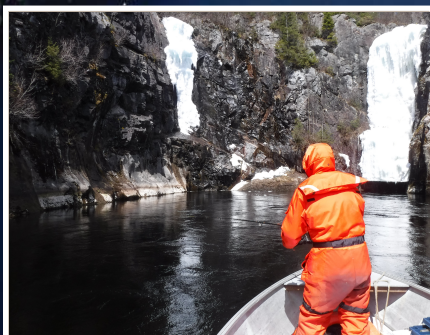


Aménagement hydroélectrique de la Péribonka

Suivi environnemental 2018 en phase exploitation




Mise en valeur du touladi



Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
Suivi environnemental 2018 en phase exploitation
Mise en valeur du touladi

Version finale

Mai 2019

Préparé par	 Valérie Tremblay, biologiste, M. Sc. Chargée de projet AECOM	27 mai 2019
Vérifié par	 Sylvain Lacasse, biologiste, M. Sc. Directeur de projet AECOM	27 mai 2019
	 Jean-Christophe Guay Conseiller environnement Hydro-Québec	27 mai 2019
	Amélie Côté Bhérier Conseillère environnement Hydro-Québec	27 mai 2019

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 :

AECOM. 2019. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Suivi environnemental 2018 en phase exploitation. Mise en valeur du touladi*. Rapport préparé pour Hydro-Québec. 107 p. et annexes.

Mots clés : Frayère, reproduction, touladi, truite grise, aménagement, suivi environnemental, atténuation, compensation, substrat, bathymétrie, utilisation, intégrité, géniteur, Péribonka, ADN environnemental

Sommaire

Référence pour fins de citation :

AECOM. 2019. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Suivi environnemental 2018 en phase exploitation. Mise en valeur du touladi*. Rapport préparé pour Hydro-Québec. 107 p. et annexes.

Résumé :

Mise en contexte

Entre les années 2004 et 2008, Hydro-Québec a construit un barrage sur la rivière Péribonka, en amont immédiat de la confluence avec la rivière Manouane. Le barrage et deux digues ont créé un réservoir de 31,6 km² qui alimente une centrale souterraine d'une puissance installée de 385 MW. Le programme de mise en valeur du touladi figure parmi les mesures de compensation du projet. À l'instar des suivis précédents, en 2018, les activités comprenaient le suivi de l'intégrité physique des frayères, de même que le suivi de leur utilisation par les géniteurs en période de reproduction. Parmi les sites à l'étude figurent les deux frayères aménagées pour le touladi (PE1654 et PE1697), de même que trois sites dont les caractéristiques en font des frayères potentielles pour l'espèce, soit la frayère aménagée pour les corégonidés (PE1870), l'épi sous-marin de l'ancien campement de l'Abitibi-Price au PK 186,6 (Épi), et le site de l'enrochement du pont qui traverse le réservoir de la Péribonka au PK 180,9 (Pont). Deux sites supplémentaires ont été visités lors du suivi de l'utilisation en période de reproduction. Il s'agit des digues A et B.

Par ailleurs, depuis 2015, l'utilisation d'une approche alternative aux pêches traditionnelles a été ajoutée au suivi environnemental pour la mise en valeur du touladi. Il s'agit de l'ADN environnemental (ADNe). Cette activité a été complétée par la prise d'échantillons d'eau avant et pendant la période de fraie à 10 sites dans le réservoir, qui, une fois prélevés et filtrés, sont analysés pour des fins d'analyses génétiques de l'ADNe.

Enfin, une campagne de pêches supplémentaires a été ajoutée au suivi en 2018 afin de documenter la présence du touladi au printemps.

Pêches printanières

Un effort de pêche supplémentaire ciblée sur le touladi a été ajouté au suivi environnemental en 2018, et ce, afin de vérifier la présence de touladis à une période non pêchée jusqu'à présent dans le réservoir. Ces pêches, conduites lors du réchauffement progressif printanier des eaux, pourraient permettre des captures de juvéniles produits naturellement dans le réservoir de la Péribonka. Le début du mois de mai est pressenti pour être la meilleure fenêtre temporelle permettant d'augmenter les probabilités de capture de cette espèce, en dehors du suivi de l'utilisation des géniteurs en période de reproduction.

Intégrité physique des frayères aménagées et potentielles

Les deux frayères aménagées pour le touladi (PE1654, PE1697) sont stables depuis la mise en eau du réservoir et leur intégrité s'est améliorée par rapport aux dernières années. À l'instar des derniers suivis (2012, 2013 et 2015), aucun affaissement supplémentaire des surfaces de fraie aménagées n'est rapporté.

La superficie de fraie disponible évaluée en 2018 pour ces deux frayères est de 973 m². Néanmoins, aucune capture de touladi n'a été effectuée sur ces frayères aménagées durant le suivi automnal. L'enrochement du pont offre, quant à lui, une superficie propice à la fraie du touladi de 3 155 m² (1 327 m² en rive droite et 1 828 m² en rive gauche). En considérant les sept sites de fraie potentiels (PE1654, PE1697, PE1870, Épi, Pont, Dignes A et B), la superficie propice à la fraie du touladi dans le réservoir de la Péribonka a totalisé 18 275 m² en 2018. Les deux nouveaux sites évalués en 2018 (dignes A et B) représentent un ajout de 5 988 m² à l'ensemble des superficies potentielles de fraie.

Utilisation des frayères aménagées et potentielles

Au total, 200 poissons appartenant à sept espèces ont été capturés lors des pêches nocturnes de suivi de l'utilisation des frayères en 2018. Parmi l'ensemble des captures, 52 sont des touladis (28 individus distincts et 24 recaptures), ce qui représente 26 % des poissons capturés. Parmi les 28 géniteurs distincts récoltés, on trouvait majoritairement des mâles, soit 25, mais également trois femelles (10,7 %). Aucune femelle n'avait été capturée (AECOM, 2016) en 2015 et en 2012. Toutes ces captures ont été réalisées sur l'enrochement du pont de la rivière Péribonka à l'exception d'un mâle capturé sur l'enrochement de la digue A. Malgré cela, aucun œuf n'a été capturé à l'aide des collecteurs d'œufs sur cette frayère (Pont). Les résultats de 2018 suggèrent aussi que les frayères aménagées pour le touladi (PE1697, PE1654), la frayère à corégonidés (PE1870), l'épi sous-marin et les digues A et B n'ont pas été utilisées comme site de reproduction par la population de touladi du réservoir de la Péribonka.

ADN environnemental

L'étude des frayères à touladi par l'analyse de l'ADN mitochondrial réalisée dans le réservoir de la Péribonka a permis d'identifier l'ADNe de cette espèce dans tous les sites. Ce résultat indique que le touladi fréquenterait différents secteurs du réservoir pendant la saison de reproduction et que son abondance permet d'identifier son ADNe en quantité détectable. Le site du pont est celui qui présente le plus de détections pendant la fraie, en particulier dans la zone de contre-courant en aval du pont où le ratio ADN nucléaire/ADN mitochondrial a été évalué. Cependant, l'échantillonnage effectué avant la fraie démontre qu'il n'y avait pas d'utilisation de ces sites à cette période (août) par le touladi, excepté à la station de la frayère à corégonidés (PE1870). Bien que faibles, la rivière au Serpent montre également des détections d'ADNe de touladi en période de fraie.

Mots clés : Frayère, reproduction, touladi, truite grise, aménagement, suivi environnemental, atténuation, compensation, substrat, bathymétrie, utilisation, intégrité, géniteur, Péribonka, ADN environnemental

Liste de distribution : Hydro-Québec

Version : Finale

Code de diffusion : Interne-externe

Date : Mai 2019

Équipe de réalisation

Hydro-Québec – Direction Environnement

Conseillère Environnement, coordination
Amélie Côté Bhérer

Conseiller Environnement, responsable scientifique
Jean-Christophe Guay

AECOM

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

Directeur de projet

Sylvain Lacasse, biologiste, M. Sc.

Chargée de projet

Valérie Tremblay, biologiste, M. Sc.

Adjoint au directeur de projet et coordonnateur régional

Sylvain Daraïche, biologiste

Chef d'équipe au terrain, analyse et traitement des données

Dominic Savard, technicien de la faune

Responsable « Santé, sécurité et environnement » (SSE)

Yannick Bergeron, technicien de la faune

Relevés de terrain

Sylvain Daraïche, biologiste

Dominic Savard, technicien de la faune

Félix-Antoine Boislard-Dumontier, technicien de la faune

Julien Rochefort-Laberge, technicien de la faune

Mathieu Pronovost, géomaticien, responsable des relevés bathymétriques

Martin Beauchesne, biologiste

Patricia Bolduc, biologiste, M. Sc.

Emmanuel Maltais, biologiste, M. Sc.

Sébastien Bouliane, technicien de la faune

Lectures d'âge et compilation des données

Manon Racine, biologiste

Cartographie

Josée Dubois, biologiste et cartographe, M. Sc.

Caroline Richard, géographe, M. Sc., contrôle de la qualité en cartographie

Édition

Michèle Gagnon, éditrice scientifique

Table des matières

Équipe de réalisation	vii
1 Introduction et mise en contexte	1
1.1 Description sommaire de l'aménagement hydroélectrique de la Péribonka	1
1.2 Engagements généraux	1
1.3 Engagement et obligations spécifiques	2
1.3.1 Exigences du gouvernement fédéral	2
1.3.2 Exigences du gouvernement provincial	6
2 Objectifs de l'étude	7
3 Zone d'étude	9
4 Historique des études antérieures	13
4.1 Aménagement des frayères (2007)	14
4.1.1 Critères d'aménagement	14
4.1.2 Sélection des sites à aménager	14
4.2 Fraie artificielle,ensemencements de juvéniles, incubation d'œufs et introduction de géniteurs	15
4.2.1 Évaluation des lacs sources potentiels	15
4.2.2 Fertilisation artificielle	15
4.2.3 Œufs incubés sur les frayères	16
4.2.4 Ensemencements de juvéniles	16
4.2.5 Introduction de géniteurs provenant des lacs sources (lacs Onistagane et Manouane)	17
4.3 Suivis de l'intégrité et de l'utilisation des frayères (2008-2015)	20
4.3.1 Qualité de l'eau, régime thermique et glace	20
4.3.2 Intégrité physique des frayères	21
4.3.3 Utilisation des frayères en période de reproduction	22
4.4 Estimation de la représentativité en 2018 des cohortesensemencées	22
5 Méthodes	25
5.1 Suivi des niveaux d'eau et des températures	25
5.1.1 Niveau d'eau du réservoir	25
5.1.2 Suivi de la température en période pré-fraie et pendant la fraie	26
5.2 Pêches printanières	27
5.3 Suivi de l'intégrité physique des frayères aménagées et de la qualité de l'habitat sur les autres sites	29
5.3.1 Relevés topographiques et bathymétriques	29
5.3.2 Conditions d'écoulement sur les frayères	31
5.3.3 Caractérisation physique des frayères par transects vidéo	32
5.4 Suivi de l'utilisation des frayères	37
5.4.1 Établissement de la période de reproduction pour le suivi	38
5.4.2 Collecteurs d'œufs	38
5.4.3 Pêches nocturnes	40
5.5 ADN environnemental (ADNe)	42
5.5.1 Contexte et utilisation	42
5.5.2 Sites d'échantillonnage	43
5.5.3 Échantillonnage d'eau et filtration	44
5.5.4 Analyses génétiques	47

6 Résultats.....	51
6.1 Conditions dans le réservoir pendant la période d'inventaire.....	51
6.1.1 Niveau d'eau.....	51
6.1.2 Suivi de la température en période pré-fraie et pendant la fraie	54
6.2 Pêches printanières.....	56
6.3 Suivi de l'intégrité physique des frayères aménagées et de la qualité de l'habitat sur les autres sites.....	58
6.3.1 Frayère aménagée pour le touladi PE1697.....	58
6.3.2 Frayère aménagée pour le touladi PE1654.....	63
6.3.3 Frayère potentielle de la digue A.....	69
6.3.4 Frayère potentielle de la digue B.....	69
6.3.5 Frayère aménagée pour les corégonidés PE1870.....	70
6.3.6 Frayère potentielle au site de l'épi.....	75
6.3.7 Frayère confirmée au site du pont de la Péribonka.....	76
6.3.8 Bilan des superficies potentiellement utilisables par le touladi.....	83
6.4 Suivi de l'utilisation des frayères	85
6.4.1 Bilan de l'effort de pêche et des captures	85
6.4.2 Captures de géniteurs au site du pont de la Péribonka.....	87
6.4.3 Collecteurs d'œufs.....	95
6.5 ADN environnemental (ADNe)	96
6.5.1 PCR quantitative (PCRq)-ADN mitochondrial	96
6.5.2 PCR quantitative (PCRq)-ADN nucléaire	98
6.5.3 Discussion	99
6.6 Constats généraux du suivi de 2018	100
7 Conclusion	101
7.1 Suivi de la fraie du touladi et de l'utilisation des frayères.....	101
7.2 Suivi de l'intégrité des frayères aménagées.....	101
7.3 ADN environnemental (ADNe)	101
7.4 Programme de mise en valeur du touladi.....	102
8 Bibliographie.....	103

Annexes

Annexe A	Estimations du stock résiduel en fonction des taux moyens de mortalité considérés
Annexe B	Annexe photographique des points de caractérisation (quadrats) pour l'évaluation de l'IQHF
Annexe C	Stades de maturité chez les poissons
Annexe D	Projet Péribonka/Manouane : Analyse d'échantillons d'ADNe (GDG Environnement, Décembre 2018)
Annexe E	Stations de pêches échantillonnées dans le réservoir de la Péribonka en 2018
Annexe F	Effort de pêche réalisé dans le réservoir de la Péribonka lors des pêches nocturnes en 2018
Annexe G	Données des touladis capturés dans le réservoir de la Péribonka en 2012, 2013, 2015 et 2018
Annexe H	Écailles et estimations de l'âge des touladis capturés dans le réservoir de la Péribonka en 2018

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Bilan des activités d'ensemencement de juvéniles et d'incubation d'œufs sur les frayères (tiré d'Environnement Illimité, 2013a sauf pour 2014, données de Salmothem) et âge des différentes cohortes en 2018.....	17
Tableau 2 :	Bilan des activités d'introduction de géniteurs provenant de deux lacs sources (lac Onistagane, lac Manouane) entre 2007 et 2010 (tiré d'Environnement Illimité, 2009a; 2012).....	18
Tableau 3 :	Évolution des superficies de frayères aménagées ou potentielles disponibles pour la reproduction du touladi dans le réservoir de la Péribonka.....	21
Tableau 4 :	Taux de mortalité moyens utilisés en fonction des cohortes (variations de ± 10 et ± 25 %).....	23
Tableau 5 :	Nombre de transects vidéo réalisés à chacun des sites étudiés en 2018.....	32
Tableau 6 :	Nombre de transects vidéo inventoriés en 2018 sur le terrain et nombre de points de caractérisation (quadrats) ayant fait l'objet d'une évaluation <i>a posteriori</i> pour l'établissement de la qualité de l'habitat de fraie.....	33
Tableau 7 :	Classes granulométriques utilisées pour la description du substrat.....	34
Tableau 8 :	Indice de qualité de l'habitat de fraie pour le touladi (IQHF) et critères associés.....	35
Tableau 9 :	Nombre de collecteurs d'œufs installés à chacun des sites en 2018.....	40
Tableau 10 :	Stratégie d'inventaire pour les pêches nocturnes dans le cadre de la campagne automnale du suivi de l'utilisation des frayères par le touladi en 2018.....	41
Tableau 11 :	Calendrier de l'échantillonnage d'eau pour le volet ADNe en 2018 (avant et pendant la fraie).....	46
Tableau 12 :	Variation du niveau d'eau (m) au limnimètre de la centrale de la Péribonka entre le 1 ^{er} septembre et le 31 octobre pour les quatre dernières années de suivi du touladi (2012, 2013, 2015 et 2018).....	51
Tableau 13 :	Variation de la température moyenne journalière de l'eau pendant le suivi de l'utilisation des frayères entre le 3 et le 15 octobre 2018 pour les trois sites avec thermographes (PE1870, PE1654, Digue A), et au site du pont de la Péribonka (sonde satellitaire).....	55
Tableau 14 :	Résultats des captures par station de pêche (engin) lors des pêches printanières conduites entre le 16 et le 18 mai 2018.....	57
Tableau 15 :	Évolution des superficies de frayères aménagées ou potentielles disponibles pour la reproduction du touladi dans le réservoir de la Péribonka.....	84
Tableau 16 :	Effort de pêche et nombre de captures par espèce aux sites de frayères potentielles et confirmées suivies en octobre 2018.....	86
Tableau 17 :	Taille des géniteurs de touladi capturés et recapturés au pont de la Péribonka en période de reproduction entre 2012 et 2018.....	92

Liste des cartes

Carte 1 :	Situation du projet.....	3
Carte 2 :	Frayères aménagées et potentielles pour le touladi et stations de pêche printanières.....	11
Carte 3 :	Suivi de l'intégrité physique, de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère aménagée PE1697 par le touladi.....	59
Carte 4 :	Suivi de l'intégrité physique, de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère aménagée PE1654 par le touladi.....	65
Carte 5 :	Différences d'élévation entre 2015 et 2018 pour les frayères aménagées (PE1697 et PE1654).....	67
Carte 6 :	Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation sur la frayère potentielle à la digue A par le touladi.....	71
Carte 7 :	Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation sur la frayère potentielle à la digue B par le touladi.....	73
Carte 8 :	Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère aménagée PE1870 par le touladi.....	77

Carte 9 :	Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère potentielle de l'épi d'Abitibi-Price par le touladi.....	79
Carte 10 :	Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère confirmée du pont de la Péribonka par le touladi.....	81

Liste des figures

Figure 1 :	Distribution des classes de taille (mm) des géniteurs introduits en 2007 et 2010	19
Figure 2 :	Estimations des cohortes de juvéniles ensemencées résiduelles en 2018, en fonction de taux moyens de mortalité (variations de $\pm 10\%$ et $\pm 25\%$).....	24
Figure 3 :	Niveau d'eau journalier moyen mesuré à la centrale de la Péribonka pour la période comprise entre le 1 ^{er} septembre et le 31 octobre, pour les quatre dernières années de suivi de la mise en valeur du touladi (2012, 2013, 2015 et 2018).....	52
Figure 4 :	Niveau d'eau journalier moyen mesuré à la centrale de la Péribonka, depuis la mise en eau du réservoir, pour la période comprise entre le 1 ^{er} septembre et le 31 mai (2008-2018).....	53
Figure 5 :	Suivi de la température à quatre sites de frayères (Pont, Digue A, PE1654, PE1870) entre le 20 septembre et le 15 octobre 2018	54
Figure 6 :	Géniteurs de touladi capturés lors du suivi de l'utilisation des frayères en 2012, 2013, 2015 et 2018 au pont de la Péribonka, à la digue A (n = 1 en 2018) et à l'épi (n = 1 en 2013). Comprend les recaptures, sauf celles multiples pour un individu recapturé le même soir (n=2 en 2015).....	89
Figure 7 :	Distribution des classes de taille (mm) des géniteurs de touladi capturés en 2012, 2013, 2015 et 2018. Toutes les captures ont été faites au pont de la Péribonka, à l'exception de deux spécimens (n = 1 en 2013 à l'épi; n = 1 en 2018 à la digue A)	91
Figure 8 :	Relation âge-longueur des géniteurs provenant des lacs sources (otolithes) et des géniteurs capturés en 2018 au réservoir Péribonka (écailles).....	93
Figure 9 :	Évolution de la croissance des géniteurs capturés à deux reprises ou plus dans les lacs sources et dans le réservoir Péribonka. Les années de capture des individus sont indiquées dans la légende.	94
Figure 10 :	Cumul du nombre de copies de gènes par litre d'eau prélevé (incluant le contre-courant au pont de la Péribonka).....	97
Figure 11 :	Évolution temporelle du ratio ADN nu/ADN mt au site du pont (contre-courant)	99

Liste des photos

Photo 1 :	Installation de la sonde satellite, en rive gauche à l'aval du pont de la Péribonka (20 septembre 2018).....	27
Photo 2 :	Pêche au filet maillant, monté à 25 %, mai 2018	28
Photo 3 :	Pêche à la ligne, mai 2018.....	28
Photo 4 :	Nettoyage des débris ligneux à la frayère PE1654	37
Photo 5 :	Nettoyage du substrat en profondeur avec un jet d'eau à la frayère PE1697.....	37
Photo 6 :	Collecteur d'œufs artisanal fabriqué par AECOM	39
Photo 7 :	Collecteur d'œufs installé à la frayère PE1697	39
Photo 8 :	Site de la station témoin dans le cadre du volet ADNe	43
Photo 9 :	Échantillonnage d'eau avec une bouteille Alpha de 2,2 L	47
Photo 10 :	Filtration au laboratoire de terrain	47
Photo 11 :	Touladi adulte capturé lors des pêches printanières près du pont de la Péribonka (étiquette spaghetti # 1985 Kaweshekami rouge), mai 2018	56
Photo 12 :	Remise à l'eau du touladi marqué, mai 2018.....	56
Photo 13 :	Talus en érosion 2018 (PE1697)	61
Photo 14 :	Talus en érosion 2018 (PE1697)	61
Photo 15 :	Talus en érosion 2018 (PE1697)	61
Photo 16 :	Talus en érosion 2013 (tirée d'Environnement Illimité, 2014a).....	61

Photo 17 :	Talus en érosion 2015 (AECOM 2016).....	61
Photo 18 :	Talus en érosion 2015 (AECOM 2016).....	61
Photo 19 :	Rétrécissement du talus à la frayère aménagée PE1697, septembre 2018.....	62
Photo 20 :	Mesure d'un géniteur de touladi.....	88
Photo 21 :	Prélèvement d'écailles sur un géniteur de touladi.....	88
Photo 22 :	Mâle capturé au site de la digue A (10 octobre 2018)	90
Photo 23 :	Exemples d'œuf de touladi prélevés et mesurés sur une femelle au site du pont de la Péribonka en 2018	95
Photo 24 :	Station du contre-courant au pont de la Péribonka (échantillon composite).....	98

1 Introduction et mise en contexte

1.1 Description sommaire de l'aménagement hydroélectrique de la Péribonka

Hydro-Québec a construit un aménagement hydroélectrique sur la rivière Péribonka, en amont immédiat de la confluence avec la rivière Manouane (carte 1). Un réservoir d'une superficie de 31,6 km² a été créé, alimentant une centrale souterraine d'une puissance installée de 385 MW. Le débit d'équipement est de 630 m³/s, le débit moyen annuel de 438 m³/s et la hauteur de chute maximale de 69,6 m. Le niveau maximal d'exploitation du réservoir en conditions normales est de 244,2 m (Hydro-Québec, 2003). Un marnage maximal de 1,5 m est prévu entre la ponte des œufs de touladi (*Salvelinus namaycush*) à l'automne et l'émergence des larves au printemps suivant (Hydro-Québec, 2003).

La centrale de la Péribonka est exploitée au fil de l'eau et sa production est arrimée à celle de la centrale de la Chute-des-Passes de la compagnie Rio Tinto Alcan.

L'aménagement comprend les ouvrages suivants (voir carte 2) :

- un barrage de 80 m de hauteur au point kilométrique (PK) 151,8 de la rivière Péribonka et deux digues de fermeture (digués A et B);
- un évacuateur de crues d'une capacité maximale de l'ordre de 5 300 m³/s;
- un accès routier permanent de plus de 20 kilomètres de longueur qui rejoint le chemin de la Chute-des-Passes au kilomètre 77,6.

Le projet a fait l'objet d'une étude d'impact (Hydro-Québec, 2003) et a reçu les autorisations nécessaires à sa réalisation du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP, 2004) et de Pêches et Océans Canada (MPO, 2004a). La construction des ouvrages a été amorcée au printemps 2004, le remplissage du réservoir a débuté en septembre 2007 et la centrale est pleinement opérationnelle depuis le printemps 2008.

1.2 Engagements généraux

La réalisation du projet d'aménagement hydroélectrique de la Péribonka est soumise au respect de nombreux engagements et conditions dont plusieurs concernent la protection de l'environnement et le suivi environnemental. Le gouvernement du Québec a autorisé le projet en vertu du décret 256-2004. L'approbation du gouvernement du Canada autorisant l'entreprise à effectuer les travaux a été transmise en avril 2004. Les autorisations du ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) comprennent l'autorisation de modifier l'habitat du poisson en vertu du paragraphe 35(2) de la *Loi sur les pêches*.

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 pouvoirs publics 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, 2003), un programme de suivi environnemental (Hydro-Québec,

2004) destiné à décrire les divers éléments devant faire l'objet d'un suivi après la mise en service de la centrale de la Péribonka.

1.3 Engagement et obligations spécifiques

Plusieurs activités du programme de suivi environnemental concernent les communautés de poissons. La mise en valeur du touladi s'inscrit dans le cadre des mesures d'atténuation et de compensation du projet. Ces mesures s'appuient sur des engagements pris par Hydro-Québec lors de l'étude d'avant-projet (Gendron et Burton, 2003; Hydro-Québec, 2003) et qui sont inclus dans le décret provincial (Décret 256-2004; MDDEP, 2004) et dans l'autorisation du MPO (2004a).

1.3.1 Exigences du gouvernement fédéral

La présente étude concerne les exigences et conditions gouvernementales établies par le MPO (autorisation 2004-006 mod. 2013) dans le cadre du programme de compensation du projet, plus particulièrement celles de la condition 5.1.8. :

Condition 5.1.8 : Implantation d'une population autonome de touladi dans le réservoir

Cette condition vise à implanter une population autonome de touladi dans le réservoir projeté. Pour ce faire, le promoteur devra aménager des habitats de fraie, ensemercer des œufs directement sur les frayères aménagées ainsi que procéder à la réalisation de toute autre intervention susceptible de favoriser la colonisation du réservoir et de permettre l'établissement d'une population qui se reproduit naturellement dans le plan d'eau. L'ensemencement des œufs sur les frayères devra être effectué chaque année pendant une durée minimale de 5 ans. Le MPO recommande d'utiliser des produits sexuels issus de touladi du bassin hydrographique de la rivière Péribonka.

Cet élément du projet de compensation comporte **trois volets** qui comprennent chacun des objectifs à atteindre selon un suivi bien défini.

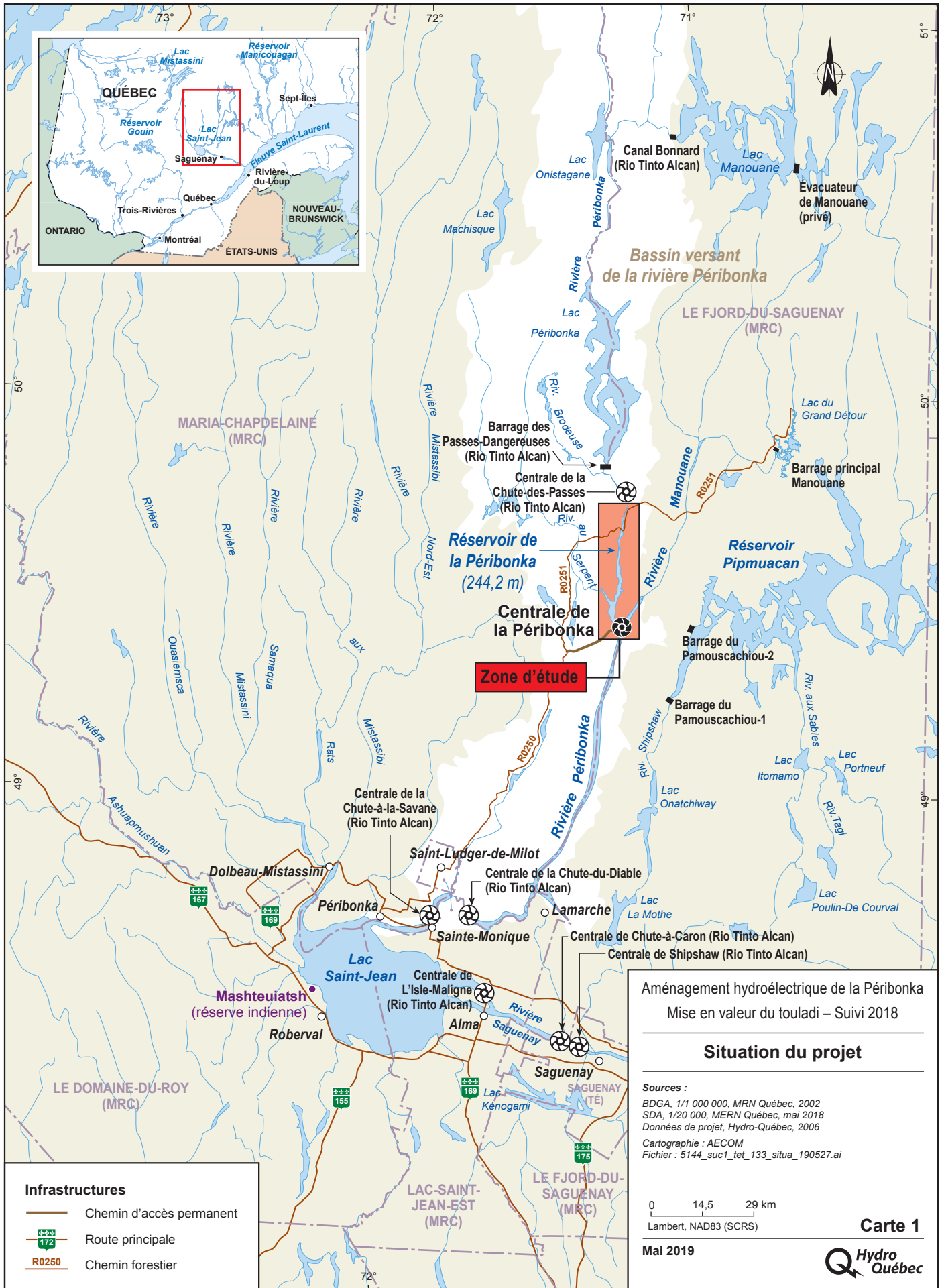
Volet 1 :

Le premier volet vise à introduire le touladi dans le réservoir par l'ensemencement d'œufs sur les frayères aménagées afin de produire des individus aptes à se reproduire naturellement dans le réservoir. **Ce premier volet est entièrement complété.**

Le suivi à mettre en place pour le volet 1 se divise en trois types d'activités :

Volet 1a : Suivi de l'intégrité des frayères aménagées

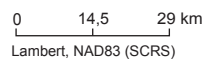
- Le suivi de l'intégrité des frayères doit permettre de vérifier si les caractéristiques physiques des sites de fraie créés sont demeurées adéquates et stables pour la reproduction du touladi.
- Le suivi de l'intégrité des aménagements lors de ce volet doit couvrir une durée minimale de 5 ans, soit en l'an 1, 2, 3, 4 et 5 suivant la réalisation des frayères.



Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
 Mise en valeur du touladi – Suivi 2018

Situation du projet

Sources :
 BDGA, 1/1 000 000, MRN Québec, 2002
 SDA, 1/20 000, MERN Québec, mai 2018
 Données de projet, Hydro-Québec, 2006
Cartographie : AECOM
 Fichier : 5144_suc1_tet_133_situ_190527.ai



Carte 1

Mai 2019



Infrastructures

- Chemin d'accès permanent
- Route principale
- R0250 Chemin forestier

Volet 1b : Suivi des caractéristiques physiques du réservoir

- Le suivi des caractéristiques du réservoir doit être effectué en lien avec les besoins du touladi.
- Ce suivi doit être réalisé pour un minimum de 3 ans, soit en l'an 3 et 5 suivant la création du réservoir.

Volet 1c : Suivi de l'incubation des œufs sur les frayères aménagées

- Cet élément du suivi consiste à déterminer le succès d'incubation des œufs de touladi sur les frayères aménagées afin de vérifier si un recrutement satisfaisant est induit dans le réservoir.
- Le suivi du succès d'incubation des œufs doit être effectué chaque année de l'ensemble de la période où des ensemencements d'œufs sont effectués, soit une durée minimale de 5 ans.

Les activités de suivi associées au volet 1 sont entièrement complétées.

Volet 2 :

Le second volet vise à vérifier si la population de touladi introduite dans le réservoir se reproduit naturellement. Les objectifs suivants du second volet doivent être atteints :

- Les caractéristiques et conditions des frayères aménagées (substrat, profondeur, pente, couvert de glace, action des vagues, présence de secteurs profonds à proximité des sites de fraie, etc.) doivent demeurer adéquates et stables pour la reproduction du touladi.
- Le touladi doit se reproduire naturellement dans le réservoir.

Pour ce faire, le suivi se divise en deux types d'activités :

Volet 2a : Suivi de l'intégrité des frayères aménagées

- Le suivi de l'intégrité des frayères lors de ce volet doit permettre de vérifier si les caractéristiques physiques (substrat, profondeur, pente, action des vagues, présence de zones profondes à proximité des sites de fraie, etc.) des sites de fraie créés sont demeurées adéquates pour la reproduction du touladi. L'état général de chacun des aménagements est documenté et commenté. Les commentaires présentés au rapport portant, par exemple, sur la stabilité, les superficies utilisables, les signes et les évidences d'instabilité, d'érosion, d'ensablement, de colonisation par la végétation, etc., sont accompagnés de photos couvrant l'ensemble des aménagements et d'une analyse de l'état des aménagements et des correctifs à apporter, le cas échéant. Une attention particulière est portée sur la sédimentation des frayères ainsi que sur la profondeur des aménagements en fonction du marnage du réservoir.
- Le suivi de l'intégrité des aménagements lors de ce volet doit être effectué pour une durée minimale de 5 ans, soit à l'an 1, 3 et 5 suivant l'atteinte du dernier objectif du volet 1 portant sur la production d'individus aptes à se reproduire naturellement dans le réservoir.

Volet 2b : Suivi de l'utilisation des aménagements :

- Les éléments à vérifier comprennent, sans s'y limiter et selon le cas, une évaluation de la présence d'adultes ou d'œufs sur les sites de fraie pendant la période de reproduction de l'espèce.
- Le suivi de l'utilisation des aménagements doit être effectué pour une durée minimale de 5 ans, soit à l'an 1, 3 et 5 suivant l'atteinte du dernier objectif du volet 1 portant sur la période où des ensemencements d'œufs seront effectués.

Volet 3 :

Le troisième volet vise à vérifier que la population de touladi implantée se maintient de façon autonome dans le réservoir. L'objectif suivant doit être atteint :

- La population de touladi doit se développer de façon autonome dans le réservoir.

Pour ce faire, le suivi prévu est le suivant :

Volet 3 : Suivi de l'implantation d'une population autonome de touladi dans le réservoir :

- Cet élément du suivi consiste à évaluer la dynamique de la population de touladi dans le réservoir (croissance, structure en taille, âge à la maturité sexuelle, etc.) afin de vérifier, d'une part, si l'incubation artificielle sur les frayères aménagées permet de produire des individus aptes à se reproduire naturellement et, d'autre part, si la population de touladi se maintient de façon autonome dans le réservoir.
- Le suivi de la dynamique de la population de touladi lors de ce volet doit être effectué pour une durée minimale de 5 ans, soit à l'an 6, 8 et 11 suivant la première année d'incubation.

Les inventaires conduits en 2018 dans le cadre du présent mandat concernaient **la troisième année du suivi du deuxième volet** du programme de mise en valeur du touladi. Les activités du volet 3 du programme sont principalement réalisées dans le cadre du suivi de la dynamique des populations de poissons dans le réservoir qui fait l'objet d'un autre rapport d'étude (AECOM, 2019).

1.3.2 Exigences du gouvernement provincial

Les exigences du présent mandat liées aux conditions établies par le gouvernement du Québec (Décret 256-2004; MDDEP, 2004) sont les suivantes :

Condition 5 : Suivi environnemental de la population de touladi du réservoir :

« Qu'Hydro-Québec suive l'évolution de la population de touladi du réservoir pendant les six premières années d'implantation de l'espèce, soit de 2008 à 2014. L'initiateur reprendra le programme dans son intégralité en 2016 et 2018. Par la suite, Hydro-Québec procédera à deux campagnes supplémentaires pour s'assurer de la pérennité de la population de touladi dans le réservoir ».

2 Objectifs de l'étude

Comme mentionné à la section 1.3.1, le présent rapport concerne plus particulièrement le second volet du programme de mise en valeur du touladi, qui vise à vérifier si la population de touladi introduite dans le réservoir se reproduit naturellement.

Pour ce faire et à l'instar des suivis environnementaux de 2013 et 2015, les objectifs spécifiques établis pour le suivi de 2018 sont les suivants :

1) Suivi de l'intégrité des frayères aménagées pour le touladi et des autres frayères potentielles :

- Évaluation des caractéristiques physiques et de la qualité des sites de fraie afin de vérifier si les caractéristiques sont toujours adéquates pour la reproduction du touladi : bathymétrie (profondeur, pente), substrat, action des vagues, présence de zones profondes à proximité des sites de fraie, etc.
- Évaluation de l'état général de chacun des aménagements : superficies utilisables, superficies exondées, signes et évidences de sédimentation, stabilité ou instabilité, érosion, ensablement, colonisation par la végétation, etc., afin de vérifier si les frayères sont demeurées stables depuis leur aménagement. Si requise, une analyse de l'état des aménagements et des éventuels correctifs à apporter sera effectuée.

2) Suivi de l'utilisation des frayères aménagées pour le touladi et des autres frayères potentielles :

- Évaluation de la présence d'adultes ou d'œufs sur les sites de fraie pendant la période de reproduction de l'espèce.

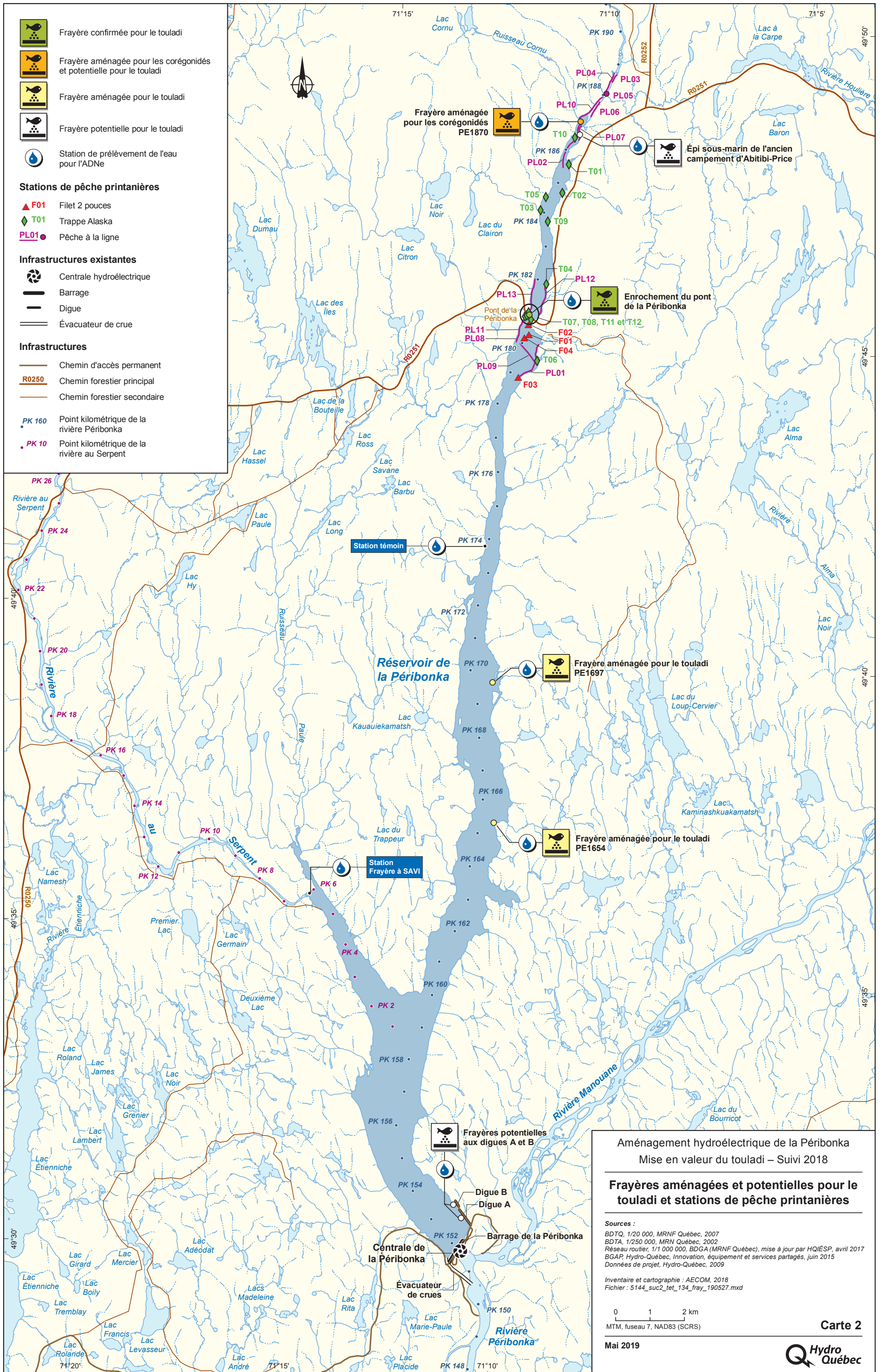
Un objectif supplémentaire a été ajouté depuis 2015 dans le cadre du suivi de la mise en valeur du touladi. Il s'agit de valider l'utilisation de l'approche de génétique environnementale comme méthode complémentaire pour documenter la présence du touladi sur les frayères potentielles et aménagées. En 2015, ce volet d'étude complémentaire a permis de vérifier la faisabilité de cette nouvelle méthode en détectant la présence de l'ADN environnemental (ADNe), plus précisément l'ADN mitochondrial du touladi dans des échantillons d'eau récoltés sur les sites de fraie avant et pendant la période de reproduction de cette espèce. Afin d'améliorer les résultats et/ou les conclusions pouvant être tirés de l'ADNe, un volet additionnel portant sur l'ADNe nucléaire et mitochondrial (ratio nu/mt) a été ajouté en 2018 au pont de la Péribonka. Les résultats obtenus avec cette approche de génétique environnementale seront ensuite comparés avec ceux obtenus par les autres méthodes de suivi, soit le suivi de l'utilisation des frayères par la capture de géniteurs et l'installation de collecteurs d'œufs.

3 Zone d'étude

De façon générale, la zone d'étude élargie couvre le réservoir de la Péribonka. En 2018, deux sites potentiels de fraie supplémentaires ont été visités par rapport aux suivis précédents, soit les digues A et B. Au total, sept sites ont donc été suivis dans le cadre du programme de mise en valeur du touladi. Ces sites sont :

- Deux frayères spécifiquement aménagées pour le touladi, soit les frayères aménagées aux PK 165,4 (PE1654) et 169,7 (PE1697);
- Quatre frayères potentiellement utilisables par le touladi, soit la frayère aménagée pour les corégonidés au PK 187 (PE1870), l'épi sous-marin de l'ancien campement d'Abitibi-Price (PK 186,6) et les digues A et B à proximité du barrage Péribonka;
- La frayère confirmée au niveau de l'enrochement du pont de la Péribonka (PK 180,9).

La carte 2 localise ces sept sites de fraie échantillonnés en 2018 dans le réservoir de la Péribonka ainsi que les sites d'échantillonnage d'ADNe.



Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
 Mise en valeur du touladi – Suivi 2018

Frayères aménagées et potentielles pour le touladi et stations de pêche printanières

Sources :
 BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
 BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
 Réseau routier, 1/1 000 000, BDGA (MRNF Québec), mise à jour par HQIESP, avril 2017
 BGAP, Hydro-Québec, Innovation, équipement et services partagés, juin 2015
 Données de projet, Hydro-Québec, 2009

Inventaire et cartographie : AECOM, 2018
 Fichier : 5144_suc2_tet_134_fray_190527.mxd

0 1 2 km
 MTM, fuseau 7, NAD83 (SCRS)

4 Historique des études antérieures

Pour compenser la perte probable de production liée à l'omble de fontaine et à la ouananiche à la suite de la création du réservoir, il a été suggéré d'implanter une population de touladi dans le réservoir projeté, puisque ce dernier présentera des caractéristiques propices à l'établissement de cette espèce, soit des zones de profondeur élevée, la présence de proies, et un faible marnage (Gendron et Burton, 2003). Avant la réalisation du projet, le touladi occupait déjà plusieurs lacs du bassin hydrographique de la rivière Péribonka et cette espèce était historiquement présente dans la portion aval de la rivière Péribonka, soit au lac Tchitogama (Burton et Gendron, 2005).

Les engagements d'Hydro-Québec à l'égard de l'implantation d'une population autonome de touladi dans le réservoir ont mené à la réalisation de plusieurs activités, dont certaines sont toujours en cours :

Avant la mise en eau du réservoir :

- l'évaluation du potentiel des lacs à touladi de la région en termes de productivité en prévision du prélèvement (œufs, géniteurs) pour l'implantation dans le réservoir (2004-2005);
- la capture d'un pool de géniteurs (2005-2007) dans des lacs sources (lacs Manouane et Onistagane) pour expérimenter la fraie artificielle en milieu naturel, constituer un stock en pisciculture (fraie artificielle) et expérimenter le développement d'œufs en boîtes d'incubation *in situ*;
- le développement d'œufs en pisciculture (2005-2014) pour la production de fretins/alevins (0+) principalement et de juvéniles (1+ à 2+);
- l'aménagement de deux frayères d'une superficie de 430 m² au PK 169,7 et de 400 m² au PK 165,4 de la rivière Péribonka (été 2007).

À la suite de la mise en eau du réservoir :

- le prélèvement annuel de 100 000 œufs (2008-2012) provenant des lacs sources (lacs Manouane et Onistagane) en vue de leur déposition sur les frayères aménagées par la mise en boîte d'incubation (2008-2013);
- l'ensemencement de jeunes touladis (0+, 1+) sur les frayères aménagées pour maximiser leurs chances de survie (2007, 2008);
- le suivi du taux de survie des œufs déposés en incubateurs sur les frayères aménagées (2009-2013), incluant les conditions environnementales sur les frayères aménagées, de la ponte automnale à l'éclosion printanière;
- le prélèvement annuel de géniteurs (maximum de 200) dans les lacs sources (lacs Manouane et Onistagane) pour leur introduction dans le réservoir de la Péribonka afin d'accélérer la colonisation du milieu (2007-2010);
- la fraie artificielle en pisciculture et le dépôt d'alevins (0+) sur les deux frayères aménagées (2008-2014);
- le suivi télémétrique des géniteurs introduits (2007-2010);
- le suivi des conditions environnementales disponibles dans le réservoir, par le suivi de la qualité de l'eau (2008-2010), du régime thermique (2010-2012) et du couvert de glace (2009-2010);

- le dépôt d'œufs et de juvéniles (0+) sur les frayères connues des lacs sources (lacs Manouane et Onistagane) à titre de mesure compensatoire au prélèvement de géniteurs (2009-2012);
- le suivi de l'intégrité et de l'utilisation des frayères à la suite du remplissage du réservoir (2008-2012), puis un an (2013), trois ans (2015) et cinq ans (2017) après les premières observations d'activités de fraie. **Ce dernier suivi de 2017 a été reporté en 2018 (présent rapport).**
- le suivi de la dynamique des populations de poissons dans le réservoir (2009, 2011, 2013, 2015, 2018).

4.1 Aménagement des frayères (2007)

4.1.1 Critères d'aménagement

Les critères d'aménagement établis pour les deux frayères à touladi visaient des sites soumis à l'action des vagues (exposés), situés à proximité d'une fosse de plus de 25 m, avec une profondeur optimale de 3,0 m, pour un intervalle de profondeur acceptable variant de 0,25 à 6,0 m, et un substrat composé de blocs, galets et cailloux (100-300 mm) sur une épaisseur de 500 mm, montrant une bonne porosité et une pente supérieure à 20 % (Hydro-Québec, 2006ab).

Les cotes de conception des aménagements ont été sélectionnées en fonction des habitudes de fraie de l'espèce et des contraintes liées à la gestion du réservoir. Durant la fraie de cette espèce, soit au mois d'octobre, le réservoir devrait être à sa cote maximale, soit 244,2 m. Toutefois, un marnage de l'ordre de 1,5 m est possible durant l'hiver. Un tel abaissement entraînerait la mort des œufs ou des larves si ce dernier survenait entre la ponte (entre la fin septembre et le début octobre) et la dispersion des larves (à la suite de l'éclosion, les larves de touladi demeurent dans le substrat de la frayère jusqu'au mois de mai). Le concept de frayère proposé prend en considération cette problématique, puisque la cote maximale de la frayère est à 243,0 m (1,2 m sous le niveau maximal du réservoir) et la cote minimale de l'aménagement est à 241,5 m (2,7 m sous le niveau maximal du réservoir) (Environnement Illimité, 2008a). Les vagues poussées par les vents dominants du nord-ouest devraient se briser sur la partie haute de l'enrochement. En se brisant, ces vagues nettoieront et oxygéneront la frayère située immédiatement au pied de cet enrochement.

4.1.2 Sélection des sites à aménager

Des visites de terrain effectuées en 2005 ont permis de sélectionner 2 des 13 sites montrant des caractéristiques respectant les critères d'établissement de conditions favorables à la reproduction du touladi (exposition aux vents du nord-ouest et aux vagues, pente de 20 à 30 %, proximité d'une zone profonde, faible risque d'ensablement ou de colmatage, frayère aménagée à une profondeur de 1,0 à 3,0 m (cotes de 243,2 à 241,2 m) (Environnement Illimité, 2008a).

4.1.2.1 Frayère aménagée PE1697

Ce site correspond à une mince pointe orientée vers le sud-ouest s'avancant dans le réservoir sur une distance d'environ 400 m. Cette pointe est bien exposée aux vents dominants et la partie la plus au sud est à une cote adéquate pour y construire une frayère à touladi. L'aménagement a nécessité l'excavation d'une partie de cette pointe aux cotes adéquates et l'ajout d'un enrochement et de substrat de fraie.

4.1.2.2 Frayère aménagée PE1654

Le concept d'aménagement de la frayère à touladi au PK 165,4 est en forme d'arc de cercle, positionné en rive sur une pointe exposée au nord-ouest. La pente naturelle du terrain est d'environ 20 %.

4.1.2.3 Construction

Pour les deux sites choisis, les superficies de fraie aménagées ont respectivement été de 430 m² au PK 169,7 et de 400 m² au PK 165,4. Les frayères ont été construites en juin et juillet 2007, avant la mise en eau du réservoir qui a débuté en septembre de la même année.

4.2 Fraie artificielle, ensemencements de juvéniles, incubation d'œufs et introduction de géniteurs

Le prélèvement et l'ensemencement de 100 000 œufs par année figuraient parmi les premières activités entamées après la mise en eau du réservoir en 2007. Cette activité, d'une durée de 6 ans, devait permettre l'implantation d'une population autonome de touladi 10 ans après la mise en eau du réservoir. Afin d'augmenter les chances de succès de ce programme d'introduction du touladi, celui-ci a été bonifié afin d'y inclure un ensemencement de juvéniles élevés en pisciculture et un transfert de géniteurs provenant de lacs sources, et ce, à partir de l'automne 2007 (Burton et Tremblay, 2006; Environnement Illimité, 2007; 2008b).

4.2.1 Évaluation des lacs sources potentiels

Préalablement aux ensemencements dans le futur réservoir, le potentiel de productivité en touladi des lacs de la région a été évalué entre 2004 et 2006. Ces travaux devaient permettre de sélectionner un nombre suffisant de lacs pour permettre un prélèvement sécuritaire et raisonnable, tout en localisant les géniteurs.

Les travaux de 2005 ont permis d'identifier les lacs Onistagane et Manouane comme offrant un potentiel intéressant pour servir de sources de géniteurs de touladis pour le programme d'ensemencement du réservoir (Burton et Tremblay, 2006).

4.2.2 Fertilisation artificielle

Entre 2005 et 2011, des géniteurs ont été capturés en période de reproduction au lac Onistagane et au lac Manouane pour des fins de fraie artificielle. Un laboratoire de terrain était monté pour procéder à celle-ci. Les œufs étaient prélevés par pression abdominale et fertilisés avec la laitance de plusieurs

mâles. Une partie des œufs fertilisés a été mise en boîte d'incubation sur les frayères du réservoir de la Péribonka, mais la majorité a été transportée en pisciculture (Centre écologique du lac Saint-Jean).

Après la fraie artificielle, une partie des géniteurs capturés a été envoyée en reconditionnement en pisciculture, afin de constituer un stock de géniteurs facilement accessible pour les années subséquentes du programme.

4.2.3 Œufs incubés sur les frayères

La mise en incubation sur les frayères aménagées a débuté en 2008.

Les succès d'éclosion obtenus en 2009, 2010, 2011 et 2012 ont été estimés à 0 %, 28 %, 55 % et 18 % respectivement (Environnement Illimité, 2013a), ce qui était inférieur aux attentes. Au Québec, lors de travaux d'incubation d'œufs de touladi similaires à ceux de la présente étude, les taux de survie ont oscillé entre 19 et 99 % (Picard *et al.*, 1991; Bélanger et Gendron, 1993; Fournier et Lépine, 1998; Gendron 1998a,b).

À la suite de discussions avec Pêches et Océans Canada (MPO), il a été convenu que les œufs mis en incubation dans le réservoir à l'automne 2012 proviendraient de géniteurs F1 en stabulation à la pisciculture Salmothem (femelles et mâles issus des géniteurs sauvages en pisciculture) et de géniteurs sauvages (F0) et qu'ils seraient embryonnés. Le taux d'éclosion des œufs provenant des géniteurs F1 a été estimé à 63,4 % tandis qu'il était de 94,3 % pour les œufs de femelles sauvages. Un des facteurs principaux qui pourrait expliquer le bon succès d'éclosion observé en 2013 est l'utilisation pour la première fois d'œufs embryonnés, c'est-à-dire en partie incubés en pisciculture. Le fait que les œufs aient été mis en incubation dans le réservoir à la fin de novembre 2012, comparativement aux années précédentes (2008 à 2011) où les œufs étaient mis en incubation dans le réservoir 24 à 48 heures après leur prélèvement (fin septembre ou début octobre), pourrait aussi avoir contribué à augmenter les chances de survie des œufs (Environnement Illimité, 2014a). Le succès de l'éclosion au printemps 2013 des œufs de femelles F1 (63,4 %) est à peine moins élevé que celui obtenu par Salmothem en conditions optimales (~ 70 %). Quant au succès d'éclosion des œufs issus des femelles F0 (94,3 %), il pourrait difficilement être plus élevé.

4.2.4 Ensemencements de juvéniles

En pisciculture, l'éclosion des œufs a lieu au cours de l'hiver et les juvéniles produits poursuivent leur développement jusqu'au moment de leur ensemencement dans le réservoir (2008-2014). Les juvéniles ont été ensemencés soit après un hiver en pisciculture (0 +), à un an (1 +) ou à deux ans (2+). Les alevins avaient une longueur moyenne de 6 cm. Selon les années, les juvéniles ont été ensemencés à une ou deux périodes (printemps, automne), et ce, sur plusieurs sites (tableau 1). Les trois sites principaux d'ensemencement ont été au droit de la rampe de mise à l'eau du PK 180, et sur les deux frayères aménagées (PE1654, PE1697). Toutefois, une partie des ensemencements a été réalisée à partir d'une embarcation à plusieurs endroits jugés propices du réservoir (Environnement Illimité, 2009a; 2013a).

4.2.4.1 Bilan de l'introduction de juvéniles et d'œufs (2007 à 2014)

Un total de **675 865** juvéniles de touladi a été ensemencé dans le réservoir de la Péribonka entre 2007 et 2014. En plus de ces juvéniles (alevins et tacons) provenant de l'élevage en pisciculture, 327 213 œufs ont été implantés directement sur les frayères. De ce nombre, **84 198** œufs auraient éclos en appliquant le taux de mortalité mesuré (tableau 1) (Environnement Illimité, 2014a).

Tableau 1 : Bilan des activités d'ensemencement de juvéniles et d'incubation d'œufs sur les frayères (tiré d'Environnement Illimité, 2013a sauf pour 2014, données de Salmotherm) et âge des différentes cohortes en 2018

Année de l'ensemencement	Année de la fraie artificielle	Cohorte ensemencée ^A	Nombre de juvéniles ensemencés	Cohorte en 2018	Nombre d'œufs en incubation	Nombre estimé d'œufs éclos
Juin 2007	2006	0+	58 000	11+		
Septembre 2007	2005	1+	3 000	12+		
Mai 2008	2005	2+	3 876	12+		
	2006	1+	17 613	11+		
	2007	0+	140 967	10+		
Mai 2009	2008	0+	81 690	9+	106 169	0
Sept-Oct 2010	2009	0+	9 603	8+	37 074	10 335
Juin 2011	2010	0+	102 070	7+	11 285	6 163
Mai 2012	2011	0+	74 104	6+	100 100	19 365
Novembre 2012	2011	0+	5 016	6+		
Mai 2013	2012	0+	80 800*	5+	72 585	48 335
Mai 2014	2013	0+	99 126	4+		
Total		0+ à 2+	675 865	4+ à 12+	327 213	84 198

^A : 0+ : 5 à 7 cm de longueur (Environnement Illimité, 2014a), mais jusqu'à 7,8 cm selon les données de Salmotherm de 2014; 1+ : 16±1 cm (13,4-18,3 cm); 2+ : 26,9±1,6 cm (23,5-30,2 cm) (Environnement Illimité, 2009a).

4.2.5 Introduction de géniteurs provenant des lacs sources (lacs Onistagane et Manouane)

Entre 2007 et 2010, 499 touladis adultes ont été mis à l'eau dans le réservoir. Les géniteurs provenaient des deux lacs sources, soit le lac Onistagane et le lac Manouane. Le tableau 2 présente la provenance des géniteurs, le nombre introduit et le lieu d'ensemencement. Au total, 79 % des géniteurs ensemencés provenaient de la souche du lac Manouane et 21 % du lac Onistagane (tableau 2). Sur les 499 géniteurs, 40 % (n = 200) étaient des femelles et 60 % des mâles (Environnement Illimité, 2013a).

Tableau 2 : Bilan des activités d'introduction de géniteurs provenant de deux lacs sources (lac Onistagane, lac Manouane) entre 2007 et 2010 (tiré d'Environnement Illimité, 2009a; 2012)

Année	Provenance	Nombre	Lieu d'ensemencement
2007	Lac Onistagane	58	PK 187,5 (tête du réservoir)
	Lac Manouane	148	
2008	Lac Manouane	151	À proximité des frayères aménagées (n=60 au PK165,5 et n=86 au PK169,7) et à la mise à l'eau du PK 180 (n=5)
2009	Lac Manouane	95	À la mise à l'eau du PK 180 (n=73), à la frayère aménagée PE1654 (n=3), et à la frayère PE1697 (n=18) Un spécimen en moins bonne condition a été mis à l'eau au PK 173,7
2010	Lac Onistagane	47	À la mise à l'eau du PK 180
Total		499	

Les touladis ont été transportés en camion dans des bassins isolés et alimentés en oxygène, depuis les deux lacs sources jusqu'au site d'ensemencement. Avant le départ des lacs sources, des antibiotiques ont été injectés aux poissons. Chacun des géniteurs introduits était marqué d'une étiquette spaghetti à la nageoire dorsale (Environnement Illimité, 2008b; 2009a; 2010a; 2011). Au final, 25 % des géniteurs introduits l'ont été à partir du site de la mise à l'eau du PK 180 (tableau 2).

4.2.5.1 Structures de taille et d'âge des géniteurs ensemencés

Les données disponibles de sexe et de taille des géniteurs ensemencés n'ayant pas servi au suivi télémétrique proviennent des captures de 2007 et de 2010. La figure 1 présente la distribution des classes de taille de 99 des géniteurs (75 mâles et 24 femelles) introduits dans le réservoir de la Péribonka. La classe de taille 601-650 mm était la classe modale des géniteurs ensemencés dans le réservoir. La fréquence relative des classes 651-700 mm et 551-600 mm était également non négligeable.

Les touladis du lac Onistagane ont une taille et une masse supérieures à ceux du lac Manouane, de même pour les femelles de ces deux lacs qui ont une taille et une masse significativement plus importantes que les mâles. Les touladis capturés au lac Onistagane ont une longueur moyenne de 654 mm chez les mâles et de 733 mm chez les femelles tandis qu'au lac Manouane, la longueur moyenne des mâles est de 620 mm et celle des femelles est de 635 mm (Environnement Illimité, 2008a).

Entre 2005 et 2007, l'âge a pu être déterminé pour 86 géniteurs des lacs Onistagane et Manouane. L'âge moyen des touladis capturés sur les frayères est d'environ 12 ans, mais des géniteurs étaient présents sur les frayères dès l'âge de 6 ans. La proportion des mâles âgés de 6 ans est supérieure (20 %) à la proportion de femelles du même âge (6 %). Les femelles sont en moyenne légèrement plus âgées (moyenne de 12,8 ans) que les mâles (moyenne de 10,8 ans). L'âge maximal est estimé à 27 ans pour les femelles et à 22 ans pour les mâles (Environnement Illimité, 2008a).

