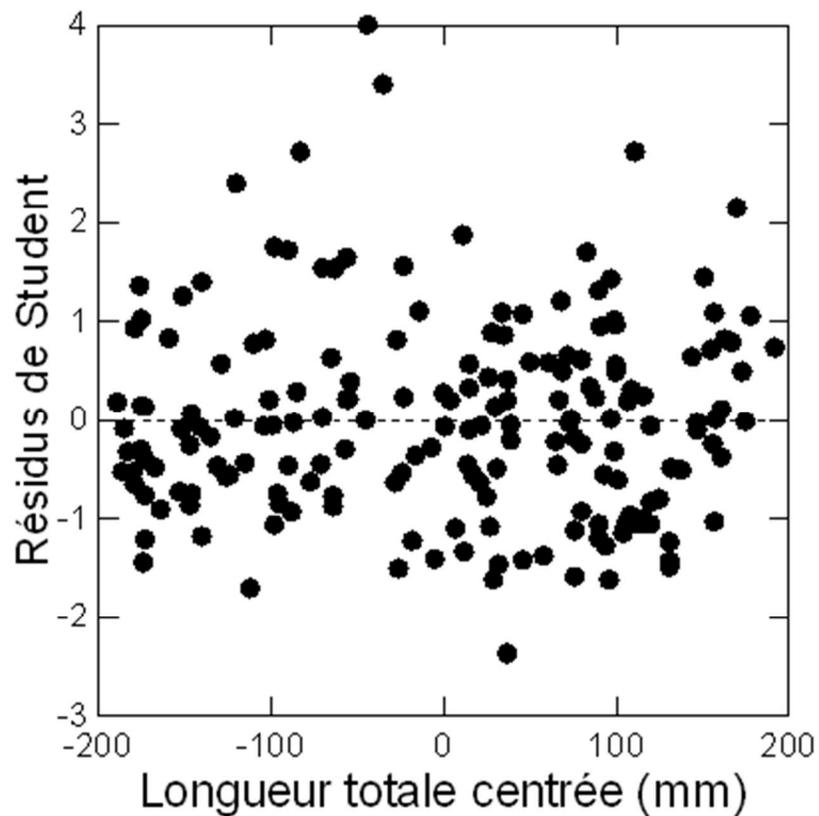


Figure G.6 - Distribution des différences (résidus de Student) entre les valeurs de mercure prédites par le modèle et celles observées chez le grand corégone pour la comparaison entre les années dans le lac du Grand Détour.

➤ Grand corégone – Baie aux Hirondelles

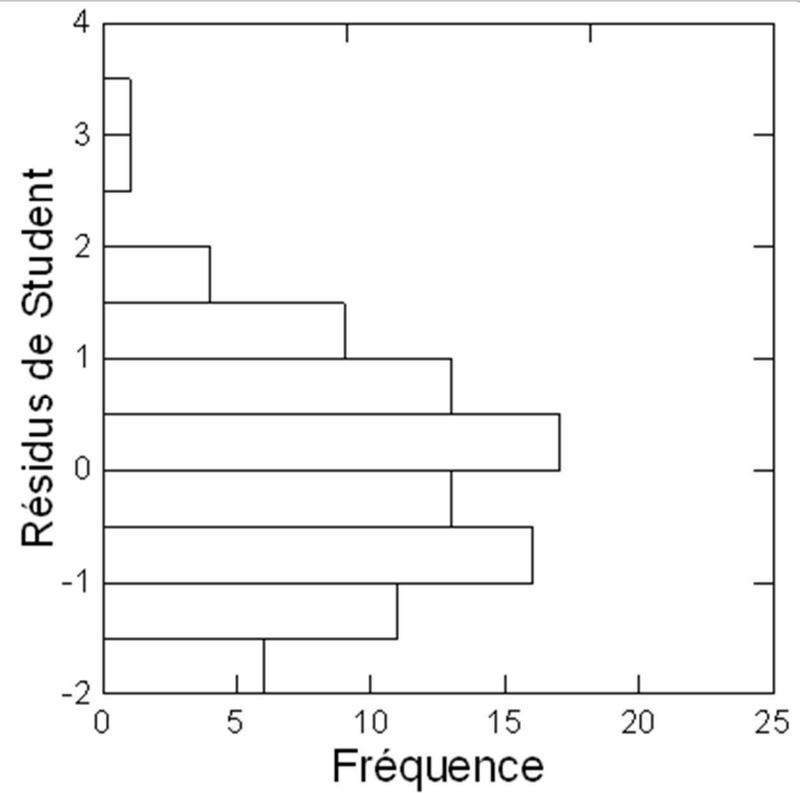
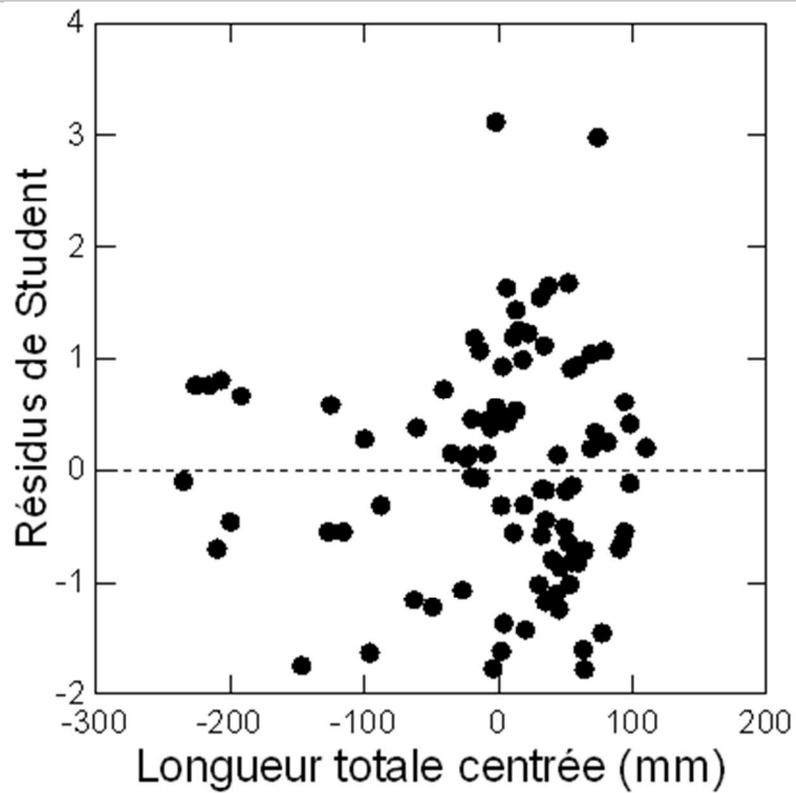


Figure G.7 - Distribution des différences (résidus de Student) entre les valeurs de mercure prédites par le modèle et celles observées chez le grand corégone pour la comparaison entre les années dans la Baie aux Hirondelles.