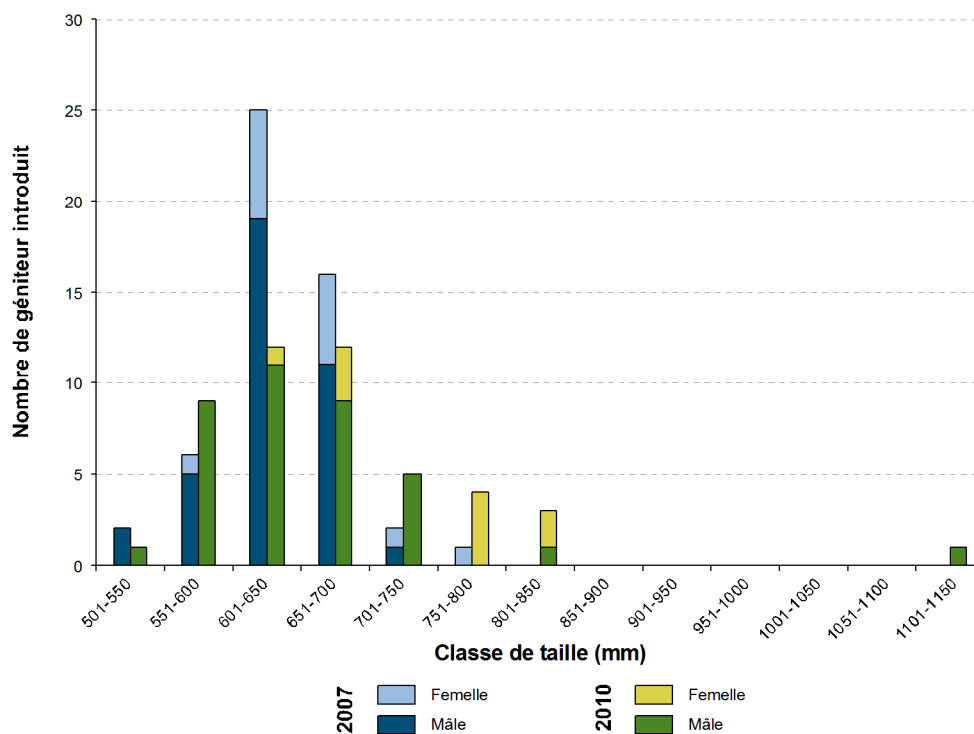


Figure 1 : Distribution des classes de taille (mm) des géniteurs introduits en 2007 et 2010

4.2.5.2 Suivi télémétrique des géniteurs (2007-2010)

Pour évaluer l'utilisation du réservoir par le touladi, un suivi télémétrique a été initié lors de l'ensemencement de géniteurs à l'automne 2007 (Environnement Illimité, 2008a). Les émetteurs utilisés produisaient des émissions en moyenne toutes les 60 secondes et la durée de vie des piles était d'environ 7,6 ans.

Entre 2007 et 2010, 81 touladis ont été munis d'un émetteur acoustique avant d'être remis à l'eau (Environnement Illimité, 2011). Parmi tous les poissons munis d'un émetteur acoustique, seulement deux (introduits à l'automne 2009) étaient encore actifs dans le réservoir à l'automne 2010. Ainsi, 61,7 % des touladis marqués ne se déplaçaient plus et étaient donc considérés morts. Ensuite, plusieurs spécimens ont ($n = 6$) ou auraient ($n = 9$) quitté la zone d'étude via l'évacuateur de crues ou la centrale. La plupart avaient été mis à l'eau à l'automne 2009. Ces poissons ont été détectés soit par le récepteur fixe situé en aval de la centrale (station VP1495) (dévalaison confirmée), soit lors d'une des campagnes de télémétrie mobile en aval de la centrale (campagnes de 2008 à 2010, dévalaison confirmée) ou à la station VP1531 (la station la plus en aval dans le réservoir) et n'ont plus été repérés dans le réservoir par la suite (dévalaison non confirmée, mais très probable). Quelques touladis marqués ($n = 6$ ou 7,4 %) ont également disparu du réservoir, probablement victimes des pêcheurs sportifs (deux cas confirmés et au moins un cas soupçonné). Il est également possible que certains de ces poissons aient été victimes de prédation ou qu'ils soient morts et que leur carcasse ait été emportée hors du réservoir par des charognards. De plus, huit individus introduits à l'automne 2007 n'ont jamais été repérés dans le réservoir. Ces touladis pourraient avoir quitté le système par l'aval entre l'automne 2007 et le printemps

2008 (alors que les récepteurs n'étaient pas tous en place) ou avoir été victimes de pêcheurs sportifs ou de prédateurs (Environnement Illimité, 2011).

Sur les 21 touladis suivis en 2010, 71 % (15 touladis) ont quitté le réservoir par l'aval. Les portions centrales du réservoir ont principalement été utilisées lors de déplacements alors que les touladis restent plus longtemps dans la portion en amont du PK 170 et à l'ouest dans l'ancien secteur de la rivière au Serpent. Malgré le fait que seulement deux touladis munis d'un émetteur soient demeurés actifs dans le réservoir pendant plus d'un an, on remarque tout de même certaines concordances dans leur schéma général d'utilisation du réservoir en fonction des saisons. Effectivement, les touladis étaient généralement beaucoup plus actifs au printemps et à l'été. Ceci semblait correspondre à une période d'exploration puisqu'ils couvraient pratiquement tout le réservoir lors de ces déplacements. L'ensemble du réservoir serait alors utilisé comme habitat d'alimentation, même si le nombre de jours-localisation était toujours plus élevé dans le secteur amont, qui semble être l'habitat de prédilection du touladi dans le réservoir.

4.2.5.2.1 Déplacements en période de reproduction

Chaque année (2007-2010), des données de distribution spatiale ont été acquises en période de reproduction du touladi. Plusieurs récepteurs télémétriques étaient installés entre les PK 153,1 et 184,9 du réservoir de la Péribonka, de même qu'à 500 m au large des deux frayères aménagées pour vérifier la fréquentation des sites. Les résultats (récepteurs fixes, télémétrie mobile) ne rapportent aucun rassemblement près des frayères en période de fraie ou encore des déplacements d'individus à proximité des frayères aménagées à l'automne. La majorité des déplacements ont eu lieu dans la première semaine suivant les ensemencements automnaux des géniteurs et font état d'une dispersion rapide (sortie du réservoir, secteur amont, secteur aval, rivière au Serpent) (Environnement Illimité, 2008a; 2009a; 2010a; 2011).

4.3 Suivis de l'intégrité et de l'utilisation des frayères (2008-2015)

4.3.1 Qualité de l'eau, régime thermique et glace

Les suivis réalisés après la mise en eau du réservoir ont démontré que depuis 2008, la qualité de l'eau et le régime thermique du réservoir sont adéquats pour le touladi et que celui-ci possède un bon volume d'habitat vital et optimal pour l'espèce (Environnement Illimité inc., 2009ab; Environnement Illimité, 2010b; Environnement Illimité, 2014b). De plus, le faible marnage et les bonnes conditions de glace permettent théoriquement un développement adéquat des œufs sur les frayères aménagées (Environnement Illimité, 2012).

4.3.2 Intégrité physique des frayères

Les caractéristiques physiques des deux frayères aménagées sont demeurées stables depuis la mise en eau du réservoir, bien qu'un léger affaissement ait eu lieu l'année suivant la construction, sans doute dû à la compaction des matériaux granulaires mis en place. Une dégradation de la qualité du substrat (colmatage, débris ligneux) a toutefois été notée lors des premières années de suivi. Les efforts de nettoyage combinés à l'effet des vagues et des courants ont fait en sorte que la qualité du substrat s'est améliorée avec le temps sur les frayères aménagées. Néanmoins, un dépôt de matière organique demeurait toujours problématique sur la frayère du PE1654 en 2013. De son côté, la frayère PE1697 montrait en 2013 un substrat de fraie adéquat sur presque toute la superficie aménagée (Environnement Illimité, 2014a). Depuis le début du suivi, trois autres sites potentiels de fraie ont également été documentés (PE1870, Épi, Pont). En 2013, le réservoir présentait une superficie d'habitat potentiel de fraie totale estimée à 7 559 m² (Environnement Illimité, 2014a). En 2015, le constat général montrait une nette amélioration de la qualité du substrat de fraie en comparaison du suivi précédent de 2013. En 2015, la superficie estimée d'habitat potentiel de fraie pour le touladi totalisait 10 957 m² sur les cinq sites inventoriés (PE1870, Épi, Pont, PE1697, PE1654) (tableau 3).

Tableau 3 : Évolution des superficies de frayères aménagées ou potentielles disponibles pour la reproduction du touladi dans le réservoir de la Péribonka

Frayère potentielle ou aménagée	Superficie construite (m ²)	Superficie disponible (m ²)		
		2012	2013	2015
<i>Frayères aménagées pour le touladi</i>				
PE1654	400	0	101	487
PE1697	430	116	488	447
<i>Frayère aménagée pour les corégonidés</i>				
PE1870 ^A	11 410 ^A	10 958 ^A	-	-
PE1870 : Zones avec vitesses < 1 m/s		2 385	2 385	5 686
A (nord)				2 933
B (centre)				1 061
C (sud)				1 692
<i>Autres frayères potentielles</i>				
Épi d'Abitibi-Price	-	954	1 988	1 222
<i>Frayère confirmée</i>				
Enrochement du pont de la Péribonka	-	470	2 600	3 115
Rive droite			1 344	1 346
Rive gauche			1 253	1 769
Total		3 925	7 759	10 957

^A : Selon les critères pour les corégonidés.

4.3.3 Utilisation des frayères en période de reproduction

Depuis que le réservoir est en eau, il n'y a pas eu d'activités de fraie sur les frayères aménagées pour le touladi. Toutefois, trois géniteurs et un œuf de touladi avaient été récoltés sur la frayère à corégonidés (PE1870) en novembre 2008, ce qui suggérait que des géniteurs introduits auraient pu frayer dans ce secteur (Environnement Illimité, 2009b). En 2012 et 2013, un nombre grandissant de géniteurs ont été capturés au pont de la Péribonka, passant de 7 en 2012 à 16 en 2013, et un géniteur a été capturé à l'épi en 2013 (Environnement Illimité, 2014a). En 2015, le nombre de géniteurs capturés au pont de la Péribonka est passé à 20 (AECOM, 2016). De plus, les résultats du suivi de la fraie en 2015 permettent de confirmer que le site de l'enrochement du pont de la Péribonka constitue une frayère utilisée par le touladi, car en plus de la concentration de géniteurs notée depuis 2012, un œuf a été récolté dans un collecteur installé en rive droite du pont. Toutefois, à l'instar des suivis précédents, la représentativité des femelles dans le stock reproducteur demeurait faible. La reproduction du touladi est donc, selon toute vraisemblance, demeurée marginale dans le réservoir en 2015 (AECOM, 2016).

Parmi les 499 géniteursensemencés entre 2007 et 2010, un faible nombre de ceux-ci seraient toujours présents dans le réservoir, notamment en raison de la mortalité associée aux transferts de géniteurs, des dévalaisons hors du système et du prélèvement non négligeable par la pêche sportive (pêche fermée à partir de 2011). Ainsi, Environnement Illimité avait rapporté que l'utilisation par le touladi des frayères aménagées PE1654 et PE1697 était peu probable avant 2012. À partir de 2012, les premiers juvénilesensemencés ont eu 6 ans (fraie de 2005) et il devrait donc y avoir, à partir de cette date, un nombre croissant de géniteurs potentiels sur les frayères puisque l'âge minimal de maturité dans les lacs sources était de 6 ans.

Par ailleurs, le touladi est une espèce connue pour ne pas se reproduire toutes les années (FFQ, 1996). Enfin, malgré le fait qu'un taux de survie annuel de 84 % soit rapporté pour le touladi ayant atteint l'âge à la maturité (MPO, 2009), il n'en demeure pas moins que le sexe ratio des géniteursensemencés était débalancé en faveur des mâles (60 mâles : 40 femelles). L'ensemble de ces facteurs a une influence sur l'utilisation des frayères.

4.4 Estimation de la représentativité en 2018 des cohortesensemencées

Comme présenté à la section 4.2.4.1, 675 865 juvéniles de touladi au total ont étéensemencés dans le réservoir de la Péribonka entre 2007 et 2014, de même que 84 198 œufs éclos implantés directement sur les frayères, pour un total de 760 063 touladis (tableau 1). Les touladis ayant étéensemencés sous forme d'œufs ou de juvéniles sont, en 2018, âgés entre 4 et 12 ans. Afin de dresser le portrait du stock résiduel en 2018, un taux de mortalité naturel moyen doit être appliqué aux données d'ensemencements afin d'établir l'abondance potentielle des différentes cohortesensemencées dans le réservoir de la Péribonka depuis 2007.

Dans la plupart des études publiées évaluant les taux de mortalité annuels, ceux-ci sont estimés pour des plans d'eau avec une pression de pêche, ou encore au sein de programmes de contrôle de la lamproie dans les grands lacs. Les estimations pour les populations inexploitées se font rares et variables. Néanmoins, selon Houston et Kelso (1990), le taux moyen de mortalité naturelle pour les populations inexploitées serait de 0,265 (0,03-0,54). Pour le lac Michigan, Stewart *et al.* (1983) ont basé leur modèle sur les valeurs rapportées par Rybicki and Kellers (1978), soit un taux annuel de 37 % de mortalité naturelle. En considérant le taux de mortalité naturelle en fonction d'une cohorte, un taux de mortalité naturelle de 0,43 a été calculé pour les cohortes 3-4 ans et de 0,27 pour les cohortes 5 à 9 ans dans les lacs Champlain et Ontario (Ellrott et Marsden, 2004). Par ailleurs, dans leur revue sur les ensemencements de touladis, Kerr et Lasenby (2001) rapportent des taux de mortalité annuels de 50 % pour les Twin Lakes au Colorado. Des taux de mortalité de 50 % sont également rapportés à la suite des ensemencements au lac Opeongo en Ontario. De fait, le taux de mortalité de juvéniles ensemencés est supérieur à celui associé aux populations naturelles (Hoyle and MacLean 1988, Hoyle 1990 cités dans Kerr et Lasenby (2001).

Les taux moyens de mortalité considérés pour des fins d'estimation du stock résiduel dans le réservoir de la Péribonka sont présentés au tableau 4. Une variation de ± 10 % avait été considérée en 2015 (AECOM, 2016) pour les estimations du stock résiduel du touladi. Une variation additionnelle de ± 25 % a été ajoutée lors de la présente étude. Les estimations détaillées sont présentées à l'annexe A.

Tableau 4 : Taux de mortalité moyens utilisés en fonction des cohortes (variations de ± 10 et ± 25 %)

Cohorte	Taux de mortalité moyen	Taux de mortalité moyen (-10 %)	Taux de mortalité moyen (+10 %)	Taux de mortalité moyen (-25 %)	Taux de mortalité moyen (+25 %)
0+ à 1+	0,54	0,49	0,59	0,405	0,675
1+ à 2+	0,485	0,44	0,53	0,36	0,61
2+ à 3+	0,43	0,39	0,47	0,32	0,54
3+ à 4+	0,43	0,39	0,47	0,32	0,54
4+ à 5+	0,32	0,33	0,41	0,28	0,46
Plus de 5+	0,27	0,24	0,30	0,20	0,34

La figure 2 présente la représentativité des cohortes (4+ à 12+) en 2018, en considérant les taux moyens de mortalité (± 10 % et ± 25 %) indiqués au tableau 4. Ainsi, lors du suivi environnemental de 2018, les estimations indiquent un stock résiduel pouvant atteindre 23 922 touladis dans le réservoir, ce qui représente 2,9 % des ensemencements. À titre indicatif, dans le cadre du dernier suivi de 2015, il restait 107 452 touladis (14,1 % des ensemencements).

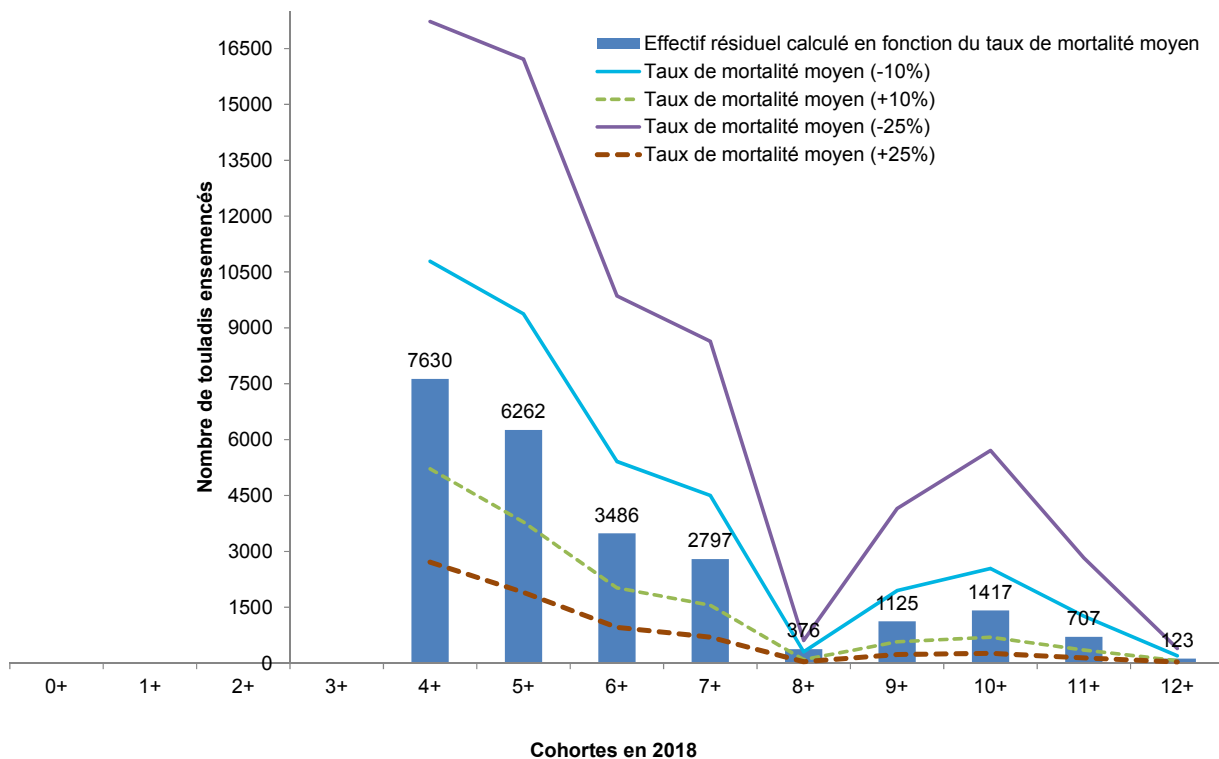


Figure 2 : Estimations des cohortes de juvéniles ensemencées résiduelles en 2018, en fonction de taux moyens de mortalité (variations de $\pm 10\%$ et $\pm 25\%$)

De ce nombre, 3 371 touladis seraient âgés d'au moins 9 ans, soit potentiellement des géniteurs en 2018. En considérant des variations du taux de mortalité de +10 % à +25 % sur le scénario de base moyen, ce nombre chuterait entre 668 (+25 % de mortalité) et 1 833 (+10 % de mortalité). Ainsi, en 2018, 14,1 % des juvéniles ensemencés seraient âgés entre 9 et 12 ans. La majorité des touladis ensemencés seraient aujourd'hui âgés entre 4 et 5 ans (58,1 %), soit des individus n'ayant pas encore atteint la maturité. De fait, celle-ci est atteinte au plus tôt à 6 ans dans les lacs sources, et ce, uniquement chez 20 % des mâles et 6 % des femelles.

Ainsi, un peu moins de 15 % du stock résiduel des juvéniles ensemencés ont le potentiel de faire partie du stock reproducteur en 2018 (cohortes 9+ à 12+). Toutefois, l'âge moyen des touladis capturés sur les frayères dans les lacs sources était de 12,8 ans pour les femelles et de 10,8 ans pour les mâles (Environnement Illimité, 2008a). Ainsi, la plus probable contribution au stock reproducteur en 2018 n'est que de 0,5 % pour la cohorte 12+, soit 123 touladis. Cet estimé varie entre 69 à 199 individus si on considère un taux de mortalité variant de $\pm 10\%$, et de 33 à 394 individus si on considère un taux de mortalité de $\pm 25\%$ (annexe A). Il s'agit donc d'un très faible nombre de géniteurs considérant la grande superficie du réservoir, soit 31,78 km² ou 3 178 ha (à la cote d'élévation de 244,2 m), soit une densité variant entre 1,04 et 12,40 géniteur/km².

5 Méthodes

Les méthodes utilisées pour le suivi environnemental 2018 ont été subdivisées pour répondre aux deux objectifs spécifiques, soit celui de l'intégrité physique et de la qualité de l'habitat, d'une part, et de l'utilisation par le touladi, d'autre part. Depuis 2015, l'utilisation des frayères par le touladi est documentée non seulement par un suivi des géniteurs, mais également par l'utilisation de collecteurs d'œufs et par l'analyse d'ADN environnementale (ADNe). Une campagne de pêches printanières ciblant la capture du touladi a également été ajoutée en 2018.

Il est à noter qu'aucun filet de dérive n'a été installé en 2018, contrairement aux suivis précédents. Cette décision a été prise sur le fait qu'aucun œuf n'a été récolté avec ce type d'engin de pêche depuis le début du programme de suivi. Le temps ainsi épargné a servi à maximiser l'échantillonnage pour l'ADNe et les pêches aux nouveaux sites plus éloignés, soit les digues A et B.

Par ailleurs, à l'instar de 2015, le suivi de l'intégrité physique des frayères aménagées PE1654 et PE1697 a comporté des activités additionnelles comparativement aux autres sites. De fait, des relevés bathymétriques détaillés y ont été conduits et les frayères ont été nettoyées à l'aide d'un jet d'eau.

Des relevés bathymétriques ont également été effectués aux deux nouveaux sites de frayère potentielle à touladi étudiés en 2018 (digues A et B).

5.1 Suivi des niveaux d'eau et des températures

5.1.1 Niveau d'eau du réservoir

Un limnimètre indiquant le niveau du réservoir est situé directement en amont de la centrale de la Péribonka, à proximité de la prise d'eau. Celui-ci mesure le niveau d'eau toutes les cinq minutes, depuis la mise en eau du réservoir, plus précisément depuis le 17 novembre 2007. Les données de niveau du réservoir peuvent être utiles afin de transposer les profondeurs notées lors des relevés à des élévations géodésiques. Néanmoins, dans le cas présent, l'élévation du repère géodésique M09KG043, situé en rive droite du réservoir à 260 m du pont de la Péribonka, a servi de référence. La présentation des données de niveau d'eau prises à la centrale sert plutôt à discuter de la gestion du réservoir, car le marnage peut avoir une incidence sur l'exondation et la sédimentation des frayères.

5.1.2 Suivi de la température en période pré-fraie et pendant la fraie

La température de l'eau est l'un des paramètres principaux agissant comme déclencheur de la période de fraie chez les poissons. Néanmoins, chez le touladi, divers paramètres ont une influence sur le déclenchement des activités de fraie (Bradbury *et al.*, 1999; Fitzsimons et Marsden, 2014; Marsden *et al.*, 2005; Fitzsimons, 1995). Deux chercheurs (J.E. Marsden et J. Fitzsimons) ont été contactés dans le cadre du projet afin d'obtenir leur opinion sur les déclencheurs de la fraie pour le touladi. Selon J. E. Marsden (University of Vermont, comm. pers. septembre 2015), le touladi débute la fraie lorsque la température de l'eau amorce sa descente sous les 12 °C. Des activités de fraie ont été rapportées à plus basse température, notamment au lac Champlain, où des géniteurs se sont reproduits à 8,2 °C. Toutefois, 96 % de la déposition en œufs avait été réalisée à une température de 9 °C (Fitzsimons and Marsden, 2014). La vitesse de la baisse des températures est également importante, de même que le stimulus engendré par la présence de tempêtes (forts vents et vagues en rives provoquant un brassage important de l'eau sur les frayères). Selon Fitzsimons et Marsden (2014), la photopériode serait cependant le principal facteur agissant sur le déclenchement de la fraie sur des frayères suivies à long terme, et ceci est d'autant plus vrai à latitude élevée, dans les régions plus nordiques. Fitzsimons a établi une relation entre la latitude et le nombre de jours après le 31 août pour la reproduction du touladi (données non publiées; $R^2=0,68$). Selon cette dernière relation et la latitude du réservoir Péribonka, la fraie devrait se produire environ 40 jours après le 31 août, soit vers le 10 octobre.

5.1.2.1 Suivi en continu au site du pont

Bien que le suivi environnemental n'avait pas pour objectif de documenter la chronologie de fraie du touladi, la température de l'eau a tout de même été suivie en continu au cours du dernier mois des inventaires réalisés en 2018. La sonde d'enregistrement de la température a été installée le 20 septembre, à 9h37, en rive gauche, en aval du pont de la Péribonka (photo 1; carte 2), soit avant le début de la période de fraie du touladi. La température de l'eau était alors de 14,9 °C. En plus de la température, la sonde possède un capteur de la profondeur d'eau. Lors de l'installation, la profondeur d'eau était de 2,07 m. Cette sonde, de la compagnie Eureka Probe, est équipée d'un module de transmission satellitaire des données de température prises en temps réel dans le réservoir, via la station HOBO SN 8388608, et d'un panneau solaire pour l'alimentation électrique. Elle a été programmée afin d'enregistrer une donnée de température ($\pm 0,1$ °C) toutes les 5 minutes, avec une transmission des données toutes les 10 minutes. Elle a été laissée en place durant toute la durée de la période de fraie du touladi et relevée le dernier jour des inventaires, soit le 15 octobre 2018 à 10 h, alors que la température de l'eau était de 10 °C. Les données ont été consultées et téléchargées par la plateforme Environet, via DataGarrison.

La transmission de données satellitaires permet d'optimiser la mobilisation des équipes au terrain en fonction des stimuli pour le déclenchement de la fraie du touladi.



Photo 1 : Installation de la sonde satellite, en rive gauche à l'aval du pont de la Pérignonka (20 septembre 2018)

5.1.2.2 Suivi en continu aux frayères aménagées et à la digue A

Trois thermographes (modèle Hobo U-12 d'Onset) ont également été installés lors de la campagne de suivi de l'intégrité physique des frayères, soit entre le 20 et le 21 septembre, en fonction des sites. Ceux-ci ont été installés sur trois frayères potentielles, soit la frayère à corégone PE1870 (partie nord du réservoir), la frayère à touladi PE1654 (partie centrale) et la digue A (partie sud). Tous les thermographes ont été installés à une profondeur d'environ 1,5 à 2,0 m. Les thermographes ont été programmés afin d'enregistrer une donnée de température ($\pm 0,1$ °C) toutes les 15 minutes. Ces thermographes ont été laissés en place durant toute la durée de la période de fraie du touladi et relevés à la fin de cette dernière, soit entre le 13 et le 15 octobre 2018. Les données acquises ont été traitées afin d'obtenir des températures moyennes journalières pour toute la période de reproduction du touladi.

5.2 Pêches printanières

Une campagne d'échantillonnage printanière a été ajoutée au suivi environnemental en 2018 afin de cibler des endroits où les touladis sont susceptibles de se concentrer en plus grand nombre au moment où la température de l'eau est encore froide, peu de temps après la fonte des glaces. Il est connu que les touladis se retrouvent près de la surface des plans d'eau peu après la disparition du couvert de glace (Scott et Crossman, 1974) et que les embouchures des tributaires présentent un attrait particulier pour les touladis qui viennent s'y alimenter au printemps. Ainsi, cette espèce est plus facilement capturable lors de cette période et la probabilité de capture d'individus juvéniles est théoriquement grandement accrue en ciblant cette période de l'année. Avec l'avancée du printemps, et à mesure que les eaux superficielles se réchauffent, les touladis se retirent vers les eaux plus fraîches, pour éventuellement se réfugier dans l'hypolimnion, sous la thermocline, durant les mois chauds de l'été. En observant les différents suivis de la température qui ont eu lieu dans le secteur du PK 187 (Environnement Illimité inc., 2011, 2012, 2013), il appert que la température moyenne de l'eau a toujours oscillé aux alentours de 2 °C à la fin avril et au début du mois de mai, pour ensuite monter à 6 °C à la fin mai. Par la suite, l'eau tend à se réchauffer rapidement de la fin mai à la mi-juin pour atteindre des températures de l'ordre de 10-12 °C.

Le secteur compris entre les PK 180 et 187 a été ciblé pour la réalisation des pêches printanières. Ce secteur comprend plusieurs zones peu profondes et quelques embouchures de tributaires qui peuvent être fréquentées par le touladi. Lors d'une sortie de terrain effectuée le 10 mai 2018 dans le cadre d'un autre mandat, il a été observé que ce secteur était libre de glace. Les pêches printanières ont donc été effectuées la semaine suivante, soit entre le 16 mai (installation des engins) et le 18 mai 2018 (dernière levée des engins).

Des engins de pêche non létaux ont été utilisés (pêche à la ligne, filets-trappes Alaska), combinés à des pêches de courte durée (filets relevés aux heures) à l'aide de filets maillants de 45,7 m de longueur, d'une hauteur de 2,4 m, avec des mailles de 5,1 cm (2") et montés à 25 % (quatre longueurs de filet pour une longueur de ralingue). Les filets-trappes Alaska ont été déployés dans des zones peu profondes ou dans des zones de confluence, soit les tributaires se jetant dans le réservoir de la Péribonka, alors que les filets maillants montés à 25 % ont été installés dans des zones plus profondes (photo 2). Finalement, la pêche à la ligne (photo 3) a été conduite en rive et aussi en zone plus profonde.



Photo 2 : Pêche au filet maillant, monté à 25 %, mai 2018

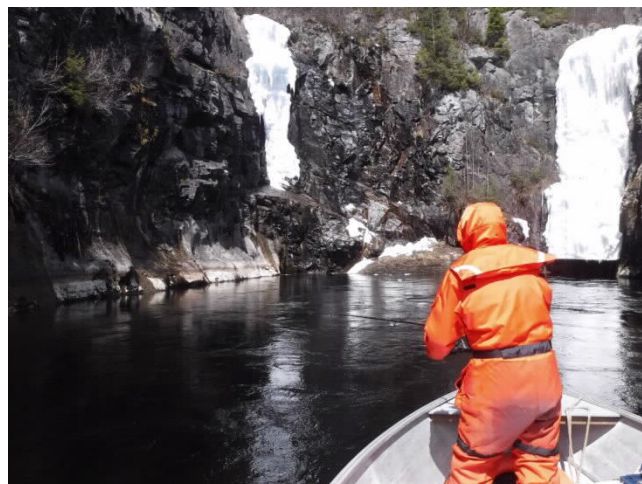


Photo 3 : Pêche à la ligne, mai 2018

Les filets-trappes Alaska étaient posés le jour, laissés en place pour la nuit et relevés le lendemain. Au total, 12 stations de filets-trappes Alaska ont été déployées dans le réservoir, pour un effort de pêche de 20 engins-jours.

Les filets maillants étaient posés le matin, visités à quelques reprises durant la journée et retirés de l'eau pour la nuit. Quatre stations de filets maillants ont été suivies dans la journée du 17 mai pour un total de 4 engins-jours.

Pour la pêche à la ligne, 13 stations (PL01 à PL13) ont été échantillonnées tout le long du secteur visé. Deux pêcheurs étaient mis à contribution à chaque station. Au total, un effort de pêche total de 15 heures et 48 minutes a été consacré à la pêche à la ligne.

La longueur et la masse de chaque poisson récolté ont été notées. La détermination du sexe, de la maturité sexuelle et le prélèvement d'écaillés devaient être effectués seulement sur les spécimens de touladi morts à la capture.

5.3 Suivi de l'intégrité physique des frayères aménagées et de la qualité de l'habitat sur les autres sites

La campagne d'inventaire pour le suivi de l'intégrité physique et de la qualité des frayères a été réalisée entre le 19 et le 24 septembre 2018. Chacune des activités a été conduite en prenant des photographies sous différents angles, de façon à bien documenter en images l'évolution des sites de fraie. Une équipe a réalisé des transects vidéo sous-marin pour documenter la qualité du substrat, alors que la deuxième équipe effectuait des relevés topographiques et bathymétriques sur les frayères à l'étude.

Le suivi de l'intégrité physique des frayères a permis de vérifier leur stabilité et la qualité des superficies de fraie potentiellement utilisables par le touladi. Pour ce faire, des données de profondeur, de substrat et de pente ont été prises le long de transects d'inventaire. Des observations générales sur l'état de la frayère ont été réalisées afin de détecter des signes de détérioration ou d'instabilité tels que des zones d'érosion, d'accumulation de débris ligneux, ou encore de colmatage du substrat. Les données acquises ont ensuite été analysées en fonction des critères de préférence du touladi pour la fraie en établissant des valeurs d'indice de qualité de l'habitat de fraie (IQHF).

5.3.1 Relevés topographiques et bathymétriques

5.3.1.1 Méthode d'inventaire sur le terrain

Les relevés bathymétriques ont été effectués en embarcation par une équipe de deux personnes. Ces relevés ont été effectués à l'aide d'un système DGPS (précision X, Y et Z < 0,03 m) en mode cinématique (RTK) de modèle Trimble™ R8. La bathymétrie a été faite en combinant le DGPS-RTK à un échosondeur de marque Valeport (Midas Surveyor, résolution de $\pm 0,01$ m) muni d'une sonde haute fréquence de 210 Khz. L'échosondeur enregistrait la profondeur, alors que la position était relevée par le système DGPS. Le système de référence géodésique utilisé a été le MTM zone 7 NAD83 CSRS pour le datum horizontal et le CGVD28 pour le datum vertical. Les données complètes ont été enregistrées et le fichier résultant est un fichier de points contenant les attributs X, Y et Z.

En 2018, quatre sites ont fait l'objet de relevés bathymétriques. Il s'agit des deux frayères aménagées pour le touladi (PE1654, PE1697), de même que les deux nouveaux sites de frayères potentielles, soit les digues A et B. Les relevés bathymétriques ont été effectués de façon plus détaillée sur les deux frayères aménagées pour le touladi (PE1654, PE1697) pour en évaluer leur stabilité. De plus, la partie exondée de ces deux frayères a été délimitée par des relevés topographiques à pied.

Pour la frayère PE1697, l'évolution de l'érosion du talus à l'amont immédiat de la frayère (soit de chaque côté de celle-ci) a été documentée en effectuant des observations visuelles et des relevés topographiques, via la délimitation des zones érodées au DGPS RTK. Pour ce faire, le contour des structures exondées ou érodées a été délimité à pied.

En 2018, les relevés bathymétriques suivants ont été effectués :

- PE1697 : 56 transects transversaux et 11 transects longitudinaux
- PE1654 : 27 transects transversaux et 17 transects longitudinaux
- Digue A : 25 transects transversaux et 6 transects longitudinaux
- Digue B : 10 transects transversaux et 6 transects longitudinaux

Le nombre de transects réalisés sur les deux frayères aménagées a été similaire à ceux conduits en 2015. Quant aux sites des digues, ils ont été couverts de façon moins détaillée. La localisation et l'espacement des transects à réaliser sur les digues A et B ont été déterminés au jugé par l'équipe de terrain, en fonction de la régularité de la pente de chaque digue.

Les relevés bathymétriques et topographiques ont été rattachés à deux repères géodésiques intermédiaires installés en 2015 près des frayères aménagées PE1697 et PE1654. Ces repères intermédiaires avaient été installés à partir d'un cheminement dont le point de départ était le repère géodésique M09KG043, situé au kilomètre 122 du chemin de Chutes-des-Passes, en rive droite du réservoir, sur une colline de sable à 260 m du pont de la Péribonka. Une validation de ces repères intermédiaires a été effectuée en 2018, avant le début des relevés bathymétriques et topographiques.

En réalisant les relevés à partir du rattachement au repère géodésique (« *bench mark* ») M09KG043, les profondeurs mesurées en 2018, et donc le « Z » des relevés, avaient comme référence l'altitude de 260,783 m dans le datum vertical NMM-29.

5.3.1.2 Comparaisons interannuelles des données bathymétriques pour le suivi de l'intégrité des frayères aménagées pour le touladi

Puisque la bathymétrie (ou profondeur d'eau) est l'un des critères à valider pour vérifier l'intégrité physique des frayères aménagées depuis leur aménagement en 2007 (PE1654, PE1697), les données de profondeur des relevés bathymétriques de 2018 ont été comparées aux plans tels que construits (TQC) (Environnement Illimité, 2008a) de même qu'aux données du dernier suivi de 2015.

Cette comparaison interannuelle a été faite en utilisant le même système de référence géodésique. C'est l'attribut de l'élévation (Z) pour une même position (X et Y) qui a été comparé entre les différentes périodes d'analyse. Plus précisément, l'analyse de l'évolution de la bathymétrie (2015 vs 2018) a été effectuée en comparant les polygones numérisés dans ArcGIS pour chacune des années d'inventaire, à l'endroit où les deux couches de données se chevauchaient pour qu'il puisse y avoir comparaison (comparaison de 2018 et 2015). Pour les deux frayères aménagées, ces polygones couvrent les élévations comprises entre 234 m et 244 m.

Le processus d'interpolation « *Topo to Raster* » permet de créer un modèle numérique d'élévation à partir de points d'élévation (Z). Ainsi, avec l'outil « *Topo to Raster* » de l'extension « *Spatial Analyst* » d'ArcGIS (version 10.1), il a ensuite été possible de générer une première image matricielle (« *raster* ») en interpolant les points de la bathymétrie de 2015. Les dimensions de chaque pixel de ce *raster* étaient de 1 m par 1 m et la couverture était celle du polygone de la zone de comparaison. Un second *raster* a été produit en interpolant cette fois-ci les points de la bathymétrie de 2018 tout en ayant la même couverture ainsi que les mêmes dimensions de pixels. Les deux frayères aménagées ont été traitées de cette façon.

La troisième étape a consisté à faire ressortir les différences entre les valeurs des pixels des *rasters* de 2015 et de 2018. Cette opération a été faite avec l'outil « Minus » dans le dossier « Math » de « Spatial Analyst ». La soustraction d'un *raster* à l'autre produisait le *raster* de différence. Les valeurs de pixels de ce *raster* de différence ont été distribuées en cinq classes. Ces cinq classes de différences d'élévation, qui couvrent l'ensemble des valeurs de pixels, ont été déterminées. Celles-ci suivent indirectement les différents substrats utilisés lors de l'aménagement des frayères, car leur déplacement engendre des variations en fonction de la grosseur des roches qui les composent :

- Classe 1 : de -1,2 m à -0,61 m
- Classe 2 : de -0,60 m à -0,31 m
- Classe 3 : de -0,30 m à 0,30 m
- Classe 4 : de 0,31 m à 0,60 m
- Classe 5 : de 0,61 m à 1,48 m

L'ensemble des données prises lors des relevés bathymétriques et topographiques réalisés en 2018 a été analysé et intégré à chacune des cartes conçues pour les quatre sites relevés : PE1697 (carte 3); PE1654 (carte 4), digues A et B (cartes 6 et 7). Les mesures faites lors des relevés de 2018 ont été comparées à celles du suivi de 2015 pour les deux frayères aménagées (carte 5). Cette comparaison a été jugée appropriée puisqu'il n'y avait pas de différences notables entre les données de 2012 et 2015 (AECOM, 2016).

La comparaison interannuelle des données aide à décrire l'évolution des aménagements ou de leur intégrité. Il est important de noter que certains facteurs engendrent des variations d'élévation entre les années qui peuvent ne pas être attribuables à de réelles différences. D'une part, les sections transversales et longitudinales de bathymétrie n'ont pas été faites exactement aux mêmes endroits que lors des années de suivi précédentes en raison de la présence de troncs d'arbres dans l'eau et du vent qui faisait dévier l'embarcation. De plus, la calibration des échosondeurs et des paramètres de prises de mesures peut avoir été légèrement différente entre les années. Finalement, la présence de vagues lors des relevés peut affecter la prise de données de profondeur.

5.3.2 Conditions d'écoulement sur les frayères

Pour vérifier les conditions d'écoulement dans le secteur de l'enrochement du pont de la Péribonka, de même que sur la frayère à corégonidés (PE1870) et sur l'épi sous-marin de l'ancien campement de l'Abitibi-Price, les conditions d'écoulement y ont été évaluées le 21 septembre 2018. Des mesures de vitesse de courant ont été prises à l'aide d'un courantomètre de marque Swoffer (précision $\pm 0,01$ m/s) à un minimum de 10 endroits jugés représentatifs sur chacun des sites. Spécifiquement, les mesures ont été prises à 12 endroits représentatifs des conditions d'écoulement sur les sites du pont et sur la frayère PE1870, de même qu'à 10 endroits représentatifs au site de l'épi. Aux endroits où la profondeur était de moins de 2,0 m, la vitesse a été mesurée à 60 % de la profondeur totale, alors qu'aux stations de 2,0 m et plus, la profondeur a plutôt été mesurée à 20 %, 60 % et 80 % de la profondeur totale.

5.3.3 Caractérisation physique des frayères par transects vidéo

5.3.3.1 Méthode d'inventaire sur le terrain

En parallèle de l'équipe dédiée aux relevés topographiques et bathymétriques, une deuxième équipe de deux personnes a pris des mesures de la qualité du substrat le long de transects vidéo sous-marins à chacun des sites afin d'en documenter les caractéristiques physiques pour pouvoir les mettre en lien avec les caractéristiques notées lors des suivis précédents. Les transects ont été réalisés de façon à couvrir l'ensemble de la superficie potentielle de fraie de chacun des sites à l'étude. Contrairement aux suivis précédents, deux nouvelles frayères potentielles ont été caractérisées en 2018. Il s'agit des sites des digues A et B.

Les transects géoréférencés ont été effectués avec une caméra vidéo d'inspection sous-marine avec enregistreur couleur HD (AXSUB, AVD 92°, 1080P, 30 ips, MCBH5M). Étant reliée à un ordinateur et à un GPS, la caméra offre des images géoréférencées et enregistrées en continu du substrat des frayères.

Le nombre de transects réalisés a été le même en 2018 qu'en 2015 et ceux-ci ont été positionnés le plus possible aux mêmes endroits pour les cinq premières frayères (PE1654, PE1697, PE1870, Épi, Pont).

Pour les deux nouveaux sites suivis en 2018 (digues A et B), les transects ont été positionnés à environ 20 m d'espacement. Les transects ont été répartis de manière à couvrir l'ensemble de la superficie potentielle de fraie. Le tableau 5 présente le nombre de transects réalisés pour chacun des sept sites.

Pour chacune des sept frayères à l'étude, la qualité du substrat de fraie (propreté, perméabilité, ensablement) a ensuite été évaluée *a posteriori*, par le visionnement des images et l'attribution de cotes (section 5.3.2.1).

Tableau 5 : Nombre de transects vidéo réalisés à chacun des sites étudiés en 2018

Frayères potentielles	Frayère aménagée PE1654	Frayère aménagée PE1697	Frayère à corégonidés (PE1870)	Épi Abitibi-Price	Enrochement du pont de la Péribonka	Digue A	Digue B
Nombre de transects vidéo	10	15	9	12	32 (16 sur chaque rive)	25	8

5.3.3.2 Quadrats de caractérisation de la qualité du substrat

Pour documenter la qualité du substrat (propreté, perméabilité, ensablement), les images captées par la caméra sous-marine le long des transects vidéo ont été analysées sur chacun des sept sites de fraie potentielle.

La caractérisation du substrat et sa composition ont été évaluées par visionnement *a posteriori* des images vidéo enregistrées par la caméra sous-marine. Ces images étant géoréférencées, le positionnement de l'image évaluée est connu. L'évaluation correspond à un quadrat de 1 m² positionné à un minimum de trois endroits le long de chaque transect vidéo, soit une fois dans le premier tiers du transect, une fois dans le deuxième tiers et une fois dans le dernier tiers. En plus du pourcentage de recouvrement de chaque classe de substrat (tableau 7), la perméabilité du substrat (présence d'interstices entre les roches) et sa propreté (présence de dépôts de sédiments fins, de matière organique ou de débris ligneux sur le substrat) ont été caractérisées dans chaque quadrat.

Le nombre et le positionnement précis des quadrats a été déterminé en fonction de leur représentativité des habitats rencontrés. Le nombre de quadrats par transect a été variable et établi en fonction de la longueur de chaque transect et de la clarté des images disponibles. Le tableau 6 compile le nombre de points de caractérisation (quadrats) ayant fait l'objet de l'évaluation *a posteriori* de la qualité du substrat de fraie.

Ces évaluations du substrat ont ensuite permis l'établissement de l'indice de qualité d'habitat de fraie (IQHF, voir section 5.3.3.3). Puisque des relevés bathymétriques ont également été conduits à chacun des sites de fraie, la variable « profondeur » a été attribuée *a posteriori* aux transects géoréférencés, pour l'estimation de l'indice de profondeur (I_p , voir section 5.3.3.3).

En 2018, l'évaluation *a posteriori* de la qualité de l'habitat de fraie a été conduite sur un total de 251 points de caractérisation ou quadrats, et ce, le long de 111 transects vidéo (tableau 6; annexe B).

L'orientation des transects, leur longueur, de même que le nombre de points d'évaluation du substrat ont été cartographiés. Le nombre de transects a été réparti de manière à couvrir l'ensemble de la superficie potentielle de fraie sur chacun des sites à l'étude.

Tableau 6 : Nombre de transects vidéo inventoriés en 2018 sur le terrain et nombre de points de caractérisation (quadrats) ayant fait l'objet d'une évaluation *a posteriori* pour l'établissement de la qualité de l'habitat de fraie

Frayères aménagée, confirmée ou potentielle	Nombre de points de caractérisation (quadrats)	Nombre de transects vidéo
PE1870	31	9
Épi	29	12
Pont	43	32
Rive droite	24	16
Rive gauche	19	16
PE1697	44	15
PE1654	29	10
Digue A	58	25
Digue B	17	8
Total	251	111

Tableau 7 : Classes granulométriques utilisées pour la description du substrat

Classe granulométrique	Code	Diamètre (mm)
Roche-mère ou roc	R	-
Gros bloc	Bx	Plus de 500 mm
Bloc	B	De 250 à 500 mm
Galet	G	De 80 à 249 mm
Caillou	C	De 40 à 79 mm
Gravier	Gr	De 5 à 39 mm
Sable	S	De 0,12 à 4 mm
Argile	A	Moins de 0,12 mm
Limon	L	-
Matière organique	Mo	-

Sources : MEF, 1994; SFA, 2011.

5.3.3.3 Indice de qualité de l'habitat de fraie (IQHF)

5.3.3.3.1 Critères utilisés

Depuis 2008, les superficies propices à la fraie sont estimées à partir de critères de qualité d'habitat de fraie du touladi tirés d'études sur le touladi menées par Environnement Illimité (voir Burton et Gendron, 2005) et Hydro-Québec (2006a), ainsi que de la littérature (FFQ, 1996; Bradbury *et al.*, 1999; Benoît et Lamoureux, 1991; Legault *et al.*, 2004). Quatre critères relatifs aux composantes de l'habitat de fraie, soit la profondeur, le substrat, le colmatage et la présence de débris ligneux, sont jumelés pour estimer un indice de qualité de l'habitat de fraie (IQHF) :

$$IQHF = I_p^{0,25} \times I_s^{0,25} \times I_c^{0,25} \times DL^{0,25}$$

Où, I_p est l'indice de profondeur, I_s est l'indice de substrat, I_c est l'indice de colmatage et DL est la présence de débris ligneux. Les valeurs des sous-indices de ces quatre critères ont été attribuées selon les classes présentées au tableau 7.

Tout en suivant cette formule d'IQHF, la valeur finale attribuée à l'indice de qualité de l'habitat de fraie (IQHF) est déterminée par la multiplication des valeurs des quatre sous-indices correspondant à l'évaluation de chacun des quatre critères, à la puissance 0,25. L'IQHF final se situe donc entre 0 et 1. Un IQHF ayant une valeur de 1 est considéré comme optimal à la fraie, alors qu'une valeur d'IQHF comprise entre 0 et 1 est considérée comme adéquate (propice) à la fraie et cartographiée ainsi (superficie propice à la fraie). Une condition de fraie inadéquate a été attribuée dès que l'un des sous-indices montrait une valeur de 0. Le calcul de la superficie de fraie propice au touladi a été fait comme par le passé, soit en dressant un polygone comprenant les points d'IQHF adéquats et optimaux. La moitié de la distance comprise entre un IQHF inadéquat et un IQHF propice (adéquat ou optimal) a été incluse dans la formation du polygone. Pour les deux frayères aménagées, le polygone en zone profonde a été

délimité en longeant le plan TQC. De plus, pour l'ensemble des sites, le polygone de superficie propice a été formé par l'inclusion des derniers quadrats de qualité adéquate ou optimale.

La valeur de l'IQHF n'est pas basée sur la littérature, mais sur une appréciation de chaque critère. De plus, cette évaluation est basée sur la prémisse que chacun des critères a le même poids dans la détermination de la qualité de l'habitat de fraie du touladi (tableau 8), ce qui, bien sûr, n'est pas vérifié. La valeur de l'IQHF a donc surtout comme utilité de servir d'outil pour comparer les sites entre eux et d'une année à l'autre.

Tableau 8 : Indice de qualité de l'habitat de fraie pour le touladi (IQHF) et critères associés

Qualité de l'habitat de fraie	Classe des critères				Valeur de l'indice (I _p , I _s , I _c , DL)
	Profondeur	Substrat	Colmatage (propreté)	Débris ligneux (DL)	
Adéquate	0,25 à < 1 m	Pierre dynamitée			0,5
Optimale	1 à 3 m	Blocs, galets, cailloux	Aucun dépôt, substrat propre	Nul ^A	1
Adéquate	>3 à 6 m	Gravier, cailloux	Fin dépôt	Faible ^B	0,5
Inadéquate	Autre	Sable, matière organique	Dépôt important	Moyen-élevé ^{C, D}	0

A Nul : aucun débris ligneux dans le quadrat de 1 m².

B Faible : moins de 15 % de couverture de débris ligneux.

C Moyen : entre 15 et 30 % de couverture de débris ligneux.

D Élevé : plus de 30 % de couverture de débris ligneux.

Indice de profondeur (I_p)

Une valeur de l'indice I_p = 1 correspond aux profondeurs recherchées par le touladi au moment de la fraie qui sont considérées comme optimales (1 à 3 m). Lorsque la profondeur est inférieure (conditions minimales : 0,25 à 1 m) ou supérieure (conditions maximales : 3 à 6 m) aux conditions normalement recherchées, mais tout de même à l'intérieur de la gamme de conditions observées pour la fraie, l'indice attribué est de 0,5. Un indice nul est attribué lorsque les valeurs mesurées se situent à l'extérieur de celles correspondant aux conditions minimales (< 0,25 m) ou maximales (> 6 m).

Bien que ces classes de profondeur aient été établies pour le réservoir de la Péribonka, le touladi peut, selon la littérature, se reproduire sur une grande diversité de profondeurs, allant de 0,5 à 55 m (Bradbury *et al.*, 1999).

Indice de substrat (I_s)

Une valeur de l'indice $I_s = 1$ correspond au substrat de fraie recherché par le touladi, tel que celui mis en place lors de la construction (blocs, galets et cailloux). Une valeur de 0,5 est attribuée à la pierre dynamitée et au gravier/cailloux. Un indice nul est attribué lorsque le substrat est composé de sable, d'argile, de limon ou de matière organique.

Il est connu que les sites de reproduction du touladi sont habituellement composés d'un substrat rocheux, tel que du gravier grossier (>2 cm), des cailloux et des galets, intercalés par des blocs (Bradbury *et al.*, 1999).

Indice de colmatage (I_c) (propreté du substrat)

Le comportement de fraie du touladi peut impliquer le nettoyage des frayères par brossage des roches avec le corps, la nageoire caudale et le museau (Martin, 1957 cité dans Scott et Crossman, 1974). La propreté du substrat concerne deux des quatre critères de qualité d'habitat de fraie pour le touladi puisque le colmatage du substrat de même que la présence de débris ligneux ont une influence sur sa propreté. De par l'exposition des frayères naturelles aux vents dominants, le substrat est nettoyé par l'action des vagues et des courants, ce qui assure ainsi un meilleur taux de survie des œufs (Scott et Crossman, 1974; Bradbury *et al.*, 1999).

Une valeur de l'indice $I_c = 1$ correspond à un substrat sans trace de colmatage, ce qui assure un meilleur taux d'éclosion des œufs de touladi. Une valeur de 0,5 est attribuée au substrat présentant un fin dépôt (mince couche de sédiments qui se soulève facilement par un déplacement d'eau de la main du plongeur). Un indice nul est attribué lorsque le substrat est caractérisé par un dépôt important, soit une épaisseur de sédiments demeurant en place malgré un déplacement d'eau de la main du plongeur, et qui ne permet plus de distinguer la couleur des roches. L'évaluation de cet indice demeure subjective.

Présence de débris ligneux (DL) (propreté du substrat)

Une valeur de l'indice DL = 1 correspond à l'absence de débris ligneux provenant du remplissage du réservoir. Une valeur de 0,5 est attribuée lorsque l'habitat est couvert de débris ligneux à moins de 15 % (faible présence). Un indice nul est attribué lorsque la couverture en débris ligneux dépasse 15 %.

5.3.3.2 Évaluation de l'indice de substrat (I_s) pour le pont de la Péribonka

En raison de la composition du substrat constituant l'enrochement du pont de la Péribonka, le calcul de l'indice est quelque peu différent pour ce site. Il l'a d'ailleurs toujours été selon les données acquises lors des suivis précédents.

Selon l'évaluation d'Environnement Illimité, l'indice de substrat a été évalué de la façon suivante :

Indice de substrat (I_s) pour le pont

Une valeur de l'indice $I_s = 1$ correspond au substrat de fraie recherché par le touladi, soit les blocs, galets et cailloux de pierres naturelles. Une valeur de 0,5 est attribuée au substrat de pierres dynamitées et de gravier-cailloux. Un indice nul est attribué lorsque le substrat est composé de sable.

5.3.3.4 Nettoyage des frayères aménagées

En 2018, le nettoyage des deux frayères aménagées pour le touladi (PE1654 et PE1697) a eu lieu le 20 septembre, soit après la caractérisation physique par transects vidéo et la réalisation des relevés bathymétriques et topographiques.

Le nettoyage des frayères visait principalement à améliorer la qualité du substrat de fraie. Le nettoyage a consisté au retrait des débris ligneux et des sédiments les plus grossiers qui s'accumulent sur les premiers mètres. Le nettoyage des débris ligneux a été effectué manuellement (photo 4), jusqu'à une profondeur maximale d'environ 1 m, de même que dans la zone exondée s'il y a lieu. Dans le cas des dépôts de sédiments, un nettoyage à l'aide d'un jet d'eau à haute pression a été effectué (comme en 2015) jusqu'à une profondeur d'environ 3 m (photo 5).



Photo 4 : Nettoyage des débris ligneux à la frayère PE1654



Photo 5 : Nettoyage du substrat en profondeur avec un jet d'eau à la frayère PE1697

5.4 Suivi de l'utilisation des frayères

Afin de documenter l'utilisation par le touladi des frayères aménagées (PE1654 et PE1697) et des autres frayères potentielles (PE1870, épi, pont, digues A et B), deux campagnes de terrain ont été réalisées.

La première visait à installer des collecteurs d'œufs, avant la période de reproduction. Ceux-ci ont été installés entre le 19 et le 24 septembre 2018. La campagne de suivi de l'utilisation des frayères a, quant à elle, eu lieu entre le 3 et le 15 octobre 2018. Cette deuxième campagne visait à documenter la présence de géniteurs sur les frayères en période de reproduction et à relever les collecteurs d'œufs après la fin de la période de fraie. Des échantillons d'eau ont également été prélevés lors de la campagne d'octobre afin de documenter l'utilisation des frayères par la présence d'ADNe du touladi.

Chacune des stations de pêche (collecteurs d'œufs, filets maillants pour la capture de géniteurs) a été caractérisée de façon sommaire à partir des paramètres descriptifs habituels (points GPS, type de substrat, profondeur, vitesse, etc.). L'effort de pêche a été documenté pour chaque type d'engin et chacun des sites étudiés.

5.4.1 Établissement de la période de reproduction pour le suivi

J. Fitzsimons (Pêches et Océans Canada, comm. pers., septembre 2015) a établi une relation entre la latitude et le nombre de jours après le 31 août afin de prédire la période de reproduction du touladi. Selon la relation établie à partir de données provenant de près de 50 lacs naturels (données non publiées; $R^2=0,68$), la date du 10 octobre correspondrait au début de la période de reproduction du touladi au réservoir de la Péribonka. En 2015, la période du suivi de l'utilisation avait été planifiée et réalisée pour une durée de dix jours en fonction de la photopériode, mais également en regard des dates préconisées lors des suivis antérieurs qui documentaient l'atteinte de températures propices et la présence de géniteurs (soit du 11 au 18 octobre 2012 et du 9 au 16 octobre 2013). Cette période a donc été établie entre le 12 et le 22 octobre pour le suivi environnemental 2015.

En 2018, la période du suivi de l'utilisation a été révisée. D'une part, lors de la première nuit de pêche en 2015 (12 octobre), l'utilisation de la frayère située au pont de la Péribonka était déjà à son pic. De fait, la plus grande abondance de géniteurs a été notée dès la première soirée de pêches. Ensuite, les stades de maturité sont passés rapidement de ponte à post-ponte. En 2018, l'installation de la sonde à transmission de données satellitaires (température de l'eau) a permis une meilleure anticipation de la chute des températures, en parallèle de la photopériode. La période de suivi a donc été devancée d'environ une semaine en 2018 par rapport aux années précédentes, selon les données de température reçues en temps réel. En effet, la baisse de la température de l'eau vers le seuil de 12 °C s'amorçait déjà le 2 octobre 2018 (voir sections 5.1.2 et 6.2.2).

5.4.2 Collecteurs d'œufs

L'utilisation des frayères a été documentée par l'installation d'engins de captures passifs d'œufs sur une période étendue, soit des collecteurs à œufs. Différents modèles de collecteurs à œufs ont été expérimentés par le passé dans des lacs à touladi, notamment dans les Grands Lacs et le lac Champlain (Perkins and Krueger, 1994; Ellrott et Marsden, 2004; Riley *et al.*, 2010; Fitzsimons and Marsden, 2014). AECOM a développé un collecteur d'œufs artisanal afin que celui-ci soit déposé sur le substrat à partir de l'embarcation, sans avoir recours à la plongée pour enfouir le collecteur dans le substrat. Ce collecteur est basé sur le prototype le plus récent de Riley *et al.* (2010). Ce collecteur artisanal a montré du succès dans un grand lac à touladi (c-à-d, le lac Brisson) échantillonné par AECOM dans le Nord-du-Québec (données non publiées). Le collecteur-type est illustré à la photo 6.

Ce collecteur consiste en un anneau métallique de 0,5 m de diamètre et une poche en filet de 30 cm de profondeur, avec un maillage de 2 mm. La poche est remplie de tuyaux d'ABS troués de différentes grosseurs, de même que de roches (photo 6). Un couvert de filet de plastique (AQUAMERIK) de mailles de 1,27 cm (1/2 pouce de maille) est installé sur le dessus du collecteur pour empêcher la prédation des œufs.

Le collecteur d'œufs une fois installé est illustré à la photo 7. Ce type de collecteur a permis la capture d'un œuf de touladi lors du suivi de l'utilisation des frayères en période de reproduction en 2015.



Photo 6 : Collecteur d'œufs artisanal fabriqué par AECOM



Photo 7 : Collecteur d'œufs installé à la frayère PE1697

Les collecteurs ont été installés avant le début de la période de fraie du touladi, lors de la campagne de caractérisation des frayères (19 au 24 septembre 2018), une fois la caractérisation et le nettoyage des frayères complétés. Un total de 250 collecteurs a été installé afin de couvrir les sites à l'étude. Le nombre de transects (lignes) et de collecteurs installés à chacun des sites a été adapté de façon à bien couvrir la superficie de fraie sur chaque site. Rappelons que les digues A et B se sont ajoutées à la liste des frayères potentielles suivies en 2018, contrairement aux suivis précédents.

Les collecteurs ont été attachés en série, à intervalles réguliers, selon la configuration des sites (3 à 7 m d'espacement entre les collecteurs), le long d'une corde principale (ligne). Une bouée a été attachée à la fin de chacune des lignes installées sur les frayères à des fins de repérage et pour permettre la récupération des collecteurs. Les collecteurs ont été installés sur un substrat de tailles variant de 10 à 500 mm (gravier à gros blocs) et à des profondeurs d'eau variant entre 1 et 5 m.

Le tableau 9 indique le nombre de collecteurs installés sur chacun des sites à l'étude. Par rapport au suivi de 2015, le nombre de collecteurs a été réduit en 2018 au site de l'épi ($n = 15$), alors qu'il a été plus important au pont de la Péribonka et à la digue A ($n = 60$) (tableau 9). Dans le cas des deux frayères aménagées (PE1654, PE1697), le nombre de collecteurs installés ($n = 35$) a été proportionnellement plus important que sur les autres frayères potentielles si l'on tient compte de leur plus faible superficie de fraie.

Les collecteurs d'œufs ont été relevés après la fin présumée de la période de fraie du touladi, soit entre le 13 et le 15 octobre 2018.

Tableau 9 : Nombre de collecteurs d'œufs installés à chacun des sites en 2018

Collecteurs	Frayère potentielle ou aménagée						
	Frayère aménagée PE1654	Frayère aménagée PE1697	Frayère à corégonidés (PE1870)	Épi Abitibi-Price	Enrochement du pont de la Péribonka	Digue A	Digue B
Superficie propice à la fraie (m ²) en 2015	487	447	5 686	1 222	3 115	-	-
Nombre de collecteurs	35	35	25	15	60	60	20
Nombre de transects	3	3	5	2	4-8	5	2

5.4.3 Pêches nocturnes

L'utilisation des frayères par les géniteurs a été documentée par l'installation de filets maillants sur les sites de fraie aménagés pour le touladi (PE1654, PE1697), la frayère confirmée du pont de la Péribonka et les autres frayères potentielles (PE1870, Épi, Digue A, Digue B) dans le cadre de pêches nocturnes (entre 17h00 et 00h30 environ).

En plus de la photopériode, le début du suivi de l'utilisation des frayères a été dicté en 2018 par les données de température de l'eau acquises par la sonde automatisée d'enregistrement installée à proximité du pont de la Péribonka et par les constats réalisés lors des suivis précédents. Ainsi, l'évolution des données de température acquises à partir du 20 septembre 2018 a motivé la mobilisation des équipes le 3 octobre (voir sections 5.1.2 et 6.2.2).