➤ Grand corégone – Lac Duhamel

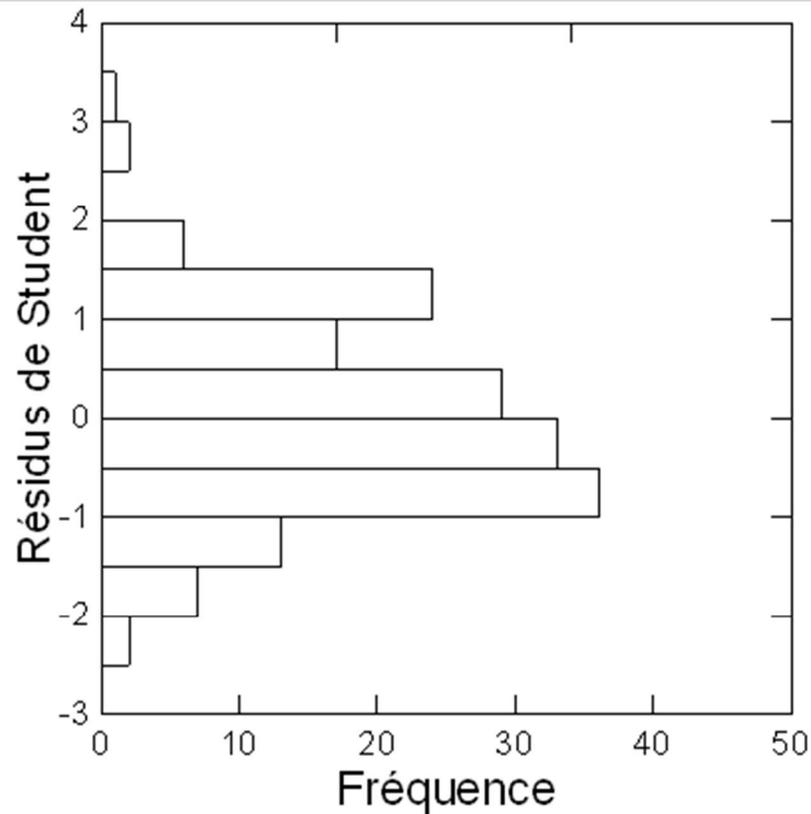
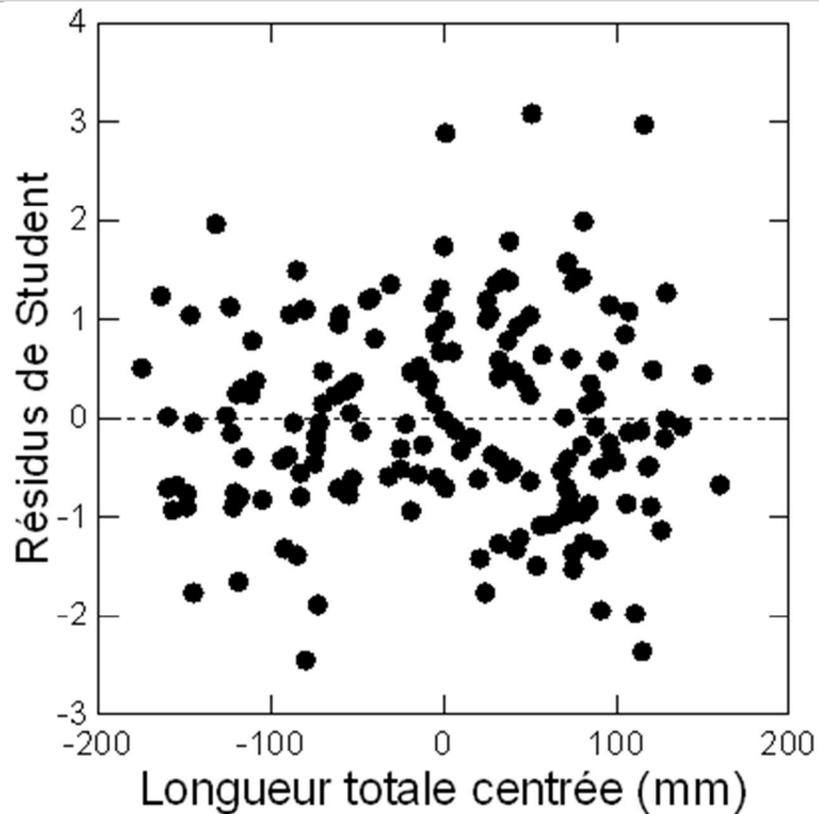


Figure G.8 - Distribution des différences (résidus de Student) entre les valeurs de mercure prédites par le modèle et celles observées chez le grand corégone pour la comparaison entre les années dans le lac Duhamel.

➤ Doré jaune – Lac Duhamel

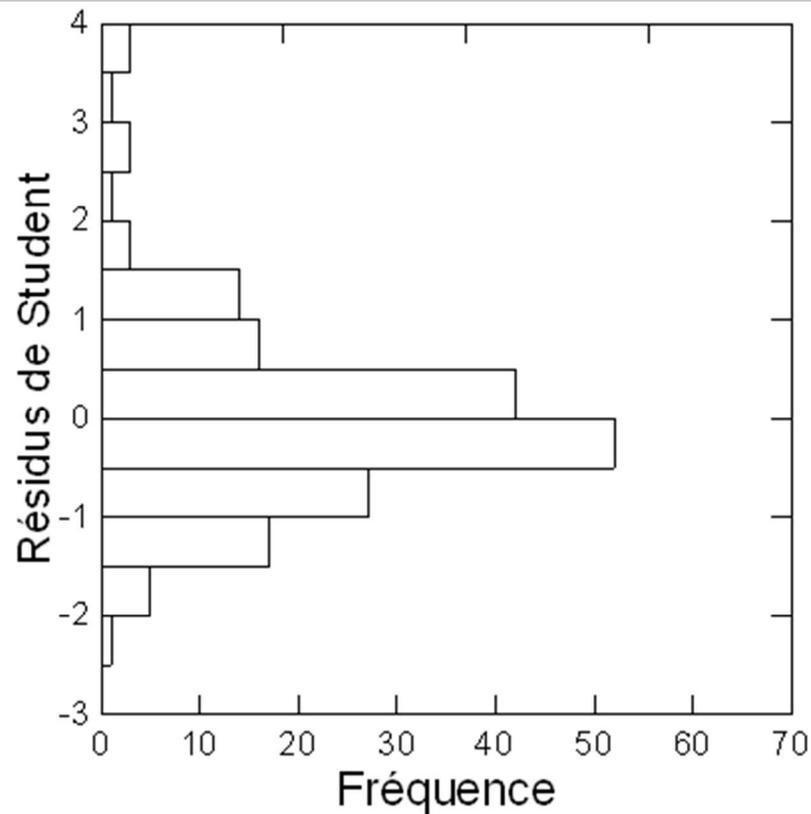
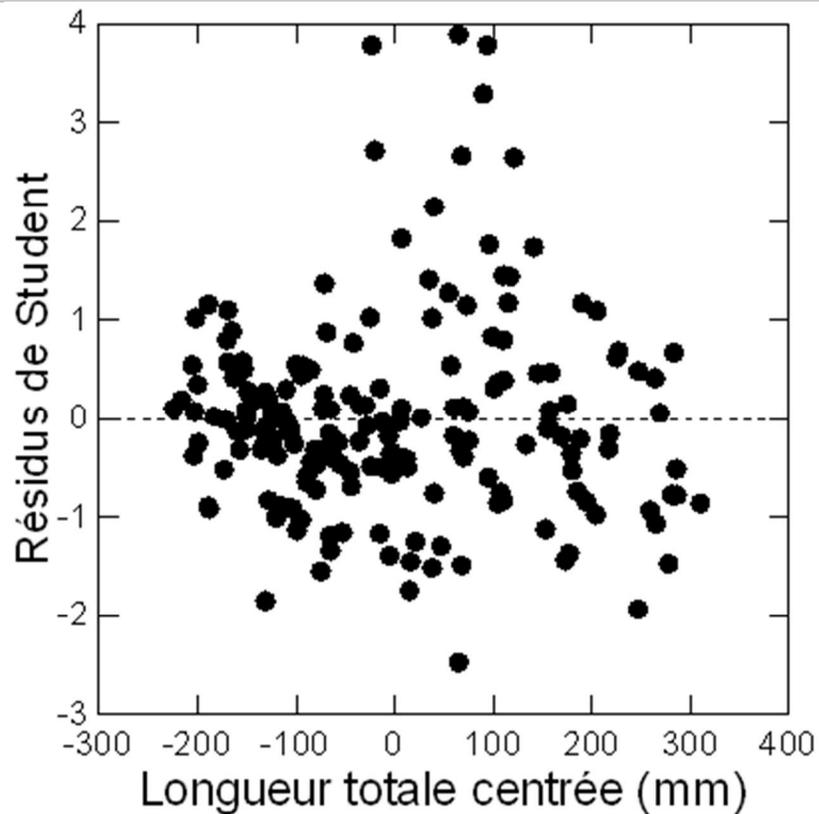


Figure G.9 - Distribution des différences (résidus de Student) entre les valeurs de mercure prédites par le modèle et celles observées chez le doré jaune pour la comparaison entre les années dans le lac Duhamel.

Annexe H Courbes et équations des régressions polynomiales

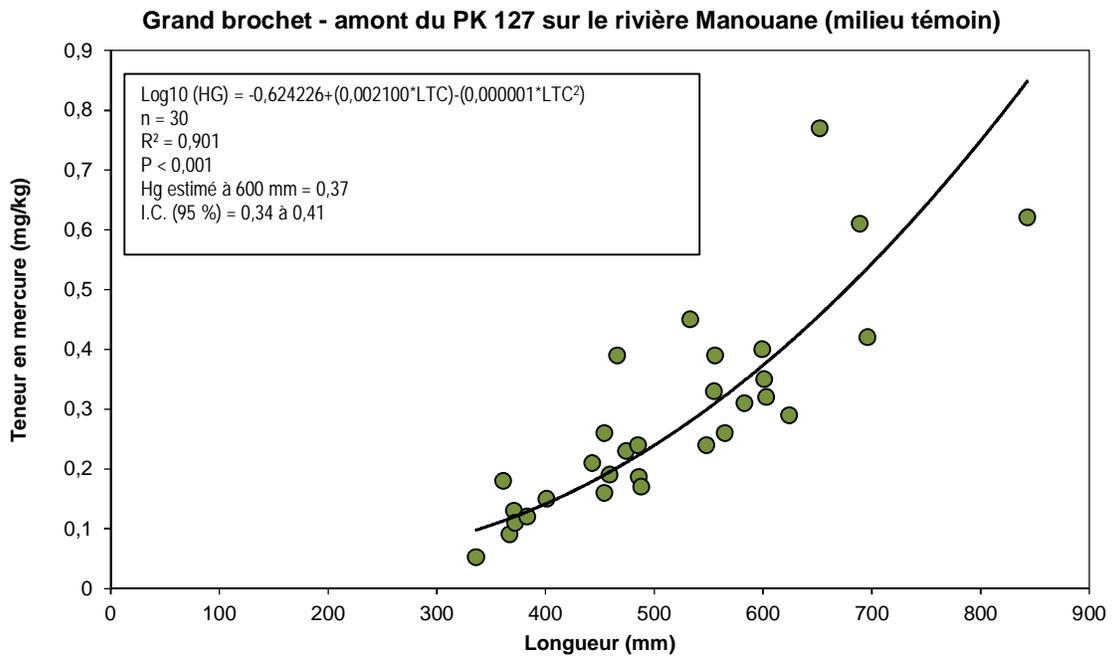


Figure H.1 – Milieu témoin, grand brochet, échantillonnage de 2018

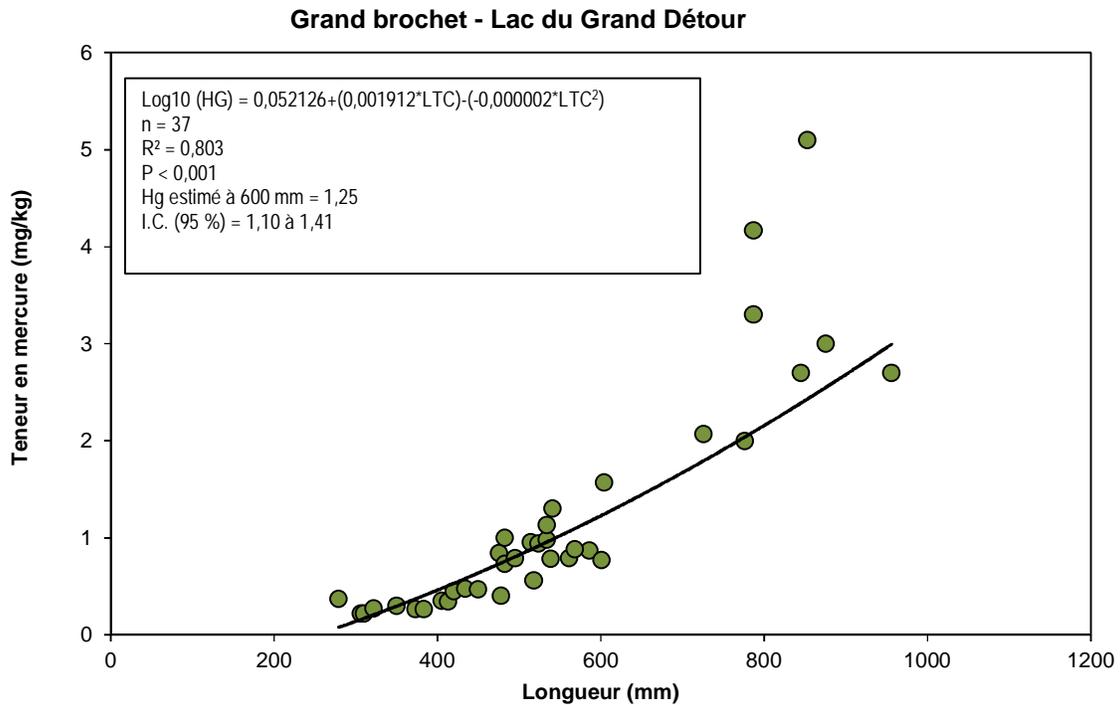


Figure H.2 – Lac du Grand Détour, grand brochet, échantillonnage de 2018

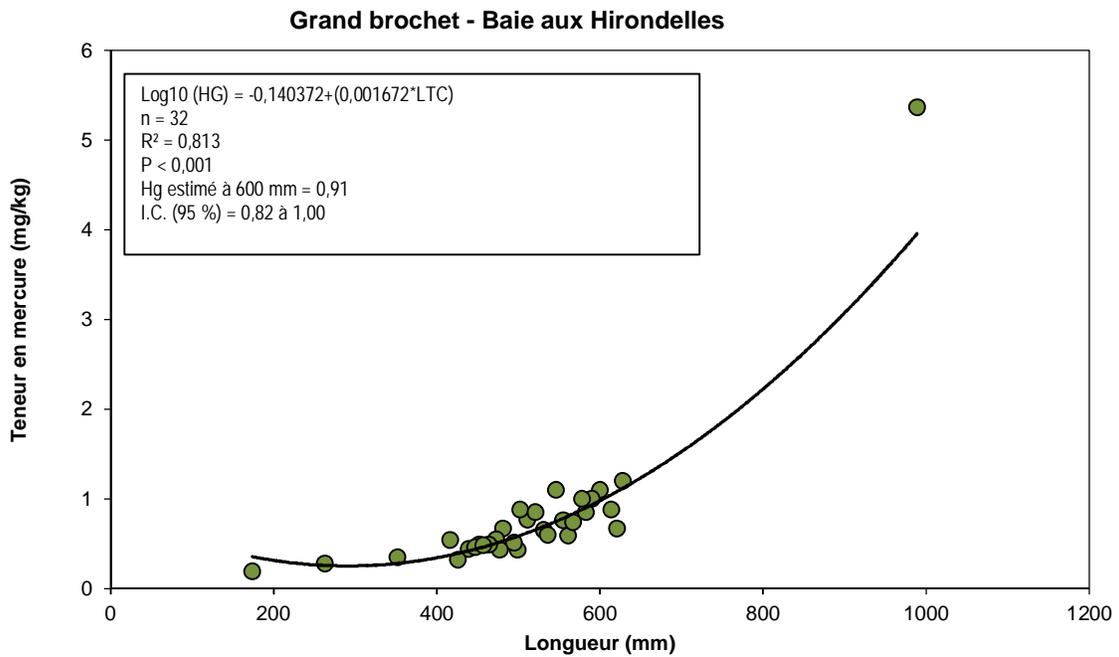


Figure H.3 – Baie aux Hirondelles, grand brochet, échantillonnage de 2018

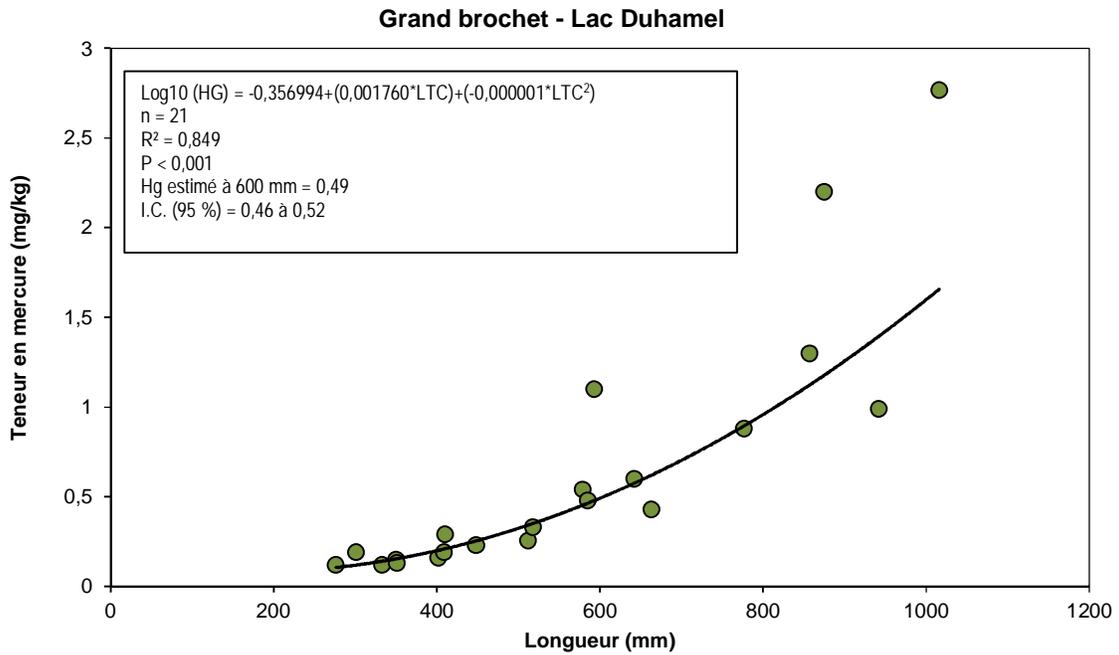


Figure H.4 – Lac Duhamel, grand brochet, échantillonnage de 2018

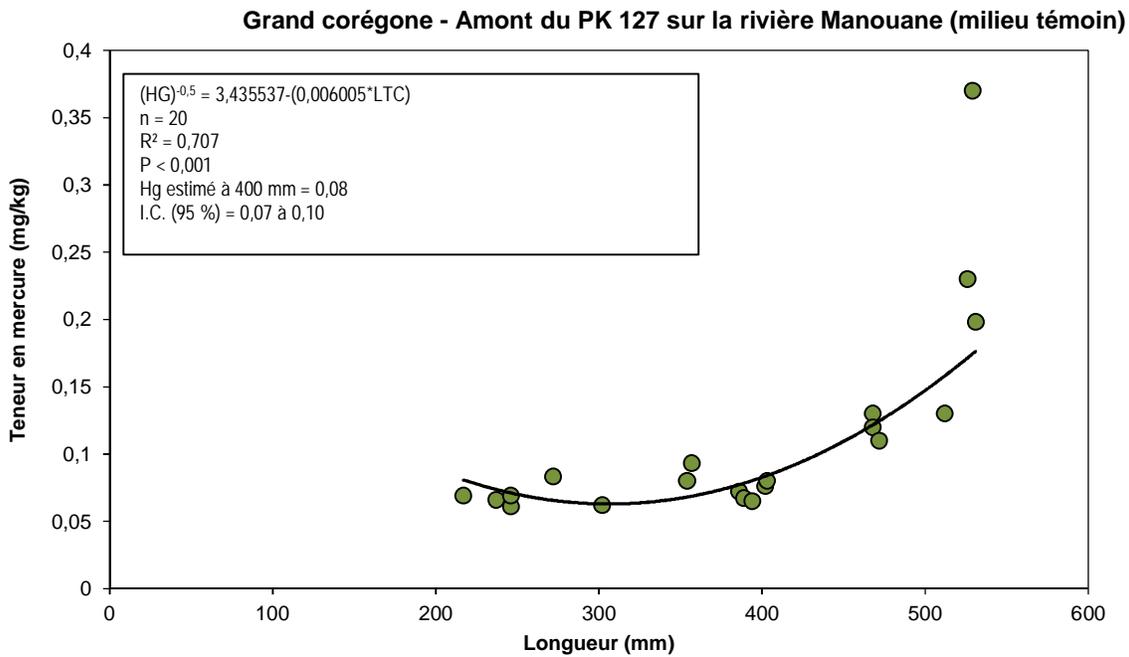


Figure H.5 – Milieu témoin, grand corégone, échantillonnage de 2018

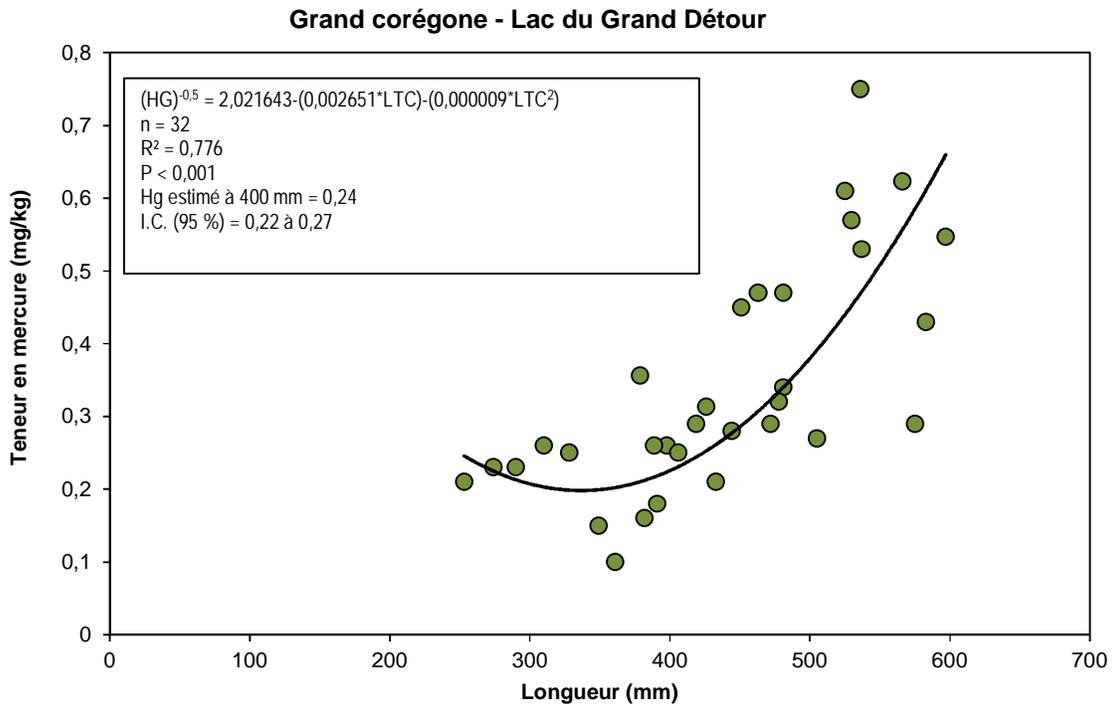


Figure H.6 – Lac du Grand Détour, grand corégone, échantillonnage de 2018

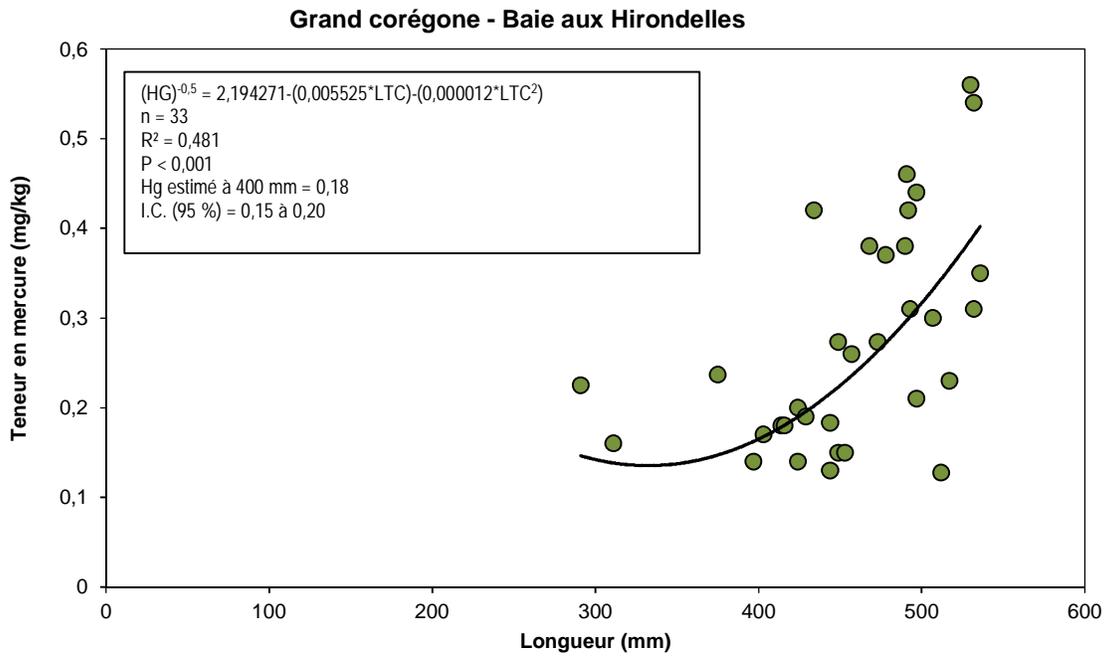


Figure H.7 – Baie aux Hirondelles, grand corégone, échantillonnage de 2018

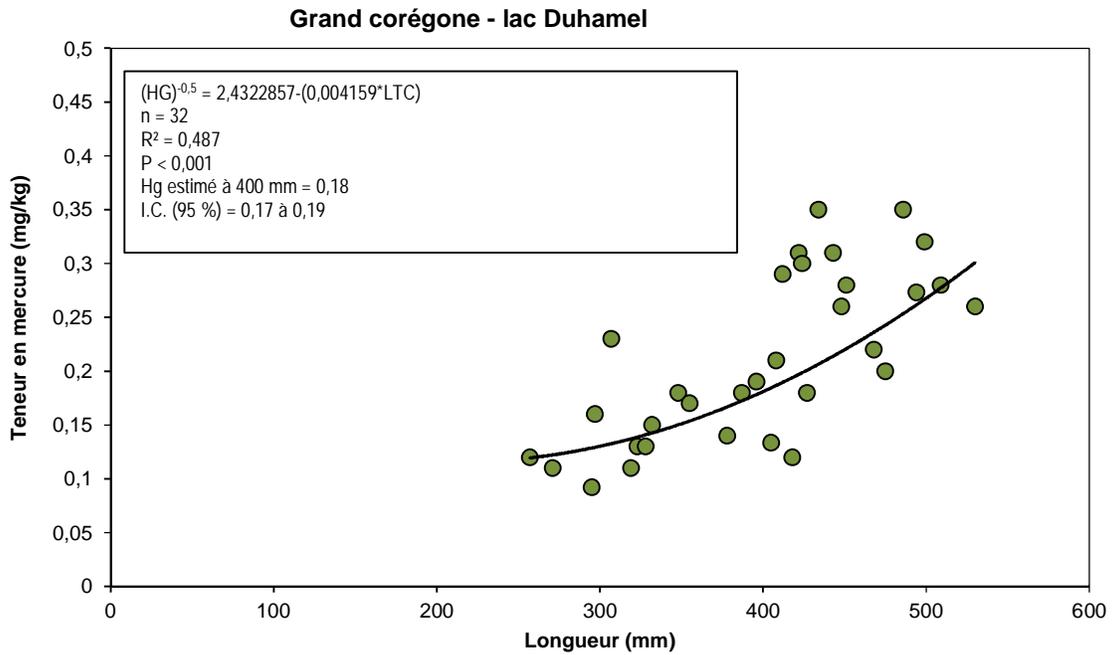


Figure H. 8 – Lac Duhamel, grand corégone, échantillonnage de 2018

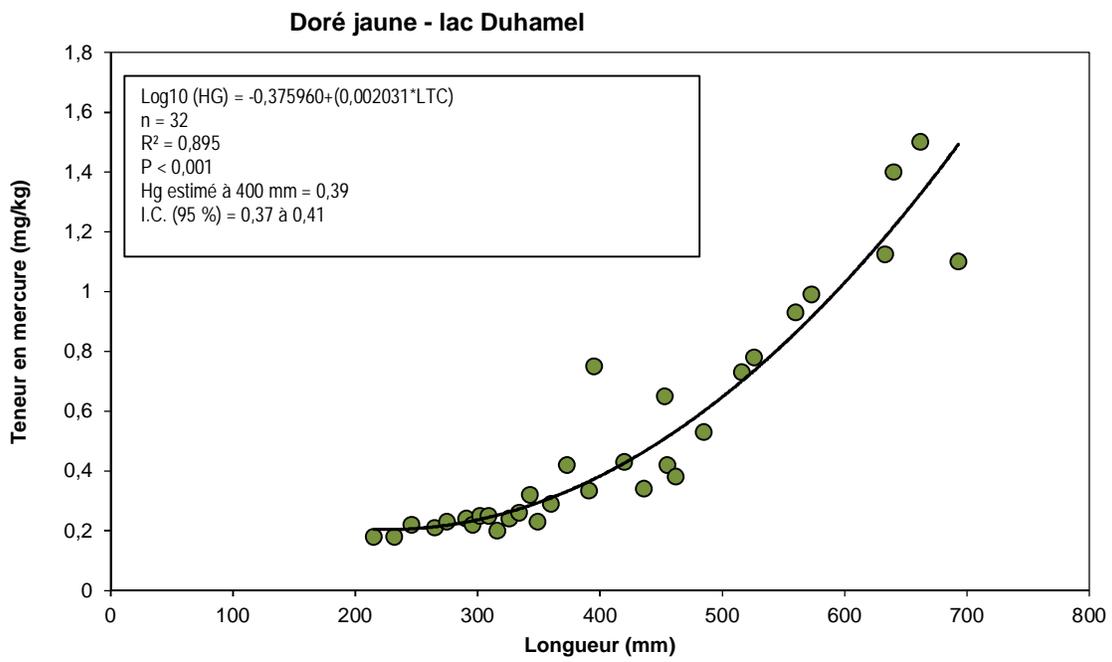


Figure H.9 – Lac Duhamel, doré jaune, échantillonnage de 2018

Annexe I Résultats des prévisions de l'étude d'avant-projet tiré du rapport d'Hydro-Québec (2000)

Annexe G

Évolution de la teneur en mercure dans la chair des poissons

Introduction

Secteur réservoir du Grand Détour

Secteur rivière Manouane en amont du lac Duhamel

Secteur lac Duhamel

Introduction