Afin d'éviter les mortalités de touladis, les filets utilisés étaient montés à 25 %, ce qui correspond à quatre longueurs de filet pour une longueur de ralingue (longueur de 45,7 m, hauteur de 2,4 m, avec des mailles de 5,1 cm). Ce type d'engin favorise la capture des spécimens par leur structure buccale (maxillaire, mandibule, dent), ce qui réduit significativement le taux de mortalité et limite les manipulations lors de la levée des filets. Les stations de pêche ont été visitées après un maximum de deux heures de pêche, dans la mesure du possible. Le nombre de filets installés à chacun des sites a varié entre un et quatre filets. Un maximum de trois levées de filets par nuit ont été réalisées (si possible) à chacune des stations de pêche.

À des fins logistiques, les sept sites à l'étude ont été divisés en deux zones (amont/aval du réservoir), et pêchés une nuit sur deux, en rotation. Se retrouvaient dans la zone amont le site PE1870, l'épi sous-marin, le site du pont et les frayères aménagées PE1654 et PE1697. La zone aval était composée des sites des deux digues (A et B) et encore une fois, des deux frayères PE1654 et PE1697. Ces deux dernières se retrouvaient donc dans les deux zones (amont/aval) afin d'être suivies tous les soirs (dans la mesure du possible, selon les conditions météo), idéalement sur une période de 10 jours. Le tableau 10 présente la stratégie d'inventaire des pêches nocturnes initialement prévue, de même que les ajouts et les retraits effectués en raison de mauvaises conditions météorologiques.

Tableau 10 : Stratégie d’inventaire pour les pêches nocturnes dans le cadre de la campagne automnale du suivi de l’utilisation des frayères par le touladi en 2018

Date du suivi 2018	Pêches nocturnes de géniteurs						
	PE1870	Épi	Pont	PE1697	PE1654	Digue A	Digue B
03-oct	X	X	X	X	X		
04-oct				X	X	X	X
05-oct	X	X	X	X	X		
06-oct				X	X	X	X
07-oct	X	X	X	X	X		
08-oct				X	X	X	X
09-oct	X	X	X	X	X		
10-oct				X	X	X	X
11-oct	X	X	X	X	X		
12-oct				X	X	X	X
13-oct			X				
14-oct			X				
TOTAL	5	5	6	10	10	5	5

A : Les X indiqués en rouge représentent les échantillonnages initialement prévus, mais non réalisés en raison de mauvaises conditions météo.

B : Les X indiqués en vert représentent des échantillonnages supplémentaires.

Le suivi des activités de fraie devait s’échelonner sur une période minimale de 10 jours, ou jusqu’à la détection de la fin des activités de fraie. Il a toutefois été décidé durant la campagne d’ajouter trois journées additionnelles de terrain en raison des résultats de capture obtenus, pour une durée totale de 13 jours de terrain (3 au 15 octobre), dont 12 séances de pêches nocturnes (tableau 10).

5.4.3.1 Captures

Tous les poissons capturés lors de ces pêches ont été identifiés à l’espèce et dénombrés. Le contenu stomacal de quelques grands corégones morts à la suite de leur capture a été analysé dans l’embarcation pour vérifier la présence d’œufs de touladi.

5.4.3.2 Géniteurs de touladis

Lors de la capture d’un touladi, celui-ci était directement déposé dans un bassin de rétention rempli d’eau fraîche et isolé. Il était ensuite mesuré (longueur totale en mm). Une légère pression a ensuite été appliquée de part et d’autre de l’abdomen, afin de vérifier le sexe et le stade de maturité selon l’écoulement ou non des produits sexuels (laitance, œuf) :

- géniteur mâle : coulant, non coulant ou ayant frayé;
- géniteur femelle : gravide, non gravide ou ayant frayé (annexe C pour charte de Kesteven, 1960).

Lorsqu'une étiquette de marquage était présente sur le touladi capturé, le numéro était noté. En absence d'une étiquette de marquage, une étiquette spaghetti à numéro unique a été insérée à la base de la nageoire dorsale. En 2018, les écailles des touladis ont également été prélevées afin d'estimer l'âge des géniteurs capturés et de confirmer s'il s'agit de géniteurs provenant des ensemencements de juvéniles dans le réservoir de la Péribonka ou provenant plutôt des lacs sources.

Tous les touladis vivants ont été remis à l'eau à environ 250 m en aval du site de leur capture.

Un document photographique et des séances vidéo ont été réalisés afin de supporter visuellement le suivi de l'utilisation par les géniteurs.

5.5 ADN environnemental (ADNe)

5.5.1 Contexte et utilisation

En 2015 et 2018, en plus du suivi des géniteurs et des œufs, un échantillonnage d'eau pour des fins d'analyses génétiques (acide désoxyribonucléique [ADN]) a été conduit sur deux périodes d'inventaire, soit avant la fraie et pendant la fraie du touladi dans le réservoir de la Péribonka. Ce volet d'étude complémentaire visait à valider l'utilisation de l'approche de génétique environnementale comme méthode alternative pour documenter la présence du touladi sur les frayères potentielles et aménagées en détectant l'ADNe du touladi dans des échantillons d'eau récoltés sur les sites de fraie. Ce suivi temporel (avant fraie, pendant la fraie) avait également pour but de corroborer l'augmentation de l'ADNe aux sites de fraie lors du pic des activités de reproduction du touladi.

L'utilisation de l'ADNe est une technique relativement nouvelle d'échantillonnage et d'analyse permettant d'investiguer la présence/absence d'une espèce dans un plan d'eau. Cette technique peut être avantageuse par rapport aux études standards nécessitant des pêches aux filets puisqu'elle permet entre autres de recueillir des données sur les populations sans manipuler les organismes étudiés (Lodge *et al.*, 2012, cités dans Lacoursière-Roussel *et al.*, 2015).

L'approche d'ADNe est basée sur la libération de brins d'ADN par le poisson dans l'eau sous forme cellulaire ou extracellulaire, soit par ses matières fécales, ses muqueuses, des cellules de peau, ou les gamètes (Taberlet *et al.*, 2012, cités dans Lacoursière-Roussel *et al.*, 2015). Toutefois, l'ADNe relâché dans l'environnement provient surtout de cellules ou de mitochondries et a tendance à précipiter et à se dégrader rapidement (Barnes *et al.*, 2014; Turner *et al.*, 2014, cités dans Lacoursière-Roussel *et al.*, 2015).

En milieu aquatique, les fragments d'ADNe ne resteraient que quelques semaines en écosystème d'eau douce (Dejan *et al.*, 2011; Thomsen *et al.*, 2012; Fremier et Goldberg, 2015 cités dans Lacoursière-Roussel *et al.*, 2015). En général, des conditions froides et sèches permettent de ralentir la dégradation de l'ADNe.

La concentration d'ADNe dépend de la quantité d'ADN relâchée par les organismes et du taux de dégradation de l'ADN (Dejean *et al.*, 2011 cités dans Lacoursière-Roussel *et al.*, 2015), eux-mêmes dépendants de l'écologie de l'espèce et de son environnement (Goldberg *et al.*, 2011; Barnes *et al.*, 2014 cités dans Lacoursière-Roussel *et al.*, 2015). La concentration de l'ADNe est susceptible de varier selon la proportion du nombre de poissons par rapport au volume d'eau des plans d'eau, de la quantité d'ADNe libérée par les individus (variabilité interspécifique, activité métabolique et taille des animaux), de la densité des organismes (migration et saison de reproduction) et des conditions environnementales (température, radiation et flux d'eau; Barnes *et al.*, 2014).

5.5.2 Sites d'échantillonnage

En 2015, cinq sites de frayères potentielles (PE1654, PE1697, PE1870, épi, pont) et une station témoin avaient été échantillonnés dans le cadre du volet ADNe. La station témoin (photo 8) a été sélectionnée en raison de son éloignement et de ses différences avec les autres sites propices à la fraie du touladi. Il ne s'agit donc pas d'un blanc de terrain qui lui, est associé aux échantillons *filtres-négatifs*. Cette station témoin est considérée comme un site ayant un faible potentiel de présence pour le touladi puisqu'elle présente un substrat non propice à la fraie du touladi (débris ligneux, matière organique, sable). Elle se situe en rive droite du réservoir entre le pont et la frayère aménagée PE1697 (carte 2). Cette station est située en bordure d'une large zone offrant une berge érodée.



Photo 8 : Site de la station témoin dans le cadre du volet ADNe

En 2018, trois sites supplémentaires ont été ajoutés à l'échantillonnage dans le cadre du volet ADNe, en plus de ceux de 2015. Il s'agit des sites des digues A et B, de même que la frayère à doré confirmée sur la rivière au Serpent (carte 2). Ainsi, un total de neuf sites a été échantillonné en 2018, soit huit sites de frayères potentielles et une station témoin.

5.5.2.1 Analyses génétiques mitochondriales

En 2015, toutes les analyses génétiques avaient été conduites sur l'ADN mitochondrial (provenant des mitochondries). En 2018, la majorité des analyses ont également été réalisées à tous les sites ci-haut mentionnés pour des fins d'analyses génétiques mitochondriales. Dans ce type d'analyse, une région précise de l'ADN mitochondrial (gène *cytochrome oxydase sous-unité I* ou COI) est ciblée, car le nombre de copies de l'ADN mitochondrial (ADN mt) par cellule est 100 à 1 000 fois supérieur à celui de l'ADN nucléaire (ADN nu).

5.5.2.2 Analyses du ratio ADN nucléaire/ADN mitochondrial (nu/mt)

Pendant la campagne d'octobre, une station d'échantillonnage supplémentaire a été ajoutée au pont de la Péribonka afin d'analyser quotidiennement le ratio entre l'ADN nucléaire et l'ADN mitochondrial. Ce volet d'étude est basé sur la littérature scientifique, qui rapporte qu'en période de fraie, les concentrations d'ADN nucléaire (nu) seraient plus élevées que celles de l'ADN mitochondrial (mt) (Bylemans *et al.*, 2017). En dehors de la période de fraie, il appert que les concentrations d'ADN nu et d'ADN mt semblent se retrouver en quantités égales. Le ratio des concentrations d'ADN nu et d'ADN mt pourrait donc être utilisé comme indicateur d'une activité de reproduction chez l'espèce étudiée. De fait, les spermatozoïdes sont génétiquement différents des autres cellules (cellules somatiques, soit autres que les gamètes et cellules germinales). D'ailleurs, les spermatozoïdes contiennent plus d'ADN nu (très condensé et protégé) que d'ADN mt (en beaucoup moins grande quantité). La dispersion de l'ADNe qui vient des spermatozoïdes est grande en eau courante. Ainsi, le ratio ADN nu/mt peut être utilisé pour déterminer si l'échantillon était constitué de l'ADN de semence et valider que le prélèvement a été conduit en période de fraie.

Le site du pont de la Péribonka est une frayère confirmée pour le touladi depuis 2015. La zone de contre-courant créée en rive droite à l'aval immédiat du pont a été échantillonnée à tous les jours pendant la période de fraie, pour un total de 10 échantillons. Cette station a été échantillonnée sous forme d'échantillons composites. Ce type d'échantillon se définit comme étant un échantillon combiné de trois sous-échantillons de 2,2 L.

5.5.3 Échantillonnage d'eau et filtration

Pour l'ensemble des sites, l'échantillonnage d'eau a été effectué à proximité de la rive, relativement près du fond, soit entre 1,0 et 1,5 m du substrat, avec le port de gants de latex. L'échantillonneur utilisé est une bouteille horizontale Alpha de 2,2 L (Wildco; photo 9). De fait, une profondeur d'eau similaire a été ciblée pour l'ensemble des sites. À l'origine, la proximité de l'échantillonnage avec le fond du réservoir est en lien avec l'avis de l'Université Laval à savoir que l'ADN a tendance à sédimenter (Guillaume Côté, comm. pers., septembre 2015). Toutefois, le prélèvement doit également prendre en compte l'utilisation de l'habitat par l'espèce étudiée. Dans les deux cas, il a été jugé que les détections d'ADNe seraient favorisées par un échantillon prélevé entre la mi-hauteur de la colonne d'eau et le fond du réservoir, plutôt qu'un échantillonnage de surface (0-30 cm). Afin d'augmenter les chances de détection d'ADNe, un échantillonnage d'un volume d'eau plus important, soit deux prélèvements de 2,2 L (2 sous-échantillons), a également été tenté en 2015, mais le filtre avait tendance à colmater avant la fin de la filtration du volume d'eau (4,4 L). Puisque le volume filtré ne pouvait être connu, le volume a été restreint à 2,2 L.

Les échantillons d'eau ont été prélevés tout juste avant la pose des filets maillants sur les frayères (photo 9), soit en fin d'après-midi, et la filtration des échantillons avait lieu le lendemain matin. Entre leur prélèvement et leur filtration, les échantillons d'eau ont été conservés à la noirceur et au frais (4 °C). Entre chacune des stations, l'échantillonneur a été bien nettoyé et désinfecté, et ce, avant chacun des prélèvements pour éviter les « faux positifs » (contamination des échantillons). Chaque échantillon a été transféré dans un pot stérile, et propre à la station. L'ensemble du matériel de prélèvement d'eau pour des fins d'ADNe (bouteille Alpha, pots stériles) était conservé dans un bac étanche afin d'éviter toute trace de contamination. Ce bac a été retiré des embarcations lors des activités de pêche, et conservé dans un autre bac dans la boîte du camion. Entre leur prélèvement et leur filtration, tous les échantillons d'eau ont été conservés dans une glacière réservée et bien identifiée pour le volet ADNe.

Un total maximal de 80 échantillons d'eau pour des fins d'analyses génétiques devait être prélevé en 2018 dans le cadre du suivi. L'échantillonnage a eu lieu en deux périodes, soit, d'une part, de façon ponctuelle avant la période de fraie du touladi (en août) et, d'autre part, de façon plus soutenue pendant la période de suivi de l'utilisation des frayères (en octobre). Le tableau 11 présente les échantillonnages prévus en fonction de la période (avant et pendant la fraie), des sites et des jours de pêche. Pour la période d'avant la fraie, un seul échantillon a été collecté à chacune des stations.

Pour la période « pendant la période de reproduction », la stratégie d'échantillonnage était basée sur l'arrimage entre les déplacements prévus sur le réservoir pour les pêches nocturnes sur les frayères et les échantillonnages d'eau pour l'ADNe. Ainsi, l'échantillonnage d'eau a été effectué en alternance d'une journée à l'autre dans le secteur amont du réservoir (combinaison des stations PE1870, Épi, Pont, Témoin) et dans le secteur aval (combinaison des stations des digues A et B et de la frayère à doré). Selon la stratégie d'inventaire prévue, les frayères aménagées pour le touladi (PE1654, PE1697) de même que le site du pont ont été échantillonnés quotidiennement pendant toute la période de suivi de la fraie, alors que les autres sites ont été échantillonnés aux deux jours.

En 2018, la frayère à doré de la rivière au Serpent a été ajoutée comme site additionnel dans le cadre du volet ADNe, pour un nombre d'échantillons compris entre 3 et 5 sur ce site, dépendamment du temps disponible lors de la campagne d'inventaire. De plus, rappelons que le contre-courant en rive droite en aval immédiat du pont de la Péribonka a été échantillonné tous les jours (échantillon composite), pour des fins d'analyse du ratio ADN nu/mt.

Au final, ce sont 77 échantillons d'eau (incluant 11 filtres négatifs) qui ont pu être prélevés dans le cadre du suivi en 2018. Les mauvaises conditions météorologiques du 4 octobre n'ont pas permis l'échantillonnage des stations PE1697, PE1654 et de la frayère à doré (voir **X rouge** dans le tableau 11).

Tableau 11: Calendrier de l'échantillonnage d'eau pour le volet ADN en 2018 (avant et pendant la fraie)

Date du suivi 2018	Échantillonnage d'eau pour l'ADN mitochondrial										Ratio ADN nu/mt ^B	Total
	PE1870	Épi	Pont	PE1697	PE1654	Témoin	Digue A	Digue B	Frayère à doré ^A	Filtre négatif	Pont (contre-courant)	
Avant la période de reproduction												
07-août			X			X				X		3
08-août	X	X		X	X		X	X	X	X		8
13-août									X	X		2
												13
Pendant la période de reproduction												
03-oct	X	X	X	X	X	X				X	X	8
04-oct			X	X ^C	X ^C		X	X	X ^C	X	X	5
05-oct	X	X	X	X	X	X				X	X	8
06-oct			X	X	X		X	X	X	X	X	8
07-oct	X	X	X	X	X	X				X	X	8
08-oct			X	X	X		X	X	X	X	X	8
09-oct	X	X	X	X	X	X				X	X	8
10-oct			X	X	X		X	X	X	X	X	8
11-oct	X	X	X	X	X					X	X	8
12-oct			X	X	X		X	X	X	X	X	8
13-oct			X								X	2
TOTAL	5	5	11	9	9	4	5	5	4	10	11	79

A : Rivière au Serpent.

B : Prélèvement de 3 sous-échantillons de 2,2 L, pour en faire un seul échantillon composite de 2,2 L pour la filtration.

C : Les X indiqués en rouge représentent les échantillonnages initialement prévus, mais non réalisés.

La filtration a été réalisée le lendemain matin de l'échantillonnage, à l'aide d'un module de filtration à péristaltisme, avec trois têtes de pompe, permettant ainsi la filtration simultanée de trois échantillons (photo 10). La table servant de base de filtration était identifiée et réservée uniquement à cette fin afin de réduire les risques de contamination. Entre chaque série d'échantillons, chacun des tubes a été nettoyé avec 1 L d'eau de javel diluée à 10 % et 2 L d'eau distillée. Les pinces ont été nettoyées et désinfectées entre chaque filtration. Les filtres (1,2 µm, diamètre de 47 mm) contenant le matériel biologique (ADNe) ont été emballés dans du papier d'aluminium, avec une enveloppe identifiée et conservés dans un whirl-pack au congélateur (-20 °C). Ceux-ci ont également été conservés dans le congélateur lors du transport avec des *ice-pack*, et sont demeurés congelés jusqu'au laboratoire de GDG Environnement à Trois-Rivières.



Photo 9 : Échantillonnage d'eau avec une bouteille Alpha de 2,2 L



Photo 10 : Filtration au laboratoire de terrain

5.5.4 Analyses génétiques

Les filtres ont été analysés en sous-traitance au laboratoire de GDG Environnement à Trois-Rivières. Les installations du laboratoire, les méthodes utilisées et les résultats de ces analyses sont présentés dans un rapport fourni à l'annexe D.

Les objectifs suivants étaient visés lors du traitement des échantillons :

- a) s'assurer de la protection de la chaîne de traçabilité et de l'absence d'auto-contamination par l'analyse des filtres-négatifs;
- b) quantifier par la réaction en chaîne par polymérase quantitative (PCRq) l'ADN mitochondrial de touladi retrouvé dans les échantillons d'eau de neuf sites, dont la frayère confirmée au pont de la Péribonka, six autres frayères potentielles (PE1870, épi, PE1697, PE1654, digue A, digue B) pour le touladi, avec l'ajout de la frayère à doré sur la rivière au Serpent, et un site témoin (carte 2), et ce, pour deux périodes d'échantillonnage (pré-fraie, pendant la fraie);
- c) quantifier par PCRq l'ADN nucléaire et mitochondrial de touladi pour la station à l'aval du pont (contre-courant) et mesurer le ratio quotidien d'ADN nucléaire/ADN mitochondrial (ADN nu/Adn mt) pendant la période d'échantillonnage, pour vérifier si cette approche représente un bon indicateur de l'activité de reproduction chez le touladi.

5.5.4.1 Traitement en laboratoire

Les filtres ont été réceptionnés et préservés sur chaîne de froid. Un numéro séquentiel leur a été attribué (voir annexe du rapport à l'annexe D) permettant de suivre leur évolution dans la chaîne de traitement.

Les étapes conduites en laboratoire pour l'extraction de l'ADNe par la PCR quantitative (PCRq) ont impliqué la production de courbes étalons sur les deux portions du gène mitochondrial *cytochrome oxidase sous-unité I* (COI) et sur la portion du gène ITS1 du touladi. De plus, des mesures supplémentaires ont été prises afin de réduire et vérifier la présence d'inhibition et des contaminations croisées durant l'extraction et la PCRq. Il y a eu établissement de la limite de détection (LOD) et de la limite de quantification (LOQ) pour chaque essai, à partir des courbes étalons faites pour les deux portions du gène COI, et la portion du gène ITS1, la prise de décision pour considérer un échantillon comme étant positif, avant la détermination du nombre de copies de gènes par litre d'eau filtrée. Pour les analyses de l'ADN mitochondrial, il y a eu comparaison des résultats avec deux kits d'amorces/sondes (Lacoursière-Roussel et Set 2 GDG).

5.5.4.2 PCR quantitative (PCRq) – ADN mitochondrial

La PCR quantitative (PCRq) est la méthode de choix pour la détection de l'ADNe. En plus d'être plus précise et plus sensible que la PCR traditionnelle, la PCRq permet aussi de quantifier l'ADNe des échantillons (Ellison *et al.*, 2006). En bref, en PCRq, la dégradation de la sonde s'accompagne de fluorescence et le niveau de fluorescence est mesuré en temps réel au cours de chaque cycle de PCR. La PCRq permet ainsi de déterminer le cycle de PCR où le seuil de détection de la fluorescence est atteint (Ct); plus le nombre de copies d'ADN est élevé, plus le seuil est atteint rapidement et plus la valeur de Ct est faible. La quantité absolue d'ADNe est estimée à partir de la comparaison entre les valeurs Ct des échantillons d'ADNe et les valeurs Ct de la courbe d'étalonnage antérieurement calibrée à partir de dilutions de quantités d'ADN connues.

La PCRq utilise la technologie TaqMan MGBtm (LifeTechnologies) et à double quencher Zen/iowa Black FQ (IDT), qui nécessite la présence d'amorces et une sonde amplifiant de courts fragments d'ADN et qui est extrêmement sensible à la variabilité du nombre de paires de bases (« mismatches ») (voir Lacoursière-Roussel *et al.*, 2015 pour le détail sur les amorces et sonde). Ainsi, leur utilisation permet d'avoir moins de bruit de fond et améliore ainsi le signal qui est généré. De façon additionnelle, l'amplification d'un petit fragment permet aussi d'augmenter la probabilité de détecter les fragments d'ADNe en dégradation.

Chez GDG Environnement, la quantification de l'ADNe du touladi dans les échantillons d'eau du réservoir de la Péribonka a été réalisée en PCRq à l'aide de l'appareil StepOnePlus Real Time PCR system (Life Technologies). Dans le cadre de cette recherche, la quantité d'ADNe retrouvée dans 2,2 L d'eau est obtenue par la moyenne de six réplicats pour chaque échantillon. Pour chaque plaque, 6 témoins négatifs sans ADN (No Template Control), 6 témoins positifs (ADN du Touladi; 3 puits à 170 pg/µl; 3 puits à 1.7 pg/µl), et 6 réplicats d'un filtre négatif (blanc d'eau distillée) ont été analysés.

Le volume réactionnel final pour une réaction est de 20 µl. Le Master Mix utilisé est le TaqMan® Environmental Master Mix 2.0 (ThermoFisher Scientific); 1 µl d'amorce F 20 µM (1 µM final); 1 µl d'amorce R 20 µM (1 µM final); 0,50 µl de Sonde Taqman 10 µM (0,25 µM final); 10 µl de TaqMan® Environmental Master Mix 2.0; 5,50 µl eau DEPC MilliQ; 2 µl d'ADN matrice.

5.5.4.3 PCR quantitative (PCRq) – ADN nucléaire

Pour l'ADN nucléaire, GDG Environnement a développé ses propres amorces/sondes (à double quencher ZEN/iowa Black FQ) spécifiques au touladi. Ces amorces/sondes ont été comparées sur des séquences d'ADN existantes et disponibles sur des sites spécialisés afin de valider qu'elles étaient bien spécifiques au touladi. Elles ont ensuite été testées et validées sur de l'ADN de tissus de touladi fourni pour le MFFP, et ensuite sur des échantillons d'eau prélevés et filtrés au printemps lors de la première campagne de terrain (incluant des filtres négatifs pour l'ADNe). C'est la portion du gène nucléaire IST1 du touladi qui est ciblée, car c'est sur cette portion du gène IST1 de l'ADN nucléaire qu'on retrouve spécifiquement sur la semence mâle des poissons (Bylemans *et al.*, 2017). À l'instar de l'ADN mitochondrial, les manipulations ont été réalisées en six (6) réplicats sur les 10 échantillons ciblés, et ce, selon les mêmes conditions.

5.5.4.4 Courbes étalons sur les deux portions du gène COI et sur la portion du gène ITS1

Les deux portions du gène COI, et la portion du gène ITS1 ont été amplifiées à partir d'ADN de touladi, et les gènes ont été purifiés sur gel agarose (gel extract). Puisque le gène de Lacoursière-Roussel *et al.* est trop petit (non retenu par la colonne d'extraction), il a été amplifié via le gène COI complet (620pb ; 353765g/mol et 1 gène = $5,87 \times 10^{-19}$ g).

L'ADN des trois gènes récoltés (120 pb ; 620 pb ; 108pb) a été dosé, et une dilution de l'ADN a été faite pour obtenir une dilution log10 correspondant au point le plus concentré de la courbe étalon.

À partir des trois courbes étalons établies (obtenues à partir de dilutions en série de l'ADN des trois gènes ciblés, qui a été extrait à partir d'une PCR conventionnelle suivi d'une extraction sur un gel d'agarose), les valeurs de Ct des échantillons ont été traduites en nombre de copies de gènes en utilisant l'équation dérivée des courbes étalons.

5.5.4.5 Mesures prises pour réduire et vérifier la présence d'inhibition

Lors de l'extraction de l'ADN, une deuxième étape de lavage avec 500 µl de tampon AW2 a été réalisée, pour bien nettoyer la colonne de filtration. En effet, certains échantillons d'eau filtrés avaient plus de matières en suspension que d'autres, donnant une coloration jaunâtre ou brunâtre à ces extraits d'ADN si cette deuxième étape n'est pas faite.

Dans tous les cas, la valeur de CT obtenue pour les échantillons d'ADNe pur et dilué est identique à celle obtenue avec l'ADN du touladi dilué, suggérant que le deuxième lavage a nettoyé l'ADN et que la présence d'inhibiteurs a été réduite.

5.5.4.6 Prise de décision pour considérer un échantillon positif

La valeur seuil du nombre de copies de gènes prise en compte pour retirer les valeurs faibles a été établie en dessous de 20 copies, valeur en dessous de laquelle l'analyse est trop imprécise, et non reproductible.

Pour déterminer si un échantillon est positif, nous avons établi que le nombre de réplicats positifs sur le total de réplicats (6 réplicats par échantillon) est de 3 (> 20 copies de gènes par réplicat positif) sur un total de 6 réplicats testés.

5.5.4.7 Détermination du nombre de copies de gènes par litre d'eau filtrée

Le nombre de copies de gènes par litre d'eau filtrée est déterminé de la façon suivante :

- a) 2,2 litres d'eau ont été filtrés pour chaque échantillon; la moitié du filtre (ou 2 moitiés de filtre lorsqu'on en avait 2) a été utilisée;
- b) le volume d'eau recueillie est donc de 1,1 litre d'eau par moitié de filtre (ou pour 2 moitiés de filtres lorsqu'on en avait 2);
- c) le volume final d'éluion de l'ADNe est de 40 µL;
- d) 2 µL a été utilisé pour la réaction de PCRq.

Ainsi, pour le nombre de copies par litre, il faut multiplier par 20 pour obtenir la quantité d'ADN retrouvée dans 40 µl et diviser ensuite par 1.1 pour avoir le nombre de copies par litre d'eau filtrée.

6 Résultats

6.1 Conditions dans le réservoir pendant la période d'inventaire

6.1.1 Niveau d'eau

Pour les derniers suivis conduits dans le cadre de la mise en valeur du touladi (2012, 2013, 2015, 2018), les inventaires (intégrité et utilisation des frayères) n'ont pas tous eu lieu exactement à la même période. C'est pour cette raison que la période comprise entre le 1^{er} septembre et le 31 octobre a été retenue à titre comparatif. Pour cette période, les niveaux d'eau ont très peu varié à l'intérieur d'une même campagne (voir les minimum et maximum de chaque année) et entre les années de suivi. Les comparaisons interannuelles du niveau moyen indiquent un écart maximal entre les quatre années de suivi de 0,10 m, ce qui est très faible (tableau 12).

Pendant la période d'inventaire pour la caractérisation des frayères, soit entre le 19 et le 24 septembre 2018, le niveau d'eau journalier moyen du réservoir a varié entre 243,8 m et 244,1 m (moyenne de 243,96 m \pm 0,10 m). Durant la période d'inventaire de la fraie du touladi (3 au 15 octobre 2018), le niveau d'eau a varié entre 243,9 m et 244,1 m (moyenne de 244,06 m \pm 0,07 m). Ainsi, les niveaux lors des deux campagnes (intégrité et utilisation) de même que leurs variations étaient similaires.

Entre le 1^{er} septembre et le 31 octobre 2018, le niveau moyen a été de 244,03 \pm 0,09 m (tableau 12; figure 3). Le niveau d'eau moyen était de 17 cm sous la cote maximale fixée à 244,2 m.

Tableau 12 : Variation du niveau d'eau (m) au limnimètre de la centrale de la Péribonka entre le 1^{er} septembre et le 31 octobre pour les quatre dernières années de suivi du touladi (2012, 2013, 2015 et 2018)

Statistique descriptive	Niveau de l'eau (m)			
	2012	2013	2015	2018
Minimum	243,41	243,84	243,80	243,80
Maximum	244,23	244,08	244,10	244,10
Moyenne	243,98	244,03	243,93	244,03
Médiane	244,01	244,04	243,93	244,1
Écart-type	0,14	0,04	0,08	0,09

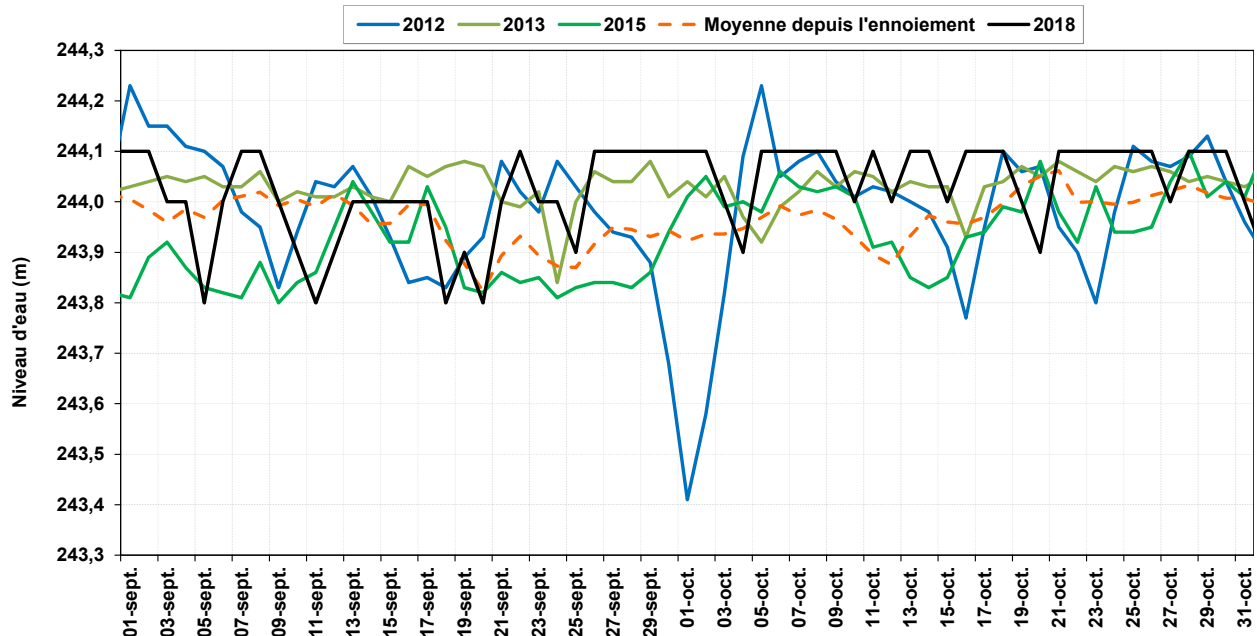


Figure 3 : Niveau d'eau journalier moyen mesuré à la centrale de la Péribonka pour la période comprise entre le 1^{er} septembre et le 31 octobre, pour les quatre dernières années de suivi de la mise en valeur du touladi (2012, 2013, 2015 et 2018)

Puisque les œufs déposés par le touladi sont en incubation jusqu'à leur éclosion au printemps, ceux-ci demeurent sensibles aux effets du marnage du réservoir sur une période étendue. Ainsi, les données de niveaux d'eau comprises entre le 1^{er} septembre et le 31 mai intègrent la totalité du cycle vital à partir de la ponte de l'œuf jusqu'à l'émergence des larves, en passant par l'incubation et l'éclosion des œufs. En moyenne, un faible marnage est rapporté chaque année dans le réservoir de la Péribonka. Pour six des dix années du suivi depuis la mise en eau du réservoir (excluant l'année 2018 qui est en cours), le niveau d'eau a fluctué généralement entre 243,3 m et 244,1 m (marnage de 80 cm). Toutefois, des baisses de niveau en dessous de 243,3 m sont rapportées pour quatre années en phase d'exploitation (2008, 2014, 2016 et 2017), dont deux années successives récemment (2016 et 2017) (figure 4).