Les pages suivantes contiennent des données sur l'évolution de la teneur en mercure dans la chair des poissons pour trois secteurs liés au projet de dérivation partielle de la rivière Manouane :

- le réservoir du Grand Détour ;
- la portion à débit réduit de la rivière Manouane en amont du lac Duhamel (km 75) ; et
- et le lac Duhamel.

Dans chacune des trois sections qui suivent, on trouve un premier tableau présentant les résultats des simulations sur la teneur en mercure dans la chair des poissons, et un second tableau contenant les recommandations du *Guide de consommation du poisson de la pêche sportive en eau douce* quant à la fréquence de consommation des poissons provenant de ces secteurs.

Secteur réservoir du Grand Détour

Tableau G.1 — Résultats des simulations concernant la teneur en mercure dans la chair des poissons, réservoir du Grand Détour

Âge du réservoir	Teneur en phosphore (mg/kg)	Teneur en mercure (mg/kg)			
		Grand corégone et meunier rouge	Touladi	Grand brochet, scénario optimiste	Grand brochet, scénario pessimiste
0 an	9	0,15	0,80	0,66	0,66
1 an	19	0,31	1,01	0,84	0,84
2 ans	16	0,38	1,26	1,04	1,04
3 ans	14	0,40	1,48	1,22	1,22
4 ans	12	0,39	1,62	1,34	1,34
5 ans	11	0,36	1,70	1,40	1,62
6 ans	10	0,33	1,72	1,42	1,85
7 ans	10	0,30	1,69	1,40	2,03
8 ans	10	0,28	1,64	1,35	2,17
9 ans	9	0,25	1,56	1,29	2,27
10 ans	9	0,23	1,48	1,22	2,34
11 ans	9	0,21	1,40	1,16	2,26
12 ans	9	0,20	1,32	1,09	2,18