En septembre 2016, soit en pré-fraie, la cote 242,8 m a été enregistrée. Toutefois, c'est en 2014 que le plus bas niveau a été enregistré depuis l'ennoiement, soit à la fin mai 2014 (242,7 m), où le niveau a atteint la cote minimale d'exploitation, qui se situe à 1,5 m sous le niveau minimal d'exploitation (244,2 m) (figure 4). Il s'agit du marnage maximal prévu pour cette période selon l'étude d'impact (1,5 m; Hydro-Québec, 2003), soit entre la ponte des œufs de touladi à l'automne et l'émergence des larves au printemps suivant.

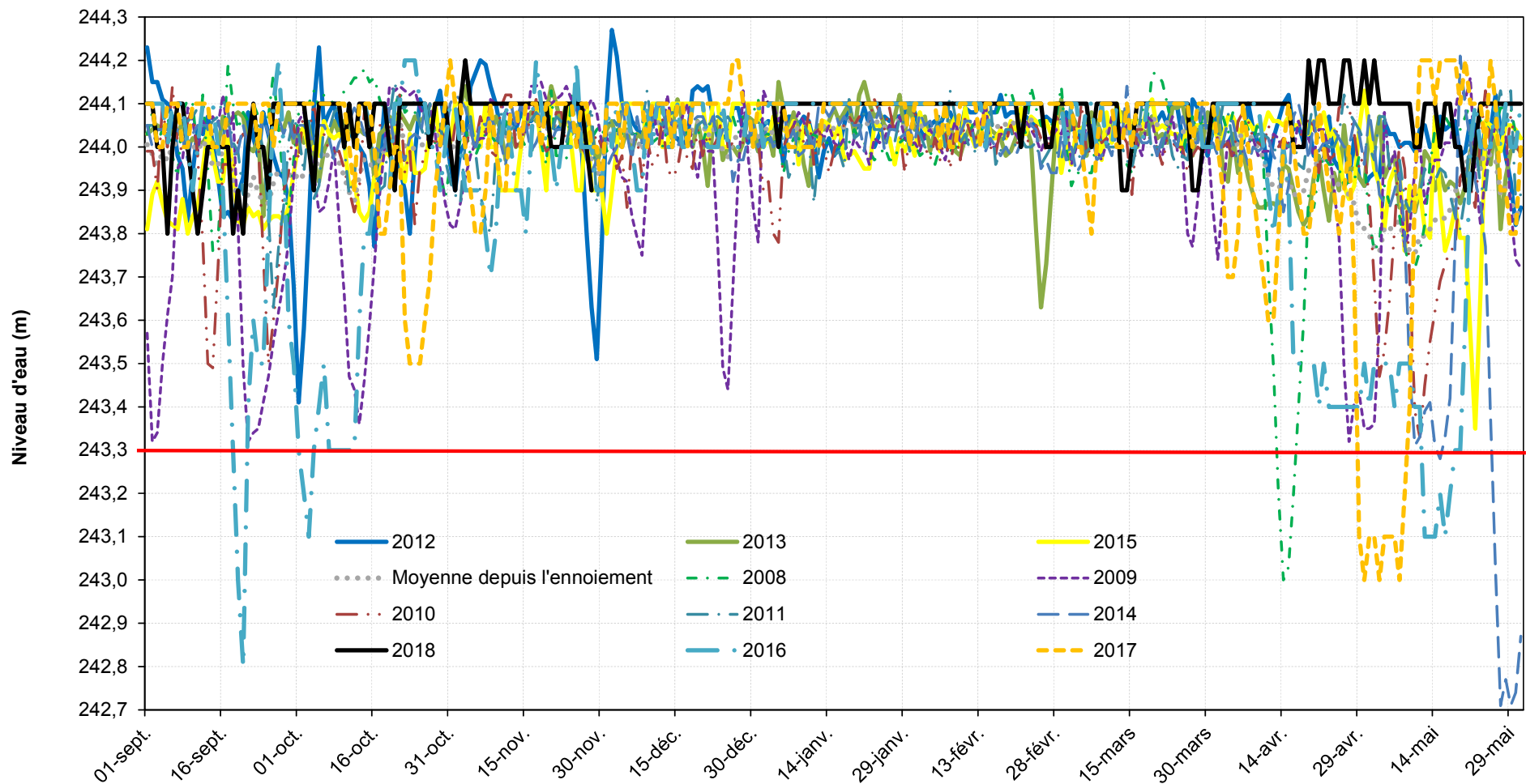


Figure 4 : Niveau d'eau journalier moyen mesuré à la centrale de la Péribonka, depuis la mise en eau du réservoir, pour la période comprise entre le 1^{er} septembre et le 31 mai (2008-2018)

Puisque le substrat de fraie des frayères PE1654 et PE1697 a été aménagé à différentes élévations (241,5 à 243,0 m; Environnement Illimité, 2008a), les frayères ont été conçues pour tolérer un marnage jusqu'à 1,5 m. Ainsi, depuis la mise en eau du réservoir, toute la surface des frayères PE1654 et PE1697 est demeurée sous le niveau d'eau (à l'exception d'une mince bande de 0,3 m exondée en mai 2014), assurant ainsi, le cas échéant, le développement des œufs de touladi, et ce, de leur mise en incubation jusqu'à l'émergence des larves du substrat. La gestion du niveau d'eau dans le réservoir de la Péribonka depuis 2007 est conforme à ce qui était prévu et semble adéquate pour la période d'incubation des œufs de touladi, puisqu'elle évite l'exondation de la majeure partie des frayères.

6.1.2 Suivi de la température en période pré-fraie et pendant la fraie

La température de l'eau a été suivie en continu au site du pont avec une sonde satellitaire. Par ailleurs, des thermographes ont été installés à trois autres sites permettant de suivre la température d'un bout à l'autre du réservoir afin de documenter la variabilité spatiale, soit sur les sites suivants : 1) frayère à corégonidés PE1870 en amont; 2) frayère aménagée PE1694 et 3) digue A.

La figure 5 présente les données de température acquises aux 15 minutes pour chacun des sites. Le touladi débute généralement ses activités de reproduction lorsque la température de l'eau amorce sa descente sous les 12 °C.. La période d'inventaire du suivi de l'utilisation des frayères a été devancée quelque peu en 2018 (soit du 3 au 15 octobre 2018) comparativement aux années antérieures de suivi (2012, 2013, 2015), où le pic d'utilisation était noté dès la première nuit de pêche avec une prépondérance rapide des stades ponte et post-ponte (voir section 5.4.1).

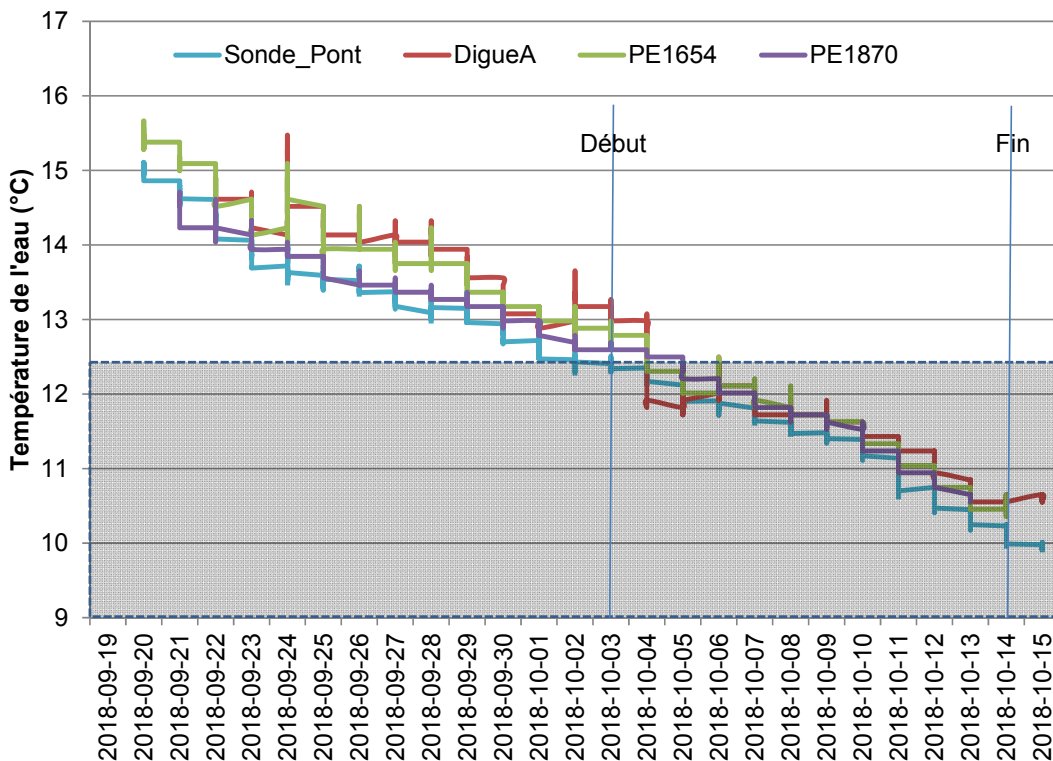


Figure 5 : Suivi de la température à quatre sites de frayères (Pont, Digue A, PE1654, PE1870) entre le 20 septembre et le 15 octobre 2018

Le suivi de l'utilisation des frayères a débuté le 3 octobre alors que la température moyenne journalière de l'eau était de 13,0 °C à la digue A, de 12,8 °C à la frayère aménagée PE1654, de 12,6°C à la frayère à corégonidés PE1870 et de 12,4 °C au site du pont (tableau 13). Le suivi s'est terminé alors que la température de l'eau avoisinait les 10 °C (tableau 13).

Tableau 13 : Variation de la température moyenne journalière de l'eau pendant le suivi de l'utilisation des frayères entre le 3 et le 15 octobre 2018 pour les trois sites avec thermographes (PE1870, PE1654, Digue A), et au site du pont de la Péribonka (sonde satellitaire)

Statistique descriptive	Température de l'eau (m)			
	PE1870	Pont	PE1654	Digue A
Minimum	10,59	9,96	10,49	10,56
Maximum	12,63	12,42	12,82	13,03
Moyenne	11,72	11,31	11,66	11,61
Médiane	11,76	11,46	11,74	11,69
Écart-type	0,68	0,84	0,75	0,76

Les données satellitaires de température de l'eau ont permis de faire coïncider la mobilisation des équipes au terrain et le début du suivi de reproduction avec les températures recherchées pour le touladi, soit environ 12 °C. La chronologie de fraie a ainsi pu être bien documentée en 2018 (voir section 6.4; évolution des stades de maturité, etc.).

À titre comparatif, en 2015, le suivi de l'utilisation des frayères par les géniteurs a été conduit entre le 12 et le 21 octobre 2015, alors que la température moyenne journalière de l'eau a varié entre 12,6 °C et 10,2 °C au site du pont (AECOM, 2016). Ainsi, dans l'ensemble, au niveau des températures de l'eau, le suivi de l'utilisation de 2018 a été réalisé à des températures similaires aux températures observées lors des derniers suivis dans le réservoir (Environnement Illimité, 2013a; 2014a) et à celles rencontrées lors des pêches effectuées pour la récolte de géniteurs dans les deux lacs sources (lacs Manouane et Onistagane), soit entre 9 et 12 °C (Environnement Illimité, 2011, 2012). Toutefois, en termes de période, elle a été devancée d'environ une semaine en 2018. Selon les résultats de pêche obtenus (voir section 6.2), la période d'inventaires préconisée en 2018 a permis de mieux documenter la chronologie de fraie du touladi dans le réservoir de la Péribonka que lors des suivis précédents.

Le refroidissement de l'eau dans le réservoir de la Péribonka se fait très lentement à l'automne. De fait, les résultats du suivi du régime thermique entre 2008 et 2013 (Environnement Illimité, 2014b) indiquent que l'atteinte d'une température de 9 °C survient rarement avant le début novembre dans le réservoir de la Péribonka. L'établissement de la période de reproduction du touladi dans le réservoir tient donc compte de plusieurs facteurs dont la photopériode (Royce, 1951; Martin et Olver, 1980; Muir *et al.*, 2012). Selon Fitzsimons (2012), dans les lacs nordiques, la période de fraie du touladi est pratiquement identique malgré l'influence d'autres facteurs, tels que les vitesses de refroidissement de l'eau et les températures au moment de la fraie.

6.2 Pêches printanières

Des pêches printanières ont été conduites sur deux nuits entre le 16 et le 18 mai 2018, avec des engins de pêche non létaux (pêche à la ligne, filets-trappes Alaska), combinés à des pêches de courte durée aux filets montés à 25 %. Les engins ont été déployés dans des zones peu profondes ou dans des zones de confluence de quelques embouchures de tributaires. Les températures de l'eau lors de l'échantillonnage ont varié entre 2,1 °C et 3,4 °C.

Le positionnement des stations de pêches printanières est illustré à la carte 2. Le secteur pêché est compris entre les PK 179 et 188,5 du réservoir, secteur qui comprend une partie lotique de la rivière Péribonka pour les deux derniers kilomètres en amont.

Au total, 90 poissons ont été capturés lors de cette campagne de pêches printanières. Le tableau 14 indique les neuf (9) espèces récoltées, ainsi que le nombre d'individus capturés à chaque station de pêche. Les espèces qui ont été capturées les plus fréquemment sont la ouitouche (n = 27; 30 %), la lotte (n = 22, 24,4 %) et le meunier noir (n = 19; 21,1 %). On remarque aussi qu'aucun poisson n'a été capturé à la pêche à la ligne malgré un effort de pêche élevé (plus de 15 heures).

Un touladi figure parmi les captures réalisées à l'aide des filets maillants montés à 25% (photo 11). Ce spécimen a été capturé à la station F02, soit à proximité du pont de la Péribonka, en rive gauche, où la profondeur d'eau varie entre 5 et 12 m. Il s'agissait d'un adulte de 790 mm. Une étiquette spaghetti (# 1985 Kaweshekami rouge) lui a été insérée près de la nageoire dorsale avant la remise à l'eau (photos 11 et 12). Grâce à la lecture de ses écailles, un âge minimal de 14 ans a été estimé pour cet individu (voir section 6.4). Il s'agit donc d'un géniteur provenant des lacs sources puisque les juvénilesensemencés ont au plus 12 ans en 2018 (voir section 4.4).

Les filets maillants montés à 25 % ont permis la capture de tous les corégones (n = 8), de même que le touladi, alors que les filets-trappes Alaska ont permis la capture de toutes les autres espèces.



Photo 11 : Touladi adulte capturé lors des pêches printanières près du pont de la Péribonka (étiquette spaghetti # 1985 Kaweshekami rouge), mai 2018



Photo 12 : Remise à l'eau du touladi marqué, mai 2018

Tableau 14 : Résultats des captures par station de pêche (engin) lors des pêches printanières conduites entre le 16 et le 18 mai 2018

Engin	Station	Lotte	Meunier rouge	Meunier noir	Grand corégone	Grand brochet	Ouitouche	Cottus sp.	Méné de lac	Touladi
Filet maillant 2"	F01	1								
Filet maillant 2"	F02	2	1		3					1
Filet maillant 2"	F03		3		5					
Filet maillant 2"	F04	1								
Total Filets maillants	F01-F04	4	4	0	8	0	0	0	0	1
Pêche à la ligne	PL01									
Pêche à la ligne	PL02									
Pêche à la ligne	PL03									
Pêche à la ligne	PL04									
Pêche à la ligne	PL05									
Pêche à la ligne	PL06									
Pêche à la ligne	PL07									
Pêche à la ligne	PL08									
Pêche à la ligne	PL09									
Pêche à la ligne	PL10									
Pêche à la ligne	PL11									
Pêche à la ligne	PL12									
Pêche à la ligne	PL13									
Total Pêche à la ligne	PL01-PL13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trappe Alaska	T01			11		2	18	2		
Trappe Alaska	T02									
Trappe Alaska	T03	3	1	4			4			
Trappe Alaska	T04	1								
Trappe Alaska	T05	1		2						
Trappe Alaska	T06									
Trappe Alaska	T07									
Trappe Alaska	T08	4		1						
Trappe Alaska	T09	7	1	1						
Trappe Alaska	T10						5		1	
Trappe Alaska	T11								2	
Trappe Alaska	T12	2								
Total Trappes Alaska	T01-T12	18	2	19	0	2	27	2	3	0
Total pour tous les engins		22	6	19	8	2	27	2	3	1

6.3 Suivi de l'intégrité physique des frayères aménagées et de la qualité de l'habitat sur les autres sites

6.3.1 Frayère aménagée pour le touladi PE1697

6.3.1.1 Comparaison des relevés bathymétriques

Les relevés bathymétriques de 2018 (carte 3) ont été faits sur 56 transects transversaux et 11 transects longitudinaux. L'analyse comparative des relevés bathymétriques de 2015 et de 2018 indique que la très grande majorité des différences d'élévation se retrouvent dans l'intervalle de -0,30 m à 0,30 m à l'intérieur des limites de la frayère aménagée (carte 5). Cette différence d'élévation est mineure, soit de l'ordre de grandeur des plus gros galets composant le substrat de fraie. Ce résultat indique donc qu'il n'y a pas eu de changements significatifs entre les deux bathymétries (2015 vs 2018).

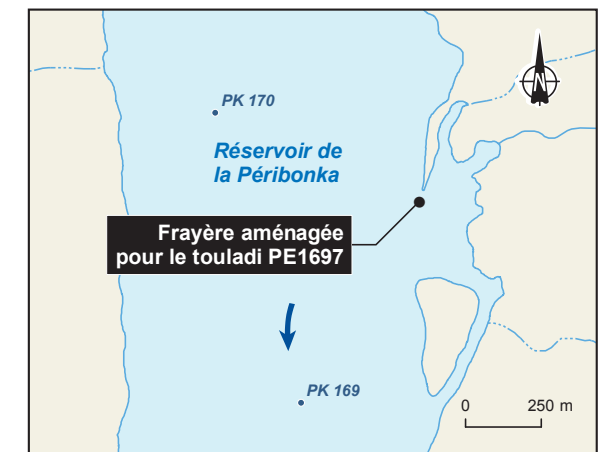
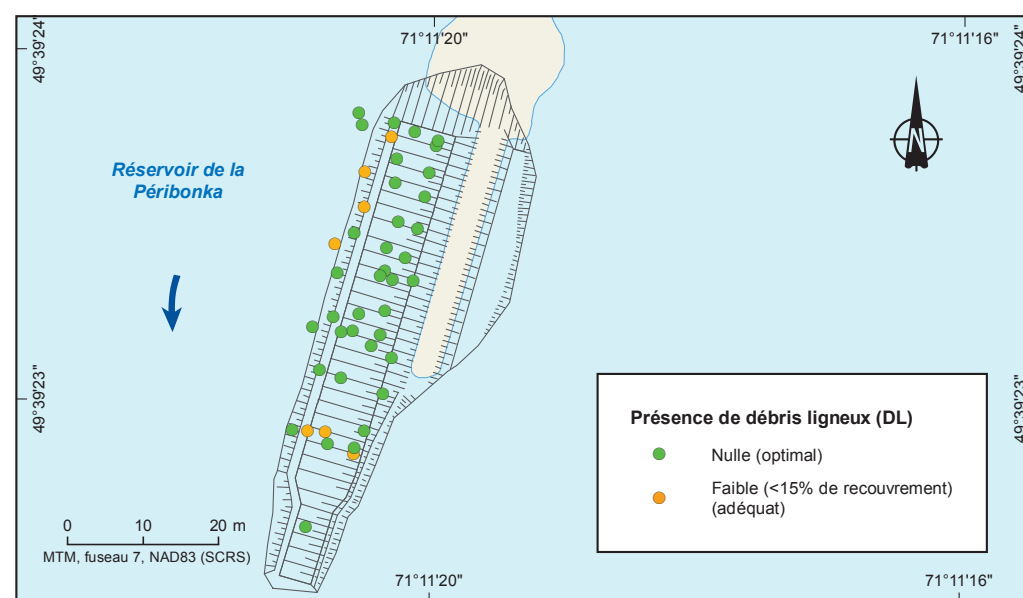
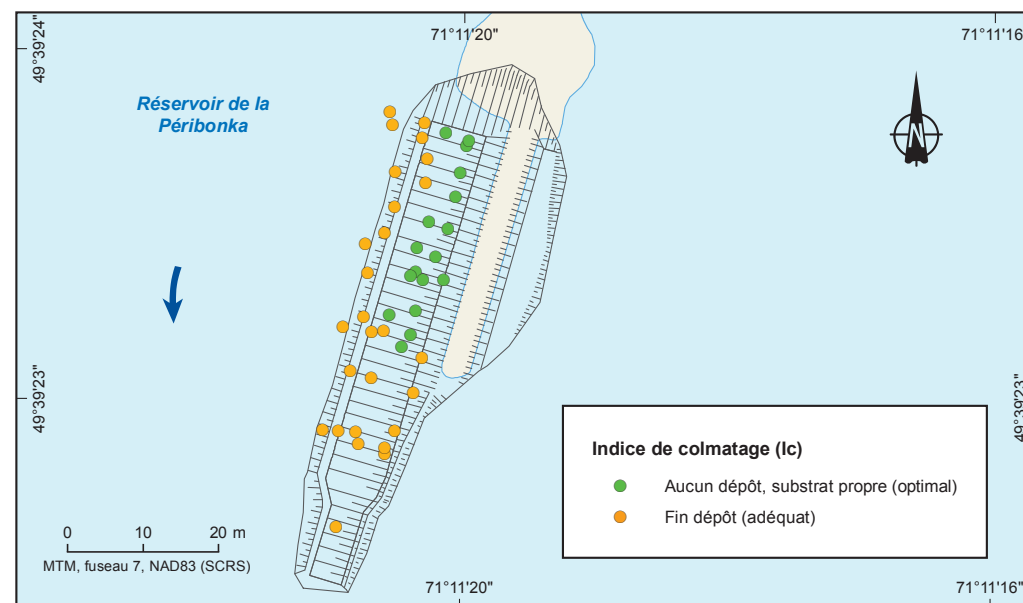
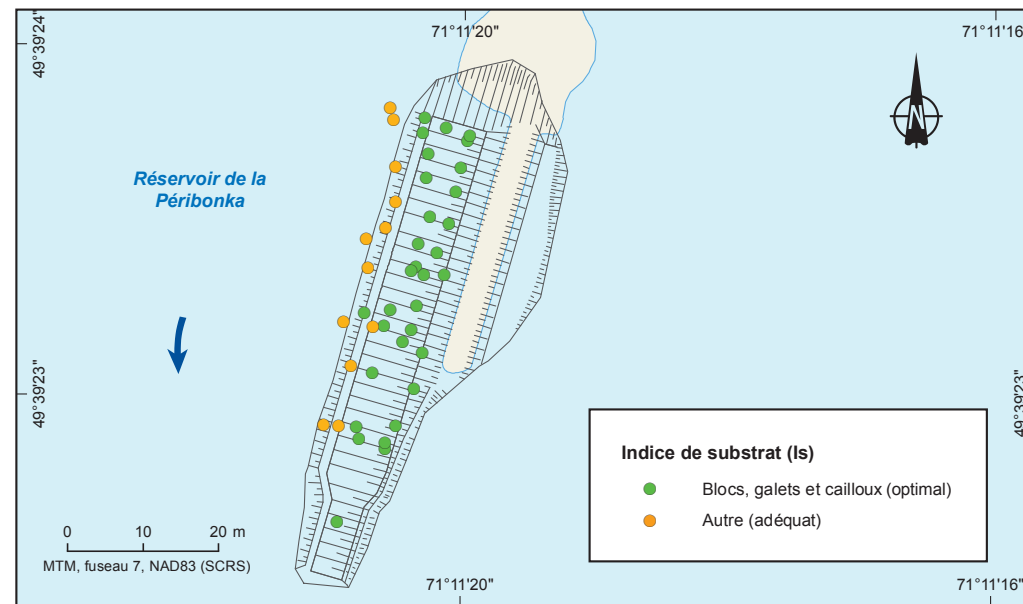
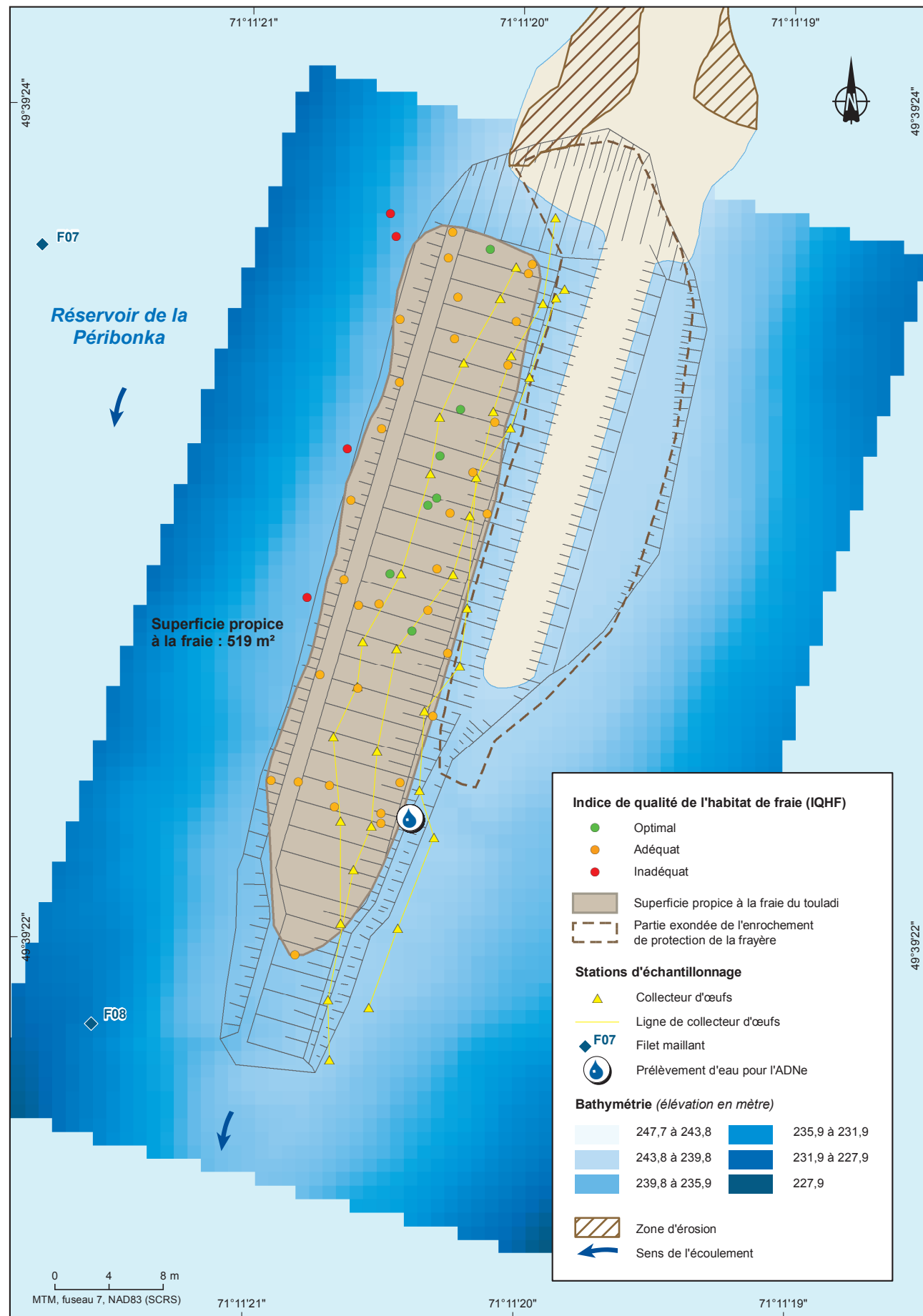
Globalement, les résultats obtenus démontrent que la bathymétrie de la frayère PE1697 n'a pas changé depuis 2015 et donc, que l'affaissement qui avait été observé entre le plan tel que construit (TQC, 2007) et les données de 2008 n'a pas progressé entre 2015 et 2018.

Par ailleurs, le remblai de la frayère a été délimité par relevé topographique le 19 septembre 2018. La partie exondée de l'aménagement est illustrée à la carte 3. La cote maximale de l'enrochement en rive est de 244,5 m, soit 0,3 m de plus que la cote maximale du réservoir (Environnement Illimité, 2008a).

6.3.1.2 Évolution de l'érosion sur les deux pentes de talus

Selon les observations réalisées en septembre 2018 (photos 13 à 15), l'érosion observée de chaque côté de la frayère aménagée PE1697 sur les deux pentes de talus (face exposée à l'ouest et baie arrière à l'est) semble avoir progressé depuis 2013 (photo 16) et depuis le dernier suivi de 2015 (photos 17 et 18). La photo 19 montre le rétrécissement du talus par le haut, tel qu'observé en date de septembre 2018.

En 2015, le haut de talus a fait l'objet d'un relevé topographique permettant de délimiter les marges du talus. Le 17 septembre 2015, la largeur de la base du talus était de 9 m alors que largeur en haut du talus se limitait à 1,5 m par endroits (carte 3). En date du 19 septembre 2018, la largeur de la base conserve 9 m, mais le haut du talus se limite maintenant à 0,45 m. Le haut de talus a également perdu entre 0,15 cm et 0,40 cm de hauteur. La couche de matière organique présente au-dessus du sol en 2015 a complètement disparu en 2018 dans la partie érodée. Il est donc jugé important de continuer de suivre l'évolution du phénomène d'érosion à cette frayère, notamment l'extrémité enrochée du talus où le substrat est instable et décroche sur chacune des pentes de talus.



Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
 Mise en valeur du touladi – Suivi 2018

Suivi de l'intégrité physique, de la qualité de l'habitat et de l'utilisation de la frayère aménagée PE1697 par le touladi

Sources :
 Frayère tel que construit, Environnement Illimité, 2008
 BGAP, Hydro-Québec Équipement et services partagés, juin 2015
 Inventaire et cartographie : AECOM, 2018
 Fichier : 5144_suc3_tet_135_PE1697_190527.mxd

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec : Géomatique, Hydro-Québec Innovation, équipement et services partagés.

**Décrochage du substrat à l'avant de la frayère
PE1697 (côté ouest)**



Photo 13 : Talus en érosion 2018 (PE1697)

**Frayère PE1697
(vue de face)**



Photo 14 : Talus en érosion 2018 (PE1697)

**Zone d'érosion à l'arrière de la frayère
PE1697 (côté est)**



Photo 15 : Talus en érosion 2018 (PE1697)



**Photo 16 : Talus en érosion 2013 (tirée
d'Environnement Illimité, 2014a)**



Photo 17 : Talus en érosion 2015 (AECOM 2016)



Photo 18 : Talus en érosion 2015 (AECOM 2016)



Photo 19 : Rétrécissement du talus à la frayère aménagée PE1697, septembre 2018

6.3.1.3 Intégrité physique

Le relevé bathymétrique confirme la présence d'une pente relativement faible pour l'intervalle de profondeur 0-3 m (carte 3) des deux côtés (ouest/est) de la frayère. Cette pente s'accroît assez rapidement pour l'intervalle de profondeur 3-6 m. Au-delà de 6 m de profondeur, la pente atteint sa plus forte pente et demeure constante pour atteindre des profondeurs considérables des deux côtés de la frayère. À la pointe sud de la frayère aménagée, la pente de la zone 0-3 m est encore plus faible que sur les côtés, avant de s'accroître assez rapidement par la suite pour l'intervalle de profondeur 3-6 m.

L'intégration de l'ensemble des observations et de l'analyse des relevés au site de la frayère aménagée PE1697 indique que cette frayère aménagée est stable en termes d'élévation (profondeur) par rapport au niveau du réservoir. Toutefois, l'érosion de chaque côté du talus de la frayère et d'une zone de décrochage de l'enrochement demeure à surveiller.

L'évaluation de l'état de cette frayère en 2018 semble meilleure qu'en 2015 au niveau de l'accumulation de débris ligneux. Pour le colmatage, les évaluations effectuées sur l'ensemble de la frayère démontrent sensiblement le même résultat qu'en 2015, soit un fin dépôt de sédiments qui se soulève facilement par un déplacement d'eau.

6.3.1.4 Qualité de l'habitat de fraie

À la frayère PE1697, l'évaluation *a posteriori* des différents indices de qualité d'habitat de fraie (profondeur, substrat, colmatage, débris ligneux) a été faite sur les 15 transects géoréférencés via l'analyse de 44 quadrats de caractérisation.

Selon les évaluations de 2018, la composition du substrat et l'importance du colmatage sont adéquats sur l'ensemble de la frayère. Quelques points de caractérisation ont été jugés trop profonds pour être considérés comme adéquats (carte 3), mais ces quadrats se situent à l'extérieur de la frayère aménagée. L'indice de qualité de fraie (IQHF) est estimé comme adéquat ou optimal sur 519 m², ce qui correspond à une légère augmentation comparativement aux valeurs observées en 2015 (447 m²) et à celles de 2013 (488 m²) (Environnement Illimité, 2013a). Cette superficie est également supérieure à celle aménagée à l'origine (430 m²) puisqu'une partie de l'enrochement de soutien (pierres dynamitées) a été incluse dans l'évaluation. Même si ces pierres n'obtiennent pas la même valeur à l'attribution des indices de qualité, il n'en demeure pas moins qu'elles peuvent être potentiellement utilisées pour la fraie du touladi.

6.3.2 Frayère aménagée pour le touladi PE1654

6.3.2.1 Comparaison des relevés bathymétriques

Les relevés bathymétriques de 2018 ont été faits sur 27 transects transversaux et 17 transects longitudinaux. À l'instar de la frayère PE1697, la très grande majorité des différences d'élévation à l'intérieur des limites de la frayère aménagée se retrouvent dans l'intervalle de -0,30 m à 0,30 m (carte 5). Ces résultats indiquent qu'il n'y a pas eu de changements significatifs entre les deux relevés bathymétriques (2015 vs 2018), et ce, pour les mêmes raisons que citées précédemment (voir PE1697). La compaction qui avait été observé entre le plan TQC (2007) et les données de 2008 n'a pas progressé entre 2015 et 2018.

Le remblai de la frayère a été délimité par relevé topographique le 18 septembre 2018. La partie exondée de l'aménagement est illustrée à la carte 4. À l'instar de la frayère PE1697, la cote maximale de l'enrochement en rive atteint une altitude supérieure de 0,3 m par rapport à la cote maximale du réservoir, soit 244,5 m.

6.3.2.2 Intégrité physique

L'intégration de l'ensemble des observations et de l'analyse des relevés au site de la frayère aménagée PE1654 indique que celle-ci est stable en termes d'élévation (profondeur) et ne présente aucun signe d'affaissement. Aucune zone d'érosion n'a été observée le long de la frayère aménagée, ni à proximité de celle-ci.

Le relevé bathymétrique confirme la présence d'une pente relativement faible pour l'intervalle de profondeur 0-3 m (carte 4). Cette pente s'accroît par la suite assez rapidement pour l'intervalle de profondeur 3-6 m. Au-delà de 6 m de profondeur, la pente s'adoucit légèrement et demeure constante pour atteindre des profondeurs considérables en s'éloignant de la rive.

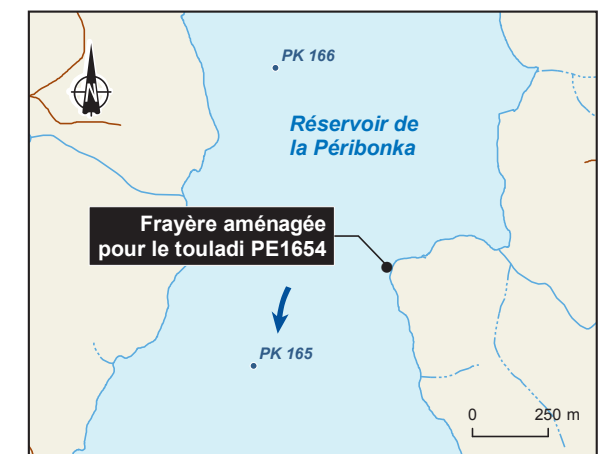
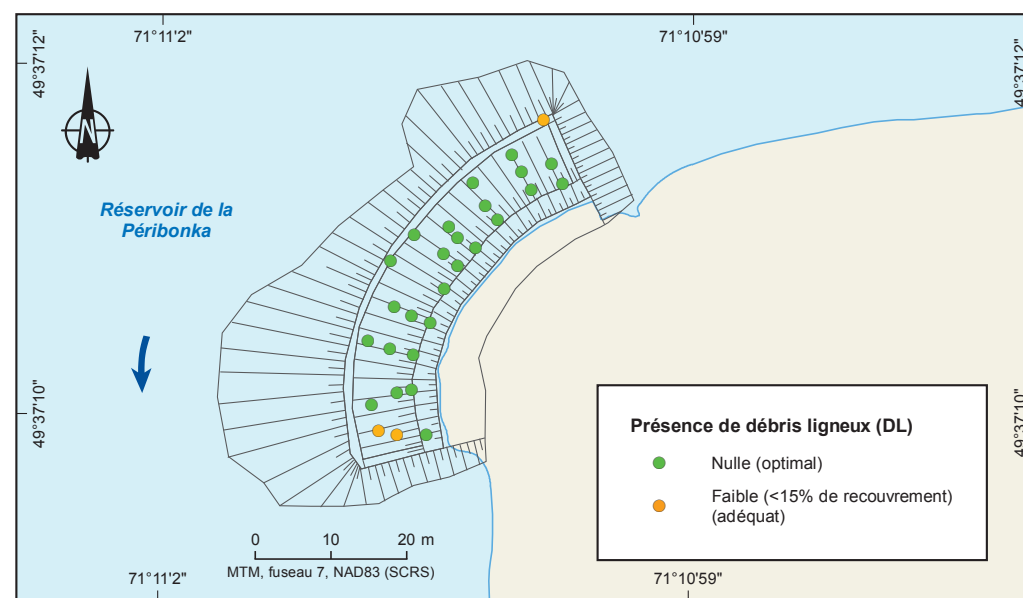
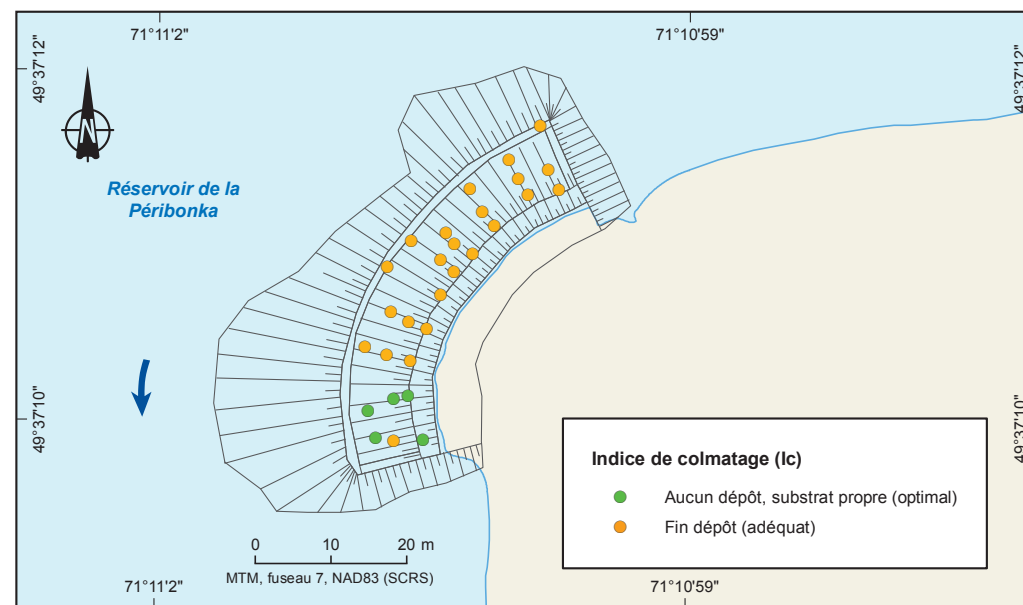
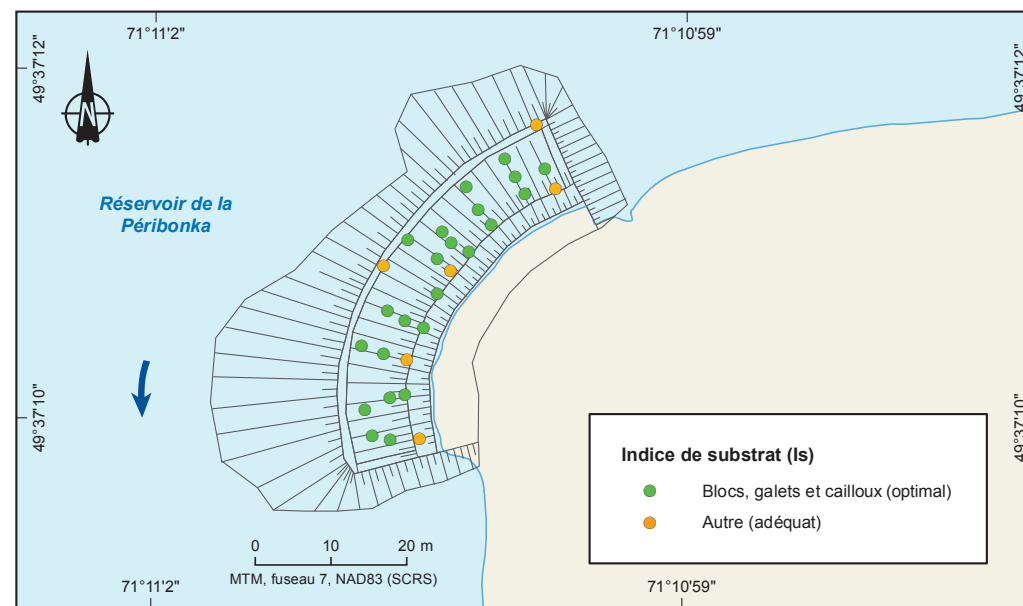
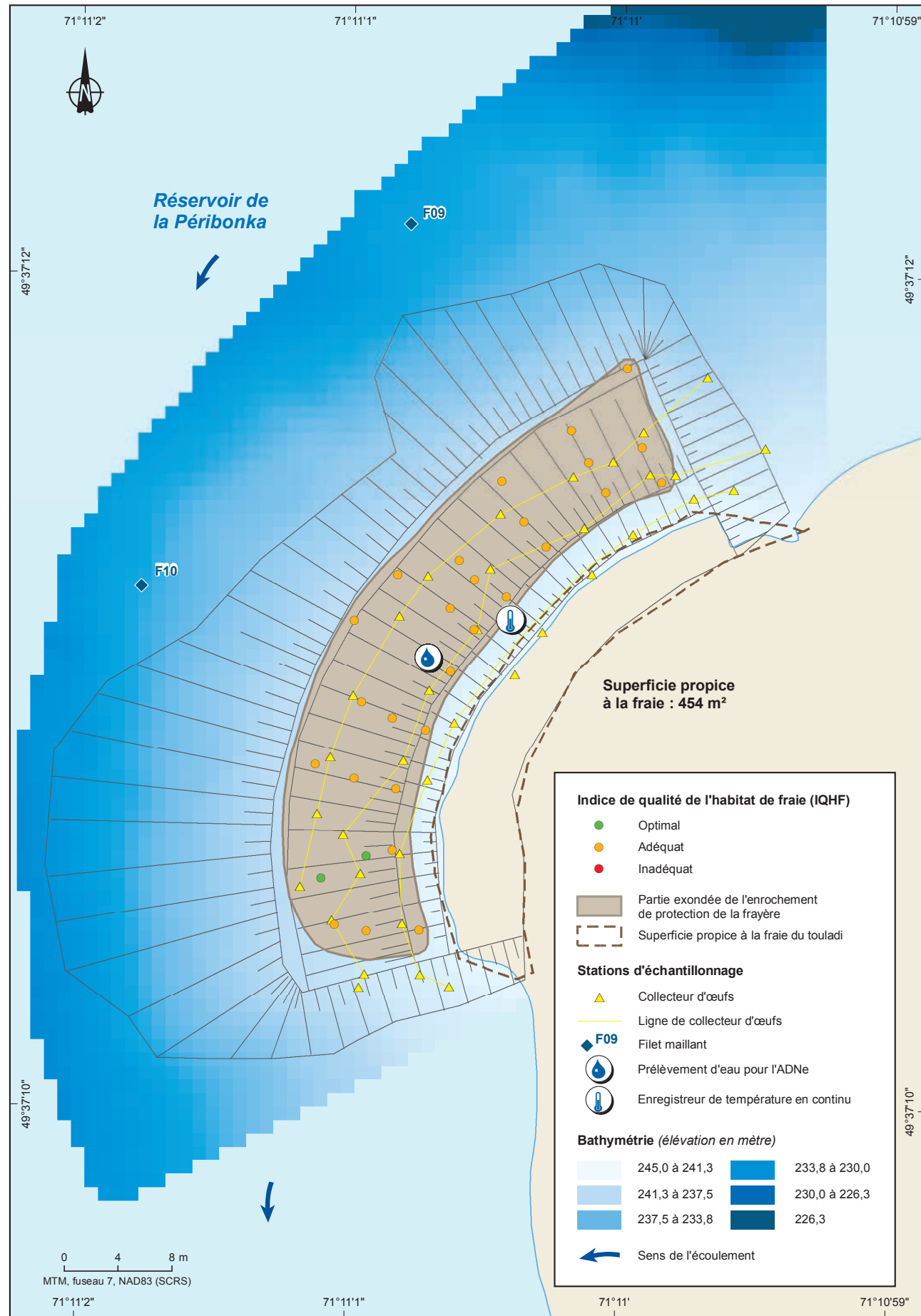
L'évaluation de l'état de cette frayère en 2018 démontre sensiblement les mêmes résultats qu'en 2015, autant du côté du colmatage que des débris ligneux. En effet, le substrat de fraie est moins colmaté sur cette frayère et les débris ligneux y sont moins abondants que lors des suivis de 2012 et 2013.

6.3.2.3 Qualité de l'habitat de fraie

L'évaluation *a posteriori* des différents indices (profondeur, substrat, colmatage, débris ligneux) de qualité d'habitat de fraie a été faite sur les 10 transects géoréférencés (n = 29 quadrats de caractérisation) à la frayère PE1654. Selon les évaluations de 2018, le substrat (granulométrie, absence de débris ligneux) et la profondeur sont adéquats sur l'ensemble de la frayère. De fait, sur presque la totalité des points de caractérisation (carte 4), on retrouve un indice de débris ligneux optimal. Ce constat avait aussi été observé en 2015. Quant au colmatage du substrat, aucun quadrat de caractérisation n'a un indice inadéquat pour la fraie. Quelques quadrats (n = 5) ont même obtenu un indice de colmatage optimal. Tout comme en 2015, le colmatage du substrat de fraie par la matière organique n'est donc pas jugé problématique pour cette frayère, contrairement au suivi de 2012 où un dépôt important de matière organique avait été rapporté sur l'ensemble de celle-ci.

En 2012, un examen sommaire de la nature du dépôt à l'aide d'une loupe binoculaire montrait que celui-ci était un biofilm brunâtre, principalement composé d'algues filamenteuses avec quelques capsules de silice provenant de diatomées et de la matière organique (Environnement Illimité, 2012). Ce même type de dépôt a également été rapporté en 2013, réduisant la surface propice à la fraie du touladi. L'évaluation faite en 2015 a permis d'observer que l'épaisseur du dépôt s'est nettement réduite depuis 2013. Le suivi de 2018 a démontré que ce dépôt est demeuré plutôt mince depuis 2015.

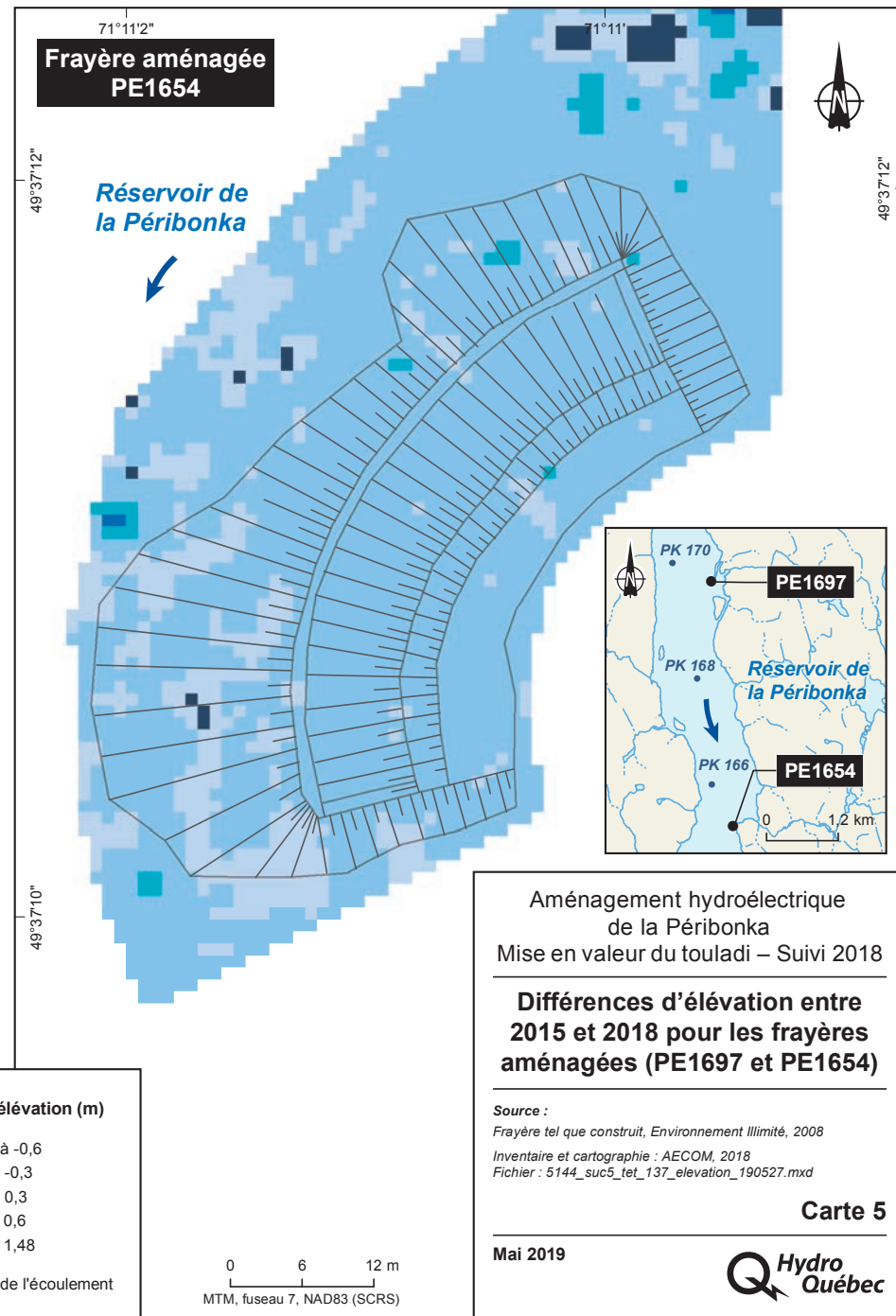
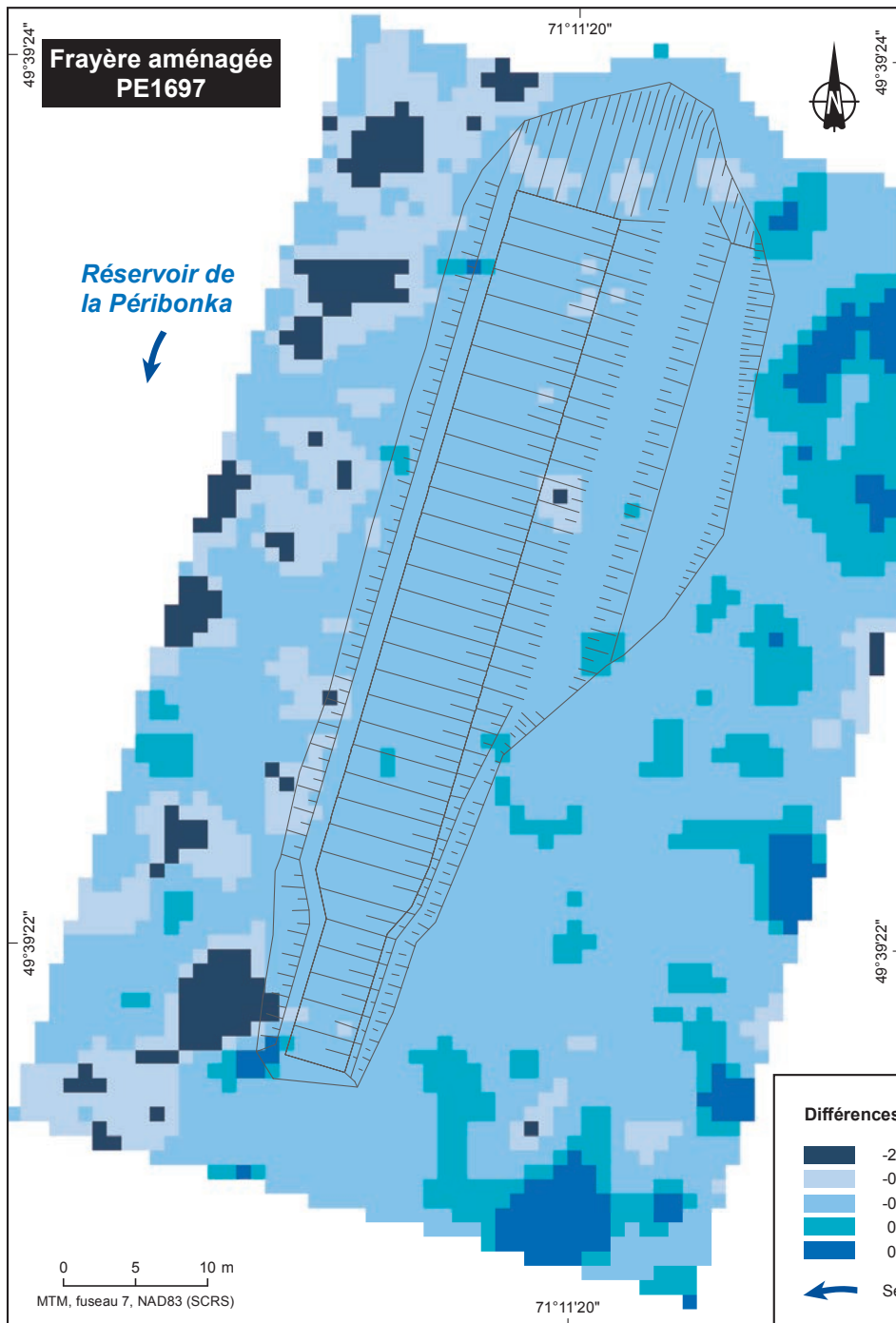
L'indice de qualité d'habitat de fraie (IQHF) sur la frayère PE1654 est considéré adéquat ou optimal sur 454 m², ce qui correspond pratiquement à la même valeur qui avait été évaluée en 2015 (487 m²). Les nettoyages effectués sur cette frayère au cours des différents suivis, combinés au nettoyage naturel occasionné par les vagues et les courants, ont donc permis de faire passer la superficie de fraie de 0 m² en 2012, à 101 m² en 2013, puis à 454 m² en 2018. Cette dernière superficie est supérieure à celle aménagée (400 m²) puisqu'elle comprend une partie de l'enrochement de soutien (pierres dynamitées).



Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
Mise en valeur du touladi – Suivi 2018

Suivi de l'intégrité physique, de la qualité de l'habitat et de l'utilisation de la frayère aménagée PE1654 par le touladi

Sources :
Frayère tel que construit, Environnement Illimité, 2008
BGAP, Hydro-Québec Équipement et services partagés, juin 2015
Inventaire et cartographie : AECOM, 2018
Fichier : 5144_suc4_tet_136_PE1654_190527.mxd



6.3.3 Frayère potentielle de la digue A

6.3.3.1 Bathymétrie

La digue A est d'une longueur de 500 m et constitue un site potentiel de fraie pour le touladi. C'est pour cette raison que ce site a été ajouté aux sites de frayères potentielles à l'étude dans le cadre du présent suivi, tout comme la digue B.

Les relevés bathymétriques ont été faits sur toute la longueur de cette digue. Au total, 25 transects transversaux et 6 transects longitudinaux ont été réalisés (carte 6). Les courbes bathymétriques générées à partir des relevés démontrent que la pente de la digue A est forte (entre 45 % et 60 %) et très régulière. À une distance de seulement 50 m de la rive au centre de la digue A, une profondeur de 23 m est atteinte.

6.3.3.2 Qualité de l'habitat de fraie

Au site de la digue A, l'évaluation *a posteriori* des différents indices (profondeur, substrat, colmatage, débris ligneux) de qualité d'habitat de fraie a été faite sur les 25 transects de bathymétrie géoréférencés (n = 58 quadrats de caractérisation). Les résultats obtenus indiquent que la présence de débris ligneux observée sur la partie sous-marine de la digue A ne semble pas être problématique puisque les évaluations de cet indice passent d'optimal à adéquat. L'indice de colmatage a été jugé adéquat pour la majorité des quadrats de caractérisation. Seulement deux d'entre eux ont obtenu un indice inadéquat (carte 6). Pour le type de substrat, l'ensemble de la digue a été aménagé avec de la pierre dynamitée, ce qui, à la base, donne une valeur inférieure à l'indice attribué normalement pour des pierres naturelles (indice de 0,5 au lieu de 1). Cependant, certains secteurs de cette digue ne sont pas complètement inintéressants pour la fraie du touladi. En effet, dans plusieurs quadrats évalués, la présence d'un substrat composé de blocs, de galets et de cailloux a été observée. Tout comme l'enrochement du pont, ce substrat de pierre dynamitée pourrait éventuellement offrir une surface de fraie pour le touladi.

L'indice de qualité de fraie (IQHF) est estimé comme adéquat sur 5 183 m². Étant donné la forte pente de la digue, l'évaluation de la qualité de fraie s'est concentrée sur les premiers mètres de distance par rapport à celle-ci. En effet, après un maximum de 15 mètres linéaires en partant de la digue, la profondeur dépasse la valeur maximum accordée pour un habitat de fraie adéquat (>6 m).

6.3.4 Frayère potentielle de la digue B

6.3.4.1 Bathymétrie

La digue B est d'une longueur de 125 m et constitue également un site potentiel de fraie pour le touladi (carte 7). Les relevés bathymétriques ont été faits sur toute la longueur de cette digue. Au total, 10 transects transversaux et 6 transects longitudinaux ont été réalisés. Les courbes bathymétriques générées à partir des relevés démontrent que la pente de la digue B est assez forte (entre 30 et 60 %) et est très régulière. À une distance de seulement 30 m de la rive au centre de la digue B, une profondeur de 10 m est atteinte.

6.3.4.2 Qualité de l'habitat de fraie

Au site de la digue B, l'évaluation *a posteriori* des différents indices (profondeur, substrat, colmatage, débris ligneux) de qualité d'habitat de fraie a été faite sur 8 transects géoréférencés (n = 17 quadrats de caractérisation). Tout comme le substrat de la digue A, celui de la digue B est composé de pierres dynamitées. Cependant, il est surtout formé de gros blocs, ce qui le rend *a priori* moins attrayant pour la fraie du touladi. Aussi, en raison de sa position, la digue B a tendance à accumuler plus de débris ligneux et de matière organique, comme le démontrent certaines valeurs inadéquates qui lui ont été attribuées (carte 7). Dans l'ensemble toutefois, l'indice de colmatage s'avère adéquat pour la fraie.

L'indice de qualité d'habitat de fraie (IQHF) est estimé comme adéquat sur un total de 805 m². Tout comme pour la digue A, les évaluations du substrat ont été réalisées sur une distance de plus ou moins 15 mètres linéaires à partir de la digue.