13 ans	9	0,19	1,24	1,03	2,10
14 ans	9	0,18	1,18	0,97	1,91
15 ans	9	0,17	1,11	0,92	1,74
16 ans	9	0,17	1,06	0,88	1,60
17 ans	9	0,16	1,02	0,84	1,39
18 ans	9	0,16	0,98	0,81	1,22
19 ans	9	0,16	0,95	0,78	1,09
20 ans	9	0,16	0,92	0,76	0,99
21 ans	9	0,15	0,90	0,74	0,92
22 ans	9	0,15	0,88	0,72	0,86
23 ans	9	0,15	0,86	0,71	0,81
24 ans	9	0,15	0,85	0,70	0,78
25 ans	9	0,15	0,84	0,69	0,75
26 ans	9	0,15	0,83	0,69	0,73
27 ans	9	0,15	0,82	0,68	0,71
28 ans	9	0,15	0,82	0,68	0,70
29 ans	9	0,15	0,82	0,67	0,69
30 ans	9	0,15	0,81	0,67	0,68

Tableau G.2 — Fréquence de consommation suggérée des poissons du réservoir du Grand Détour^a

Espèce	Teneur en mercure actuelle (mg/kg)	Nombre maximal actuel de repas par mois	Teneur en mercure maximale future (mg/kg)	Nombre maximal de repas par mois			
				Après inondation	Après 10 ans	Après 15 ans	Après 20 ans
Grand corégone et meunier rouge (400 mm)	0,15	8	0,40	8	8	8	8
Touladi (600 mm)	0,80	4	1,72	2	3	3	4
Grand brochet (700 mm) scénario optimiste	0,66	4	1,42	3	3	4	4
Grand brochet (700 mm) scénario pessimiste	0,66	4	2,34	2	2	2	4

a. Les recommandations *Guide de consommation du poisson de la pêche sportive en eau douce* s'appuient sur les données suivantes :

- une exposition tolérable de 0,47 µg de mercure par jour, par kilogramme de poids corporel ;
- une personne adulte de 60 kg de poids corporel ;
- une portion de 230 g (8 onces) de poisson par repas.

Secteur rivière Manouane en amont du lac Duhamel

Tableau G.3 — Résultats des simulations concernant la teneur en mercure dans la chair des poissons, tronçon à débit réduit de la rivière Manouane en amont du lac Duhamel (km 75)

Âge du réservoir	Teneur en mercure (mg/kg)			
	Grand corégone et meunier rouge	Touladi	Grand brochet, scénario optimiste	Grand brochet, scénario pessimiste
0 an	0,15	0,80	0,66	0,66
1 an	0,25	0,93	0,77	0,77
2 ans	0,29	1,08	0,89	0,89
3 ans	0,30	1,21	1,00	1,00
4 ans	0,29	1,29	1,07	1,07
5 ans	0,28	1,34	1,10	1,24
6 ans	0,26	1,35	1,12	1,37
7 ans	0,24	1,33	1,10	1,48
8 ans	0,23	1,30	1,07	1,57
9 ans	0,21	1,26	1,04	1,63
10 ans	0,20	1,21	1,00	1,67
11 ans	0,19	1,16	0,96	1,62
12 ans	0,18	1,11	0,92	1,57
13 ans	0,17	1,06	0,88	1,52
14 ans	0,17	1,03	0,85	1,41
15 ans	0,16	0,99	0,82	1,31
16 ans	0,16	0,96	0,79	1,22
17 ans	0,16	0,93	0,77	1,10
18 ans	0,16	0,91	0,75	1,00
19 ans	0,16	0,89	0,73	0,92
20 ans	0,16	0,87	0,72	0,86
21 ans	0,15	0,86	0,71	0,82
22 ans	0,15	0,85	0,70	0,78
23 ans	0,15	0,84	0,69	0,75
24 ans	0,15	0,83	0,68	0,73
25 ans	0,15	0,82	0,68	0,71
26 ans	0,15	0,82	0,68	0,70
27 ans	0,15	0,81	0,67	0,69
28 ans	0,15	0,81	0,67	0,68
29 ans	0,15	0,81	0,67	0,68
30 ans	0,15	0,81	0,67	0,67

Tableau G.4 — Fréquence de consommation suggérée des poissons du tronçon à débit réduit de la rivière Manouane en amont du lac Duhamel (km 75)^a

Espèce	Teneur en mercure actuelle (mg/kg)	Nombre maximal actuel de repas par mois	Teneur en mercure maximale future (mg/kg)	Nombre maximal de repas par mois			
				Après inondation	Après 10 ans	Après 15 ans	Après 20 ans
Grand corégone et meunier rouge (400 mm)	0,15	8	0,30	8	8	8	8
Touladi (600 mm)	0,80	4	1,35	3	3	4	4
Grand brochet (700 mm) scénario optimiste	0,66	4	1,12	3	4	4	4
Grand brochet (700 mm) scénario pessimiste	0,66	4	1,67	2	2	3	4

a. Les recommandations *Guide de consommation du poisson de la pêche sportive en eau douce* s'appuient sur les données suivantes :

- une exposition tolérable de 0,47 µg de mercure par jour, par kilogramme de poids corporel ;
- une personne adulte de 60 kg de poids corporel ;
- une portion de 230 g (8 onces) de poisson par repas.

Secteur lac Duhamel

Tableau G.5 — Résultats des simulations concernant la teneur en mercure dans la chair des poissons, lac Duhamel

Âge du réservoir	Teneur en mercure (mg/kg)				
	Grand corégone et meunier rouge	Touladi	Doré jaune	Grand brochet, scénario optimiste	Grand brochet, scénario pessimiste
0 an	0,15	0,80	0,86	0,66	0,66
1 an	0,17	0,83	0,89	0,69	0,69
2 ans	0,18	0,87	0,92	0,72	0,72
3 ans	0,19	0,90	0,94	0,74	0,74
4 ans	0,19	0,92	0,96	0,76	0,76
5 ans	0,18	0,94	0,97	0,77	0,80
6 ans	0,18	0,94	0,97	0,77	0,84
7 ans	0,17	0,93	0,97	0,77	0,87
8 ans	0,17	0,93	0,96	0,76	0,89
9 ans	0,17	0,91	0,95	0,75	0,90
10 ans	0,16	0,90	0,94	0,74	0,91
11 ans	0,16	0,89	0,94	0,74	0,90
12 ans	0,16	0,88	0,92	0,72	0,89
13 ans	0,16	0,87	0,92	0,72	0,88
14 ans	0,15	0,86	0,91	0,71	0,85
15 ans	0,15	0,85	0,90	0,70	0,82
16 ans	0,15	0,84	0,89	0,69	0,80
17 ans	0,15	0,83	0,89	0,69	0,77
18 ans	0,15	0,83	0,88	0,68	0,74
19 ans	0,15	0,82	0,88	0,68	0,72
20 ans	0,15	0,82	0,88	0,68	0,71
21 ans	0,15	0,82	0,87	0,67	0,70
22 ans	0,15	0,81	0,87	0,67	0,69
23 ans	0,15	0,81	0,87	0,67	0,68
24 ans	0,15	0,81	0,87	0,67	0,68
25 ans	0,15	0,81	0,86	0,66	0,67
26 ans	0,15	0,80	0,86	0,66	0,67
27 ans	0,15	0,80	0,86	0,66	0,67
28 ans	0,15	0,80	0,86	0,66	0,67
29 ans	0,15	0,80	0,86	0,66	0,66
30 ans	0,15	0,80	0,86	0,66	0,66

Tableau G.6 — Fréquence de consommation suggérée des poissons du lac Duhamel^a

Espèce	Teneur actuelle en mercure (mg/kg)	Nombre maximal actuel de repas par mois	Teneur en mercure maximale future (mg/kg)	Nombre maximal de repas par mois après inondation
Grand corégone et meunier rouge (400 mm)	0,15	8	0,19	8
Touladi (600 mm)	0,80	4	0,94	4
Doré jaune (400 mm)	0,86	4	0,97	4
Grand brochet (700 mm) scénario optimiste	0,66	4	0,77	4
Grand brochet (700 mm) scénario pessimiste	0,66	4	0,91	4

- a. Les recommandations *Guide de consommation du poisson de la pêche sportive en eau douce* s'appuient sur les données suivantes :
- une exposition tolérable de 0,47 µg de mercure par jour, par kilogramme de poids corporel ;
 - une personne adulte de 60 kg de poids corporel ;
 - une portion de 230 g (8 onces) de poisson par repas.

Péribonka constitue le principal facteur limitant pour la population de ouananiches de ce bassin hydrographique. Pour leur part, les habitats lotiques disponibles dans la partie accessible de la rivière Manouane (aires d'élevage des juvéniles) ne seraient aucunement limitants pour la ouananiche, ce qui implique qu'ils sont sous-utilisés par les juvéniles.

Par conséquent, le fait d'accroître la disponibilité des aires d'élevage — plutôt que la disponibilité des aires d'engraissement, tel qu'il est indiqué dans la question — n'entraînera pas de changement dans la capacité de production de ouananiches, puisque la superficie des aires d'engraissement, qui constitue le principal facteur limitant pour la population, va demeurer inchangée.

Mercure

QC-69 – Augmentation de la biomasse récoltable et restrictions de consommation

À la section 6.4.2.6, on fait le bilan des impacts sur les poissons et on conclut que le nombre de kg/année de grand brochet après le rehaussement du lac du Grand Détour augmentera et que l'impact global est positif. Étant donné la durée de l'impact associée à l'augmentation des teneurs en mercure dans la chair des poissons, il y a lieu de pondérer le caractère positif de cet accroissement de biomasse récoltable par le fait qu'à moyen terme des restrictions à la consommation seront appliquées.

Réponse

L'accroissement de la biomasse récoltable de grand brochet, seule espèce d'intérêt sportif dans le lac du Grand Détour, se traduira par une fréquentation potentielle accrue du futur réservoir. Le nouveau plan d'eau pourra supporter un effort de pêche nettement supérieur à celui qui est possible dans les conditions actuelles ; voir la section 7.4.2.1 du rapport d'avant-projet (page 7-57) relative aux impacts du projet sur la pêche récréative).

Par ailleurs, la diminution de la fréquence de consommation ne touchera qu'une partie des pêcheurs. Ne seront concernés que les pêcheurs qui conservent et consomment les grands brochets capturés. Les résultats de l'enquête sur la pêche sportive au Canada fournis à la section 7.4.2.1 du rapport (page 7-57) indiquent que, d'une manière générale, environ la moitié des brochets capturés sont conservés. Ces résultats montrent aussi que tous les poissons conservés ne sont pas consommés ; en effet, près de 24 % du poids total conservé n'est pas consommé. De plus, la consommation de grands brochets demeurera permise, mais on suggérera aux pêcheurs visés de la réduire de moitié (de 4 à 2 repas par mois), pour une période d'environ 13 ans ; voir la section 6.5.2.2 du rapport d'avant-projet (page 6-52).

Selon les teneurs en mercure prévues pour les différentes espèces de poissons et la période de temps écoulée depuis la mise en eau, l'application des critères du *Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce* permettrait une consommation de 2 à 8 portions de

230 g (8 onces) de poisson par mois. Cette fréquence de consommation ne seraient pas très restrictive puisque, selon une enquête menée en 1990, l'adulte québécois consomme en moyenne entre 13 et 15 g de poisson par jour (Santé Québec, 1995), ce qui correspond à 2 portions de 230 g par mois.

Les pêcheurs pourront être nettement plus nombreux à fréquenter le réservoir du Grand Détour en raison de l'accroissement de la ressource, même si certains d'entre eux ne consomment peut être pas tout le produit de leur pêche. Le réservoir n'en présentera pas moins un potentiel pour la pêche plus élevé à long terme. L'impact demeure donc positif, malgré les effets liés à l'augmentation des teneurs en mercure dans la chair des poissons au cours des années qui suivront la mise en eau.

Des études montrent que le réservoir Gouin en Mauricie a été fréquenté par les pêcheurs sportifs, même si les teneurs en mercure dans la chair des dorés jaunes et des grands brochets dépassaient la norme canadienne de 0,5 mg/kg pour la commercialisation du poisson. La teneur en mercure chez le grand brochet (de 700 mm) était de 1.20 mg/kg en 1984 (Gendron cité dans GDG Conseil, 1999).

À cette époque, on comptait onze pourvoies autour du réservoir Gouin et l'effort de pêche déployé pour la saison 1985 atteignait près de 36 000 jours-personnes (Lapointe et coll., 1986). Une enquête analogue réalisée en 1998 a permis d'estimer que l'effort de pêche a augmenté à 63 000 jours-personnes (CGRG, 1999). Plus des deux tiers de cet effort est attribuable aux clients des 24 pourvoies installées autour du réservoir. Le réservoir Gouin est un lieu de pêche recherché, principalement en raison de l'abondance de la ressource. Mentionnons qu'il est accessible par des routes forestières et se situe à plus de 200 km de la ville de La Tuque.

Pour les poissons piscivores du réservoir du Grand Détour, du lac Patrick et du tronçon à débit réduit en amont du lac Duhamel, l'augmentation des teneurs en mercure prévue est suffisante pour qu'une fréquence élevée de consommation de ces poissons provoque une exposition au mercure supérieure aux niveaux jugés sécuritaires par les organismes de santé publique. La mise en garde s'applique avec encore plus d'acuité aux femmes enceintes ou qui prévoient le devenir, et aux femmes qui allaitent, à cause du risque accru pour le fœtus.

Il a donc été recommandé, comme on l'a fait dans le cas du réservoir Robertson, de mettre en place un programme de gestion du risque à la santé en collaboration avec la Régie régionale de la santé. Ce programme comprendra le suivi de l'évolution des teneurs en mercure dans la chair des poissons et prévoit la publication d'un dépliant pour informer adéquatement la population quant à la problématique du mercure dans la chair des poissons qu'on pêche dans la région. Ce dépliant traitera des habitudes de consommation que devraient adopter les pêcheurs sportifs, surtout les femmes enceintes ou prévoyant le devenir et les femmes qui allaitent, afin d'éviter tout risque lié au mercure sans se priver des effets bénéfiques sur la santé des acides gras oméga-3 présents en grandes quantités dans les poissons.

QC-70 – Hypothèses de calcul et scénarios d'évolution de la teneur en mercure

Les tableaux G-1 et G-2 de l'annexe G présentent des résultats de simulation des teneurs en mercure dans la chair des poissons et une fréquence de consommation suggérée. On remarque, après 30 ans, un retour aux concentrations initiales dans les deux cas, mais une augmentation des teneurs beaucoup plus importante pour le scénario pessimiste. L'initiateur de projet précisera sur quelles hypothèses de calcul reposent l'élaboration des deux scénarios et quelles actions pourraient être entreprises pour que le scénario optimiste se réalise.

Réponse

Les deux scénarios de simulation correspondent à deux hypothèses relatives aux taux de transfert du mercure des poissons non piscivores aux poissons piscivores. Dans les lacs naturels, les poissons piscivores adultes, comme le grand brochet, mangent surtout des poissons non piscivores, comme le grand corégone et les meuniers (Doyon, Tremblay et Proulx, 1996). L'analyse des contenus stomacaux des poissons piscivores du réservoir Caniapiscau révèle que les grands brochets et les touladis se nourrissent surtout de corégones (Doyon, Tremblay et Proulx, 1996 ; Doyon et Schetagne, 1999). Par contre, dans les réservoirs Opinaca et Robert-Bourassa, jusqu'à 60 % du régime alimentaire des brochets peut être constitué de poissons piscivores. Puisque les teneurs en mercure augmentent à chaque niveau trophique, la consommation de poissons piscivores, que l'on pourrait qualifier de *superprédation*, a pour effet de faire augmenter considérablement les teneurs en mercure dans la chair des grands brochets.

Le modèle utilisé pour la prévision des teneurs en mercure dans la chair des poissons offre deux options de simulation. La première concerne un taux de transfert ordinaire du mercure entre les espèces non piscivores et les espèces piscivores, ce taux correspondant au cas où les poissons piscivores se nourrissent essentiellement de poissons non piscivores (sans *superprédation*). La seconde option correspond à un taux accentué de transfert entre ces deux types d'espèces, c'est-à-dire au cas où les poissons piscivores se nourrissent en grande partie de poissons piscivores (avec *superprédation*). Dans le cadre du projet Manouane, on a retenu la première option de simulation pour le touladi, car la *superprédation* est moins répandue chez cette espèce. Pour le grand brochet, l'hypothèse optimiste est fondée sur l'absence de *superprédation*, et l'hypothèse pessimiste, sur la présence de *superprédation*.

On ne peut rien faire pour que le scénario optimiste ait préséance sur le scénario pessimiste, puisqu'il s'agit de comportements alimentaires. Nous pensons que le phénomène de *superprédation* est important quand la population de grands brochets est très dominante dans un réservoir, et qu'il est moins important lorsque la niche des poissons piscivores est partagée entre plusieurs espèces. On comprendra toutefois qu'il est impossible de prédire avec certitude quel régime alimentaire vont adopter les grands brochets du réservoir du Grand Détour.

QC-71 – Exportation des teneurs en mercure

À la section 6.5.2, des estimations des teneurs en mercure dans la rivière Manouane en aval du barrage projeté et dans les tronçons à débit augmenté ont été faites. L'initiateur de projet spécifiera si l'exportation des teneurs en mercure du réservoir du Grand Détour a été prise en compte dans ces estimations.

Réponse

L'exportation des teneurs en mercure a effectivement été prise en compte dans ces estimations. Le suivi des teneurs en mercure dans la chair des poissons du complexe La Grande révèle que le mercure est exporté en aval des réservoirs (Brouard, Doyon et Schetagne, 1994). Le taux d'exportation du réservoir Robert-Bourassa au tronçon fluvial de la Grande Rivière situé en aval est particulièrement important. Les résultats du même suivi montrent cependant que l'effet additif des teneurs en mercure dans les poissons d'un réservoir à un autre est très faible. Les auteurs de l'ouvrage sont d'avis que la dilution des eaux du réservoir par les eaux des tributaires et la présence de grandes masses d'eau permettant l'utilisation ou la sédimentation du mercure, sont des facteurs qui ont une incidence sur le degré d'augmentation des teneurs en mercure en aval.

Les hypothèses d'exportation du mercure retenues pour les présentes prévisions tiennent compte de ces deux facteurs. Le tableau 11 a été utilisé pour établir le degré d'augmentation des teneurs dans les poissons des milieux récepteurs situés en aval du futur réservoir du Grand Détour, soit le tronçon à débit réduit de la rivière Manouane en amont du lac Duhamel (autour du km 75), le lac Duhamel (également à débit réduit), et le réservoir Pipmuacan (qui recevra les eaux dérivées).

Pour le tronçon à débit réduit en amont du lac Duhamel, lequel recevra un débit réservé moyen de 9,0 m³/s, 60 % de l'augmentation des teneurs en mercure prévue pour le réservoir s'ajouteront aux teneurs qu'on observe dans les conditions actuelles.

Pour le lac Duhamel, qui recevra également ce débit réservé, seulement 15 % de l'augmentation des teneurs en mercure prévue pour le réservoir s'ajouteront aux teneurs qu'on observe dans les conditions actuelles. Les valeurs qu'on ajoute aux dorés jaunes de ce lac correspondent à 15 % de l'augmentation prévue pour les grands brochets du réservoir du Grand Détour (scénario optimiste, car les dorés ne consomment pas régulièrement d'autres poissons piscivores).

Situé dans le secteur à débit augmenté en aval du réservoir du Grand Détour, le réservoir Pipmuacan recevra un débit moyen de 30,3 m³/s en provenance de ce dernier. Seulement 2 % de l'augmentation des teneurs en mercure prévue pour le réservoir du Grand Détour s'ajouteront aux teneurs qu'on observe actuellement dans le réservoir Pipmuacan (voir le tableau 11). Cette faible augmentation n'aura pas de répercussion notable sur les teneurs en mercure qu'on mesure actuellement dans la chair de ces poissons.

Pour le lac Patrick, situé entre la baie aux Hirondelles du réservoir Pipmuacan et le réservoir du Grand Détour, on prévoit que les teneurs en mercure des poissons seront égales à celles des poissons du réservoir du Grand Détour.

Tableau 11 — Calcul du taux d'exportation de mercure en aval du réservoir du Grand Détour

Paramètres	Réservoir du Grand Détour	Débit réduit		Débit augmenté
		Amont du lac Duhamel	Lac Duhamel	Réservoir Pipmuacan
Débit moyen annuel (m ³ /s)	39,3	14,7	52,4	337
Débit moyen annuel provenant du réservoir du Grand Détour (m ³ /s)	—	9,0	9,0	30,6
Proportion du débit du milieu récepteur provenant du réservoir du Grand Détour (A) (%)	—	60	15	10
Taux de renouvellement des eaux du milieu récepteur (B) (nombre de fois par année)	—	> 12	> 12	1,5
Proportion du mercure libéré en amont qui s'accumule dans les poissons du milieu récepteur (C) ^a (%)	—	100	100	20
Proportion de l'augmentation de la teneur en mercure des poissons du réservoir du Grand Détour transférée aux poissons du milieu récepteur ^b (%)	—	60	15	2

a. $A \times B$

si $B \leq 2 \rightarrow C = 20 \%$

si $2 < B \leq 5 \rightarrow C = 30 \%$

si $5 < B \leq 8 \rightarrow C = 40 \%$

si $8 < B \leq 12 \rightarrow C = 50 \%$

si $B > 12 \rightarrow C = 100 \%$

b. Valeur de A x valeur de C.

QC-72 – Mercure et maillons supérieurs de la chaîne alimentaire

Le mercure est traité ici uniquement sous l'angle de la santé humaine. L'initiateur de projet complétera les informations fournies en évaluant la problématique du mercure comme toxique pour les maillons supérieurs de la chaîne alimentaire (oiseaux de proie, mammifères piscivores, etc.)

Réponse

Poissons piscivores

En ce qui concerne les effets potentiels du mercure sur les poissons piscivores, le suivi des populations de poissons au complexe La Grande nous renseigne à ce sujet. Les résultats de ce suivi ont montré que, pour des teneurs en mercure supérieures à celles prévues pour le réservoir du Grand Détour, les populations de poissons n'ont pas souffert. Au contraire, malgré ces fortes teneurs, le recrutement des principales espèces était à la hausse, de même que leur taux de croissance et leur facteur de condition (Deslandes, Guénette et Fortin, 1994).

Oiseaux et mammifères piscivores

Rares sont les espèces qui se nourrissent exclusivement de poissons. La plupart ont un régime alimentaire varié, composé de plantes ou d'insectes ou encore de petits mammifères, de sorte que leur niveau d'exposition au mercure est faible. Parmi les espèces exclusivement piscivores, la plupart mangent des proies relativement petites, moins chargées en mercure. De plus, ces espèces étant à sang chaud, elles ont un métabolisme plus élevé que les poissons, qui leur permet d'excréter beaucoup plus rapidement le mercure.

Plusieurs espèces d'oiseaux, comme le balbuzard pêcheur, ont une capacité de déméthylation du mercure au niveau de certains organes comme le foie qui facilite l'excrétion du mercure. Enfin, la forte affinité du méthylmercure pour certains tissus, tels que les plumes chez les oiseaux et la fourrure chez les mammifères, constitue un mécanisme d'excrétion du mercure très efficace en période de croissance et de mue. Dans l'environnement naturel, le mercure ne constitue pas une menace pour ces espèces.

Par contre, à l'étape des études d'avant-projet, il faut évaluer le risque pour la faune piscivore que représentent les augmentations des teneurs en mercure prévues dans la chair des poissons. Cette évaluation doit tenir compte, des teneurs maximales qui seront atteintes, mais aussi de la distribution et la densité des populations d'espèces fauniques piscivores, ainsi que des niveaux d'exposition qui peuvent avoir des effets sur la survie des populations.

Selon les résultats des études menées au complexe La Grande, des augmentations des teneurs en mercure comme celles qu'on a mesurées au complexe La Grande (qui sont plus importantes que celles prévues pour le projet Manouane) ne mettent pas en danger les populations de balbuzards pêcheurs et de pygargues à tête blanche (Desgranges et coll., 1999 ; Laperle,

1999). Il en est de même pour les populations de visons et de loutres (Laperle, 1999 ; Laperle, Sbgheh et Messier, 1999 ; Schetagne et coll., 1999).

Les espèces d'oiseaux présentes dans la région pour lesquelles il pourrait exister un risque, si les augmentations prévues étaient équivalentes à celles observées au complexe La Grande, sont le grand harle, le harle couronné et le plongeon huart (Laperle, 1999). Dans le cas du projet Manouane, les teneurs maximales prévues sont plus faibles que celles observées au complexe La Grande de sorte que les risques apparaissent faibles, surtout si l'on considère que ces espèces consomment de petites proies.

Chez les oiseaux, l'embryon constitue le stade le plus sensible à l'exposition au méthylmercure. En période d'élevage, les jeunes sont protégés par le transfert du méthylmercure vers le plumage en développement. Quant aux adultes, la plupart des espèces piscivores sont en mesure d'éliminer le méthylmercure ou de l'évacuer vers le plumage en croissance durant les périodes de mue.

Pour les harles, la période comprise entre leur arrivée sur le territoire et la ponte serait trop courte pour qu'ils puissent être touchés par l'augmentation des teneurs en mercure des poissons prévue dans le réservoir du Grand Détour, dans le lac Patrick et dans le tronçon à débit réduit de la rivière Manouane en amont du lac Duhamel.

En ce qui concerne le plongeon huart, pour lequel cette période est plus longue, le risque lié au mercure serait plus grand. Les inventaires réalisés dans la zone à l'étude ont permis d'observer seulement deux adultes, dont un avec une couvée, dans le secteur du lac du Grand Détour et aucun dans les autres secteurs. Étant donnée cette densité et les faibles superficies où les teneurs en mercure augmenteront de façon significative, la population de plongeurs huarts de la région ne sera pas mise en danger par la réalisation du projet.

**Annexe J Résultats des prévisions révisées pour le doré jaune du lac
Duhamel tiré du rapport d'Alliance Environnement (2004)**

Tableau 5 : Préviation des teneurs en mercure des dorés jaunes du lac Duhamel suite à la réalisation du projet de dérivation

Âge du réservoir du Grand Détour (années)	Teneur en mercure total des dorés du lac Duhamel (mg/kg)
0	0,39
1	0,41
2	0,42
3	0,44
4	0,45
5	0,46
6	0,46
7	0,45
8	0,45
9	0,45
10	0,44
11	0,43
12	0,43
13	0,42
14	0,42
15	0,41
16	0,41
17	0,41
18	0,40
19	0,40
20	0,40
21	0,40
22	0,40
23	0,39
24	0,39
25	0,39



Vos idées, réalisées

À propos d'AECOM

AECOM s'affaire à bâtir pour un monde meilleur. Nous assurons la conception, la construction, le financement et l'exploitation d'infrastructures pour des gouvernements, des entreprises et des organisations dans plus de 150 pays. En tant que firme pleinement intégrée, nous conjugons connaissance et expérience, dans notre réseau mondial d'experts, pour aider les clients à relever leurs défis les plus complexes. Installations à haut rendement énergétique, collectivités et environnements résilients, nations stables et sécuritaires : nos réalisations sont transformatrices, uniques et incontournables. Classées dans la liste des entreprises du Fortune 500, les sociétés d'AECOM ont enregistré des revenus annuels d'environ 18 milliards de dollars US. Voyez comment nous concrétisons ce que d'autres ne peuvent qu'imaginer, au aecom.ca et [@AECOM](https://twitter.com/AECOM).

AECOM
2, rue Fusey
Trois-Rivières (Québec) Canada G8T 2T1
Tél. : 819 373-6820
Télec. : 819 373-7573
www.aecom.com