6.3.5 Frayère aménagée pour les corégonidés PE1870

La frayère PE1870 a été aménagée pour les corégonidés afin de compenser les pertes potentielles d'habitat pour cette famille de poisson. Ce site aménagé en milieu lotique pour les corégonidés comprend trois frayères distinctes (A, B, et C, de l'aval vers l'amont). Deux de ces surfaces sont situées au sud d'une petite île tandis que la troisième se trouve directement au nord de celle-ci (carte 8). Les pentes y sont faibles et il n'y a pas de zones profondes à proximité.

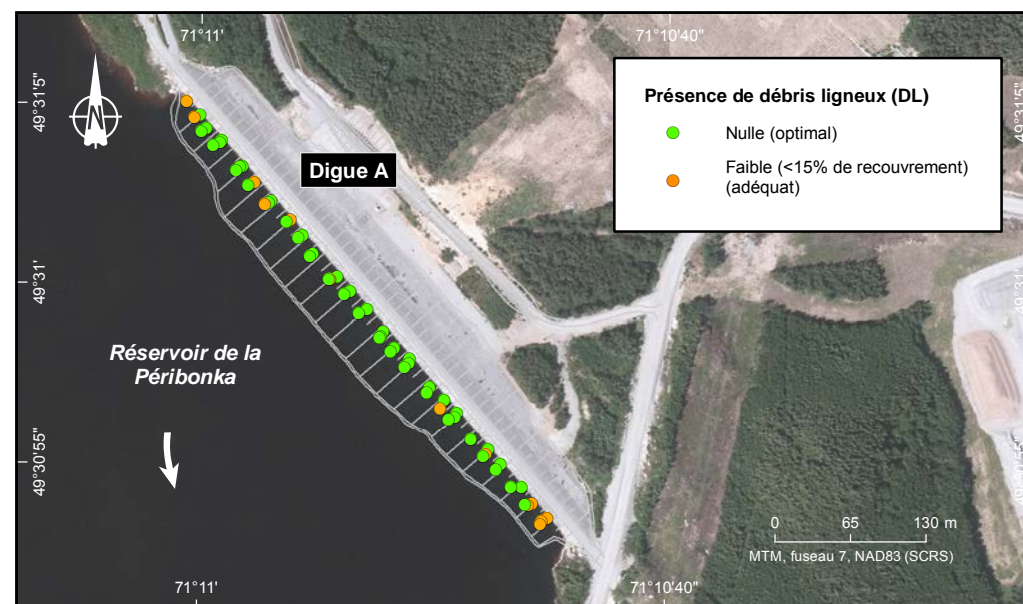
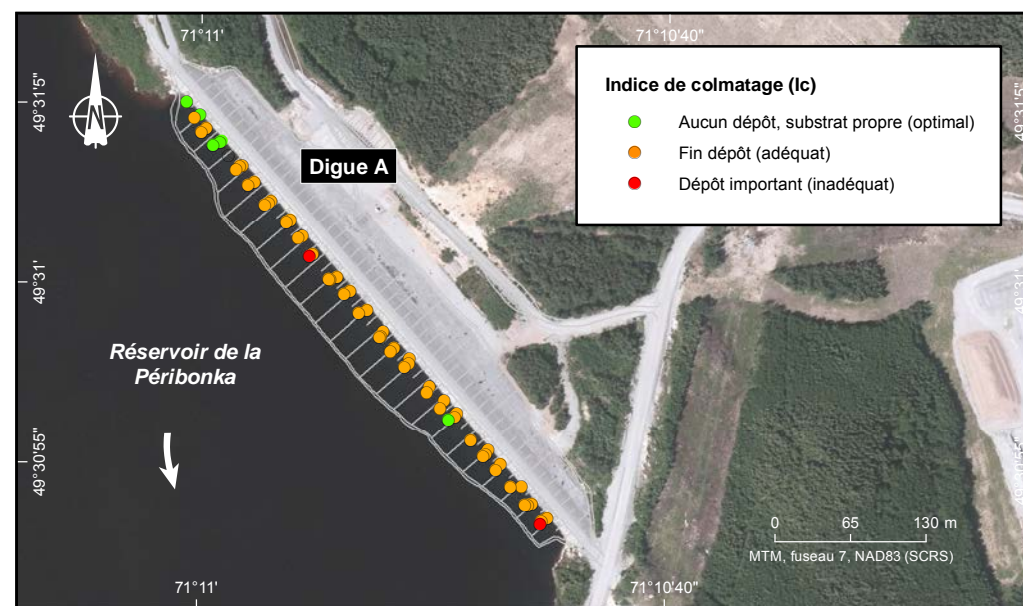
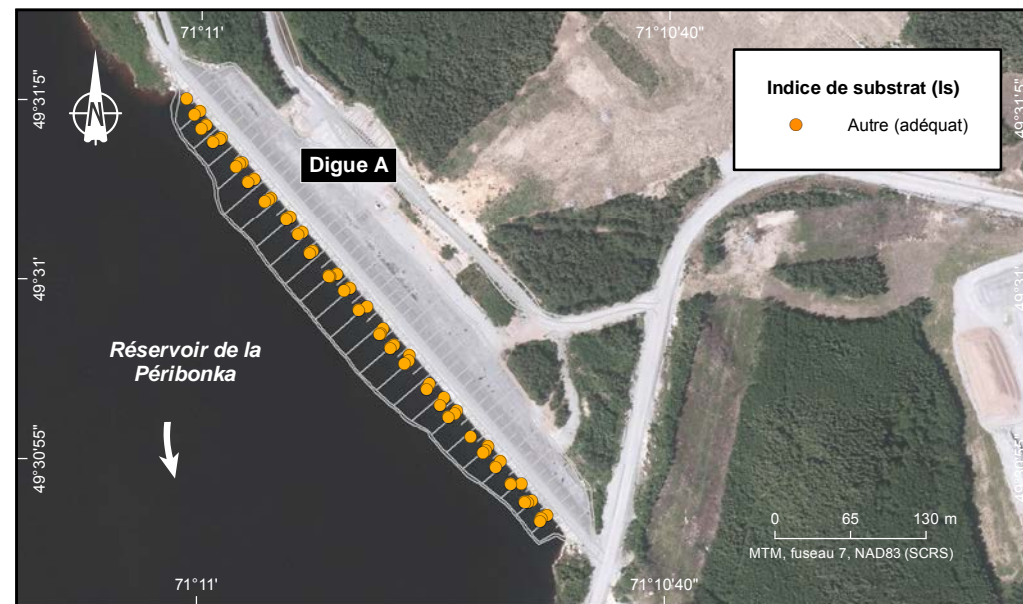
Les critères de conception de cette frayère se basent sur les préférences d'habitat de fraie du grand corégone (*Coregonus clupeaformis*). En plus des critères liés à la profondeur (0,5 m à 7,0 m; optimale entre 1,0 et 5,0 m), à la taille du substrat (optimal en blocs, galets, cailloux), et à sa qualité (absence de colmatage), un critère de vitesse d'écoulement a été ajouté pour le corégone (0,3 m/s à 1,9 m/s; optimale entre 0,4 et 1,4 m/s).

Certaines études rapportent la fraie du touladi en eau vive, entre autres à des latitudes élevées (Scott et Crossman, 1974; Bernatchez et Giroux, 2000; Verdon, 2001). Dans le réservoir de la Péribonka, Environnement Illimité (2009b) a rapporté en 2008 la capture d'un œuf et de trois géniteurs de touladi à proximité de la frayère aménagée pour le corégone (PE1870).

Lors des suivis antérieurs, Environnement Illimité (2014a) avait retenu le critère d'une vitesse d'écoulement de surface inférieure à 1 m/s pour être considéré comme propice à la fraie du touladi. En se basant sur ce critère, une partie de la frayère PE1870 présenterait donc des conditions propices à la reproduction du touladi.

6.3.5.1 Intégrité physique

Aucun relevé bathymétrique n'a été fait en 2018 sur la frayère à corégonidés.



Vue de la digue A vers le nord

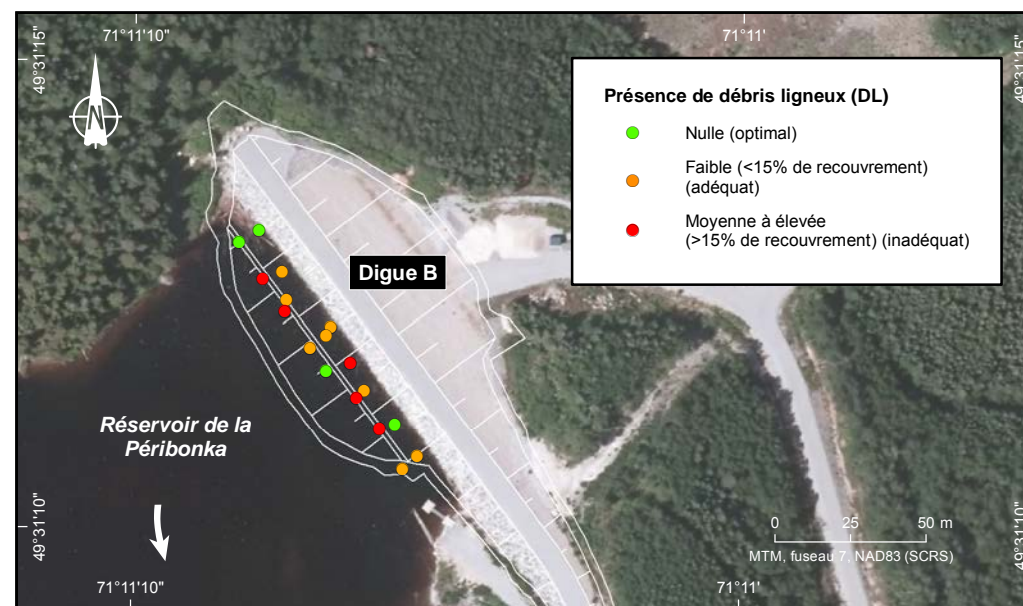
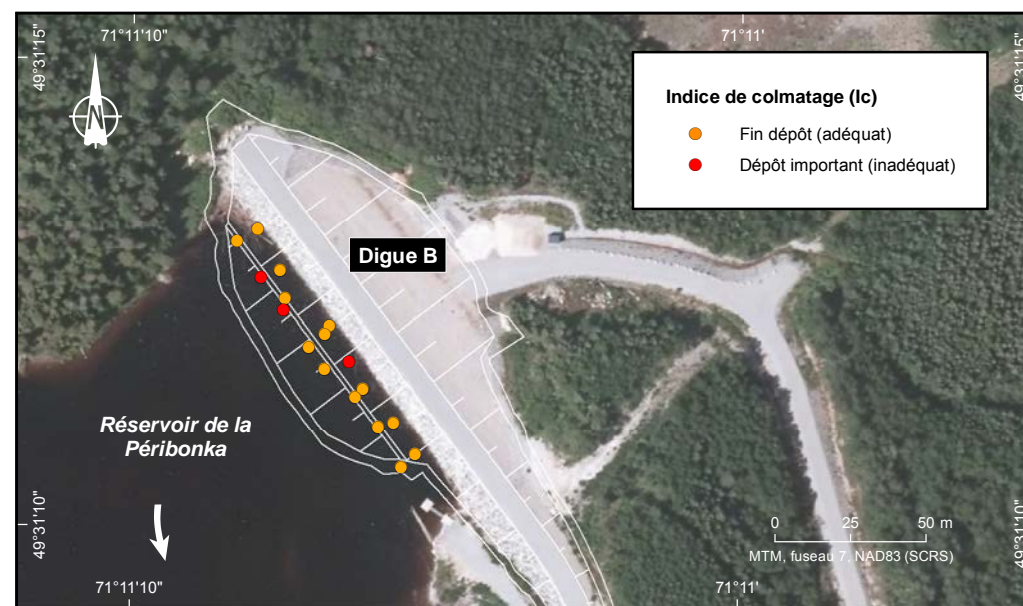
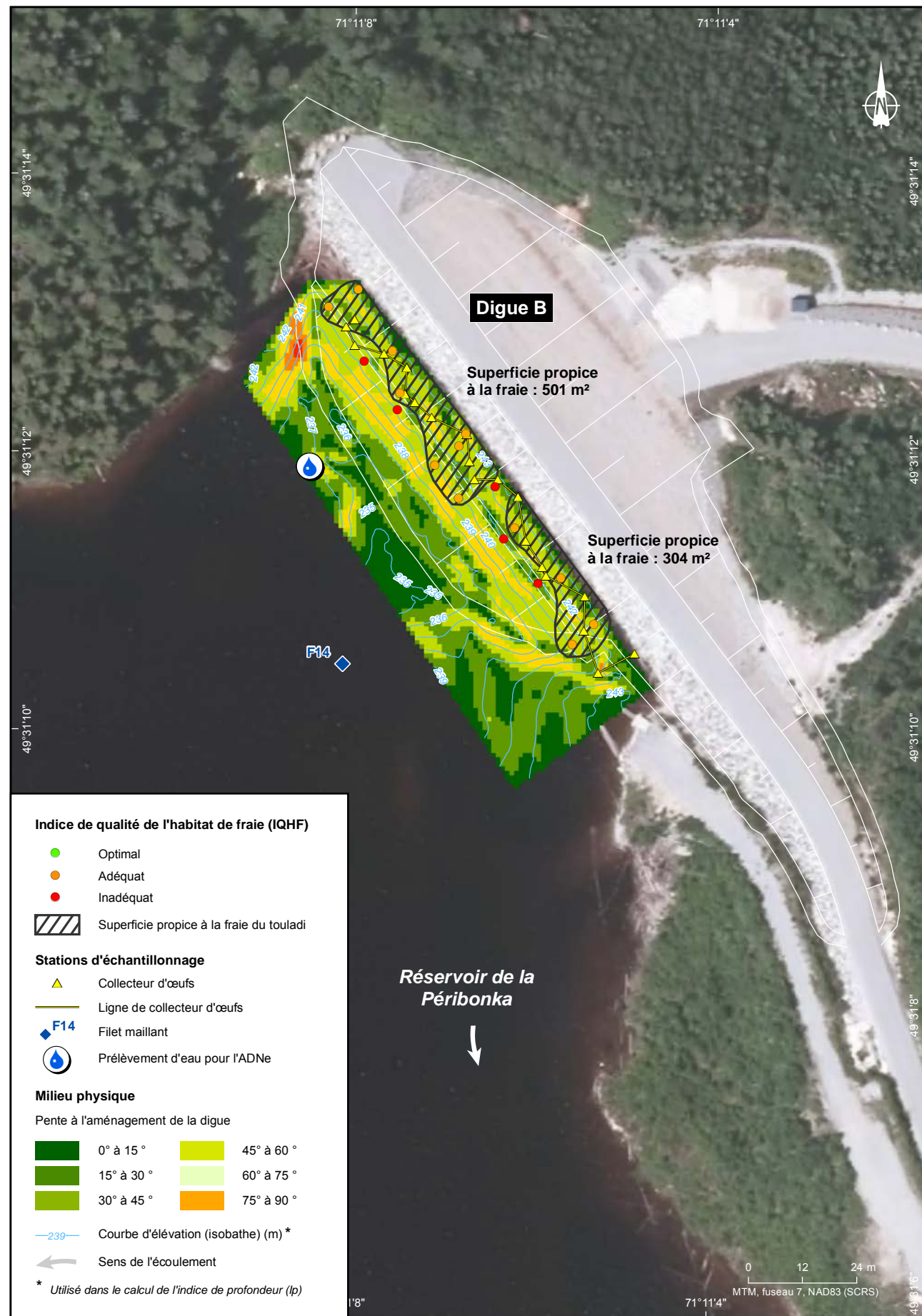


Vue de la digue A vers le sud

Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
Mise en valeur du touladi – Suivi 2018

Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère potentielle à la digue A par le touladi

Sources :
Orthophoto, résolution de 30 cm, Hydro-Québec, 2012
Données de projet, Hydro-Québec, mai 2006
Inventaire et cartographie : AECOM, 2018
Fichier : 5144_suc6_tet_138_digueA_190527.mxd



Vue de la digue B vers le nord



Vue de la digue B vers le sud

Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
Mise en valeur du touladi – Suivi 2018

Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère potentielle à la digue B par le touladi

Sources :
Orthophoto, résolution de 30 cm, Hydro-Québec, 2012
Données de projet, Hydro-Québec, mai 2006
Inventaire et cartographie : AECOM, 2018
Fichier : 5144_suc7_tet_142_digueB_190527.mxd

En 2015, des relevés bathymétriques avaient été conduits à la frayère PE1870. Rappelons qu'une légère compaction de la frayère était notée entre le plan tel que construit (TQC) de 2007 et les suivis de 2008, 2010, et 2012 (AECOM, 2016; Environnement Illimité, 2013b). De plus, l'intégration de l'ensemble des observations et des mesures de profondeur et de vitesse d'écoulement indiquait que cette frayère aménagée s'est étendue vers l'aval en raison du déplacement de substrat causé par l'augmentation des vitesses d'écoulement sur la frayère entre le moment de sa construction et la mise en eau du réservoir. À cet effet, quand le niveau d'eau sur l'aménagement est plus bas (faible niveau du réservoir) et que l'écoulement est important, ce secteur est sujet à l'érosion (AECOM, 2016).

6.3.5.2 Qualité de l'habitat de fraie et conditions d'écoulement

L'IQHF des trois secteurs de la frayère propice à la fraie du touladi a été calculé. Cette évaluation a été faite *a posteriori* pour le substrat (composition et propreté) par visionnement des images captées dans 31 quadrats d'échantillonnage répartis le long de 9 transects géoréférencés (carte 8).

En 2018, pour des profondeurs variant de 1,0 à 3,7 m, les vitesses mesurées sur la frayère PE1870 étaient inférieures à celles de 2015 et 2012, alors qu'une grande majorité des mesures (environ 60 %) étaient au-dessus de 1 m/s (Environnement Illimité, 2013b; AECOM, 2016). En 2018, l'étendue des valeurs mesurées se situe entre 0,18 et 1,15 m/s. Dans ce secteur, les vitesses de courant dépendent du débit turbiné/évacué par la centrale de Chute des Passes en amont et aussi du niveau du réservoir Péribonka qui peut faire ralentir le courant, s'il est plein, ou l'accélérer s'il ne l'est pas. Les variations des conditions d'écoulement sont donc fréquentes à cet endroit.

Aucun débris ligneux n'était présent sur le site en 2018. Les profondeurs et le substrat étaient adéquats pour la fraie du touladi, tous les quadrats évalués présentaient des valeurs considérées comme optimales ou adéquates. Un seul quadrat de caractérisation, situé à l'extérieur de la frayère aménagée, présentait une valeur inadéquate à la fraie du touladi (T1-8).

L'habitat ayant un IQHF adéquat ou optimal pour le touladi couvrait une superficie de 7 599 m² dans le secteur de la frayère aménagée pour les corégonidés en 2018. En 2015, la superficie calculée était de 5 686 m après avoir retranché à la superficie totale de la frayère aménagée les zones ayant des vitesses de courant supérieures à 1 m/s.

6.3.6 Frayère potentielle au site de l'épi

Le site de l'épi sous-marin de l'ancien campement de l'Abitibi-Price est considéré comme une frayère potentielle pour le touladi car il est composé de roches et présente une pente forte (>20 %) appropriée pour la fraie de cette espèce. De plus, en 2013, Environnement Illimité (2014a) a rapporté la capture d'un géniteur mâle coulant (stade 6) au site de l'épi. Toutefois, cette capture unique réalisée pendant la période de suivi de l'utilisation des frayères pourrait être une capture faite lors de sa migration vers son site de reproduction plutôt que d'avoir été capturé en fraie sur l'épi (Environnement Illimité, 2014a).

6.3.6.1 Intégrité physique et conditions d'écoulement

Aucun relevé bathymétrique n'a été fait au site de l'épi en 2018. La vitesse de courant a été mesurée à dix endroits représentatifs, compris entre 0,8 et 2,6 m de profondeur. Celle-ci a varié entre 0,02 et 0,33 m/s à 60 % de la colonne d'eau (moins de 2 m) (carte 9). Le site de l'épi présentait un léger contre-courant, dont l'effet s'estompe vers le large et le sud. Ce contre-courant contribue également à la présence d'une grande quantité de matières organiques et de limon sur le substrat de l'épi.

6.3.6.2 Qualité de l'habitat de fraie

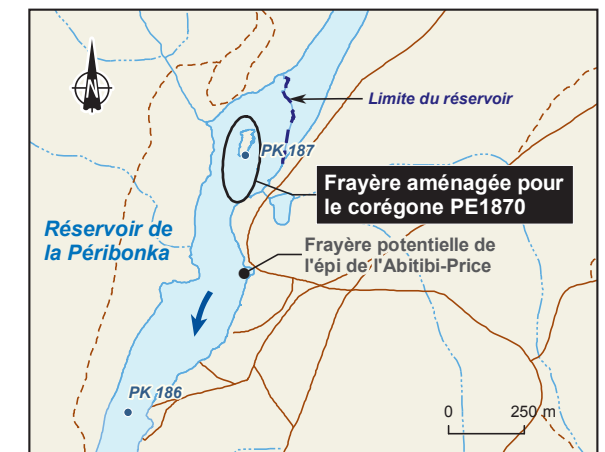
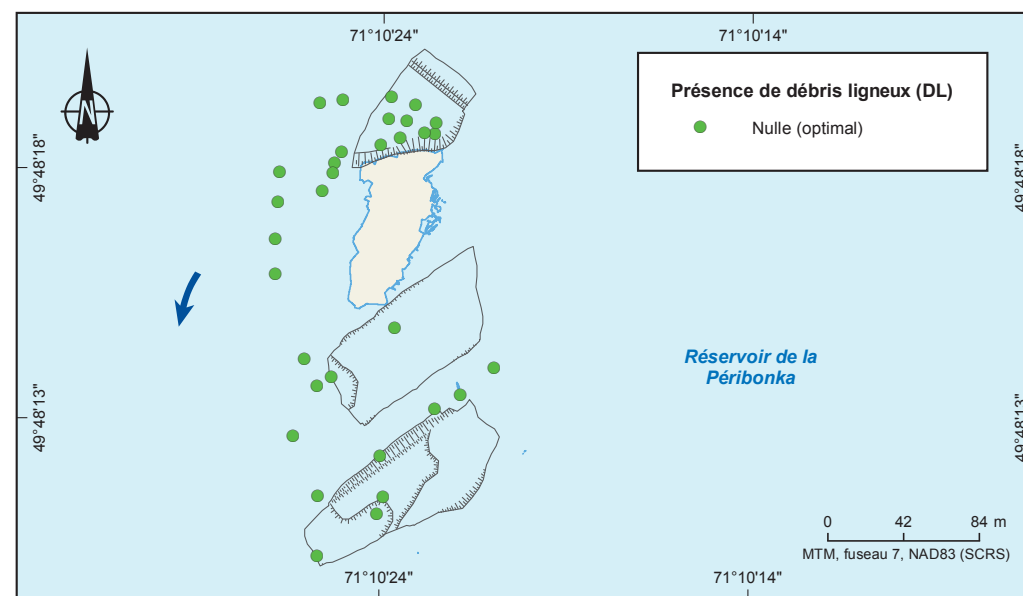
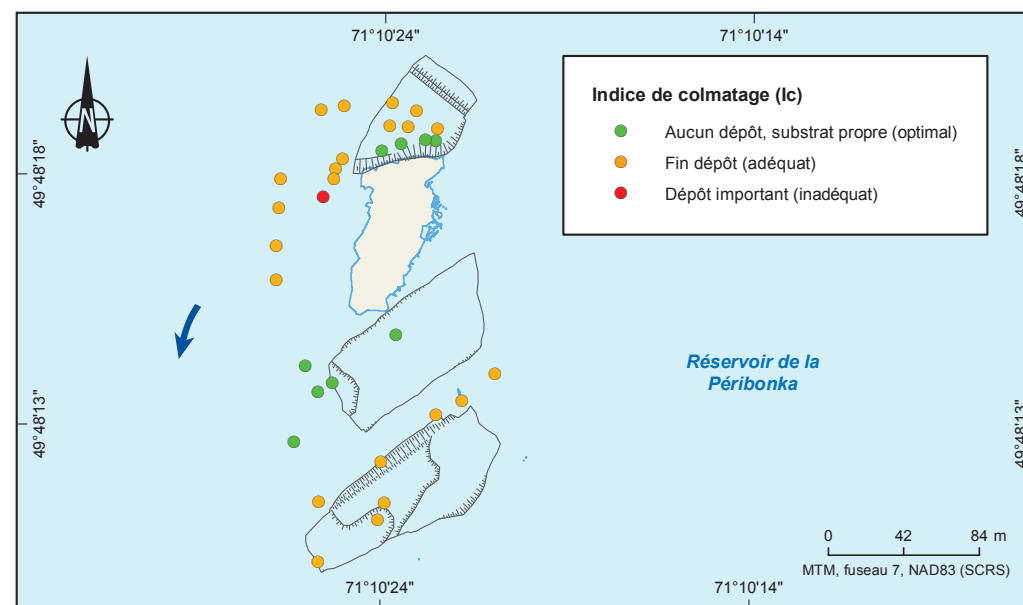
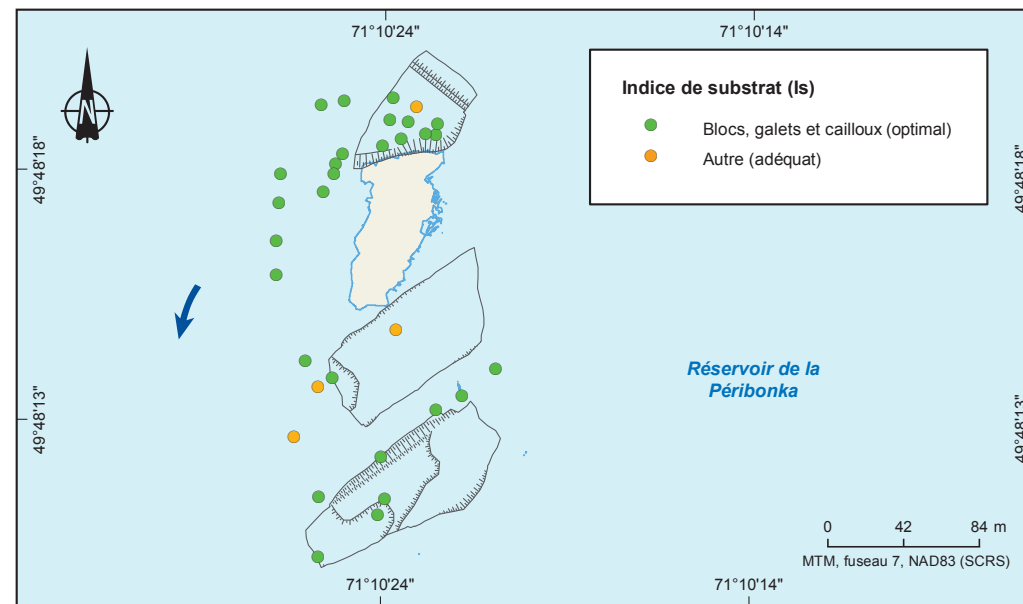
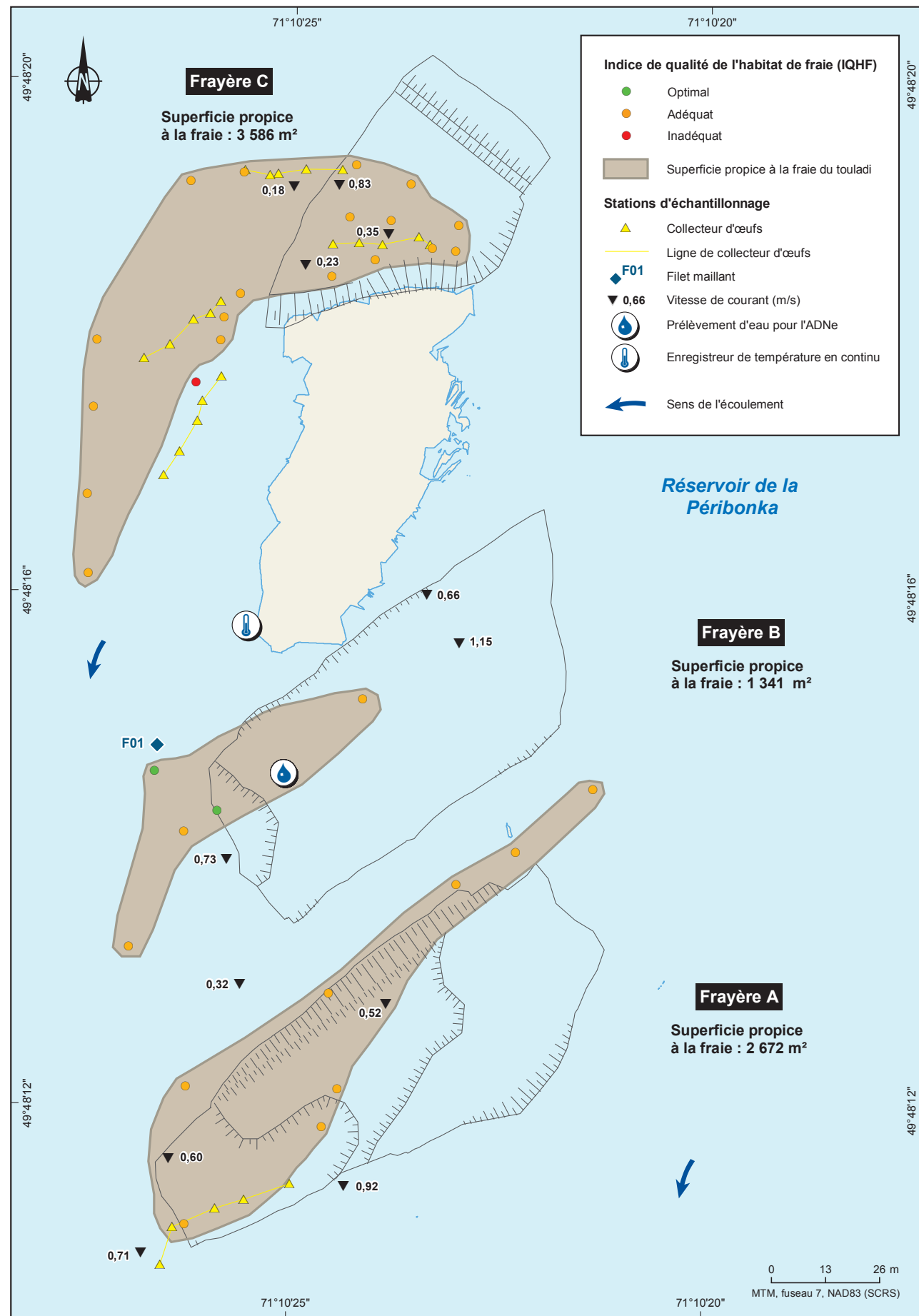
L'évaluation *a posteriori* des différents indices (profondeur, substrat, colmatage, débris ligneux) de qualité d'habitat de fraie a été faite sur les 12 transects géoréférencés (n = 29 quadrats de caractérisation) au site de l'épi. À l'instar de 2015, le substrat et la profondeur sont adéquats sur l'ensemble de la frayère potentielle. Toutefois, l'indice de colmatage est inadéquat pour 12 quadrats de caractérisation localisés dans la partie peu profonde de l'enrochement. Ce colmatage est composé de limon et d'algues filamenteuses. À mesure que la profondeur augmente, l'indice de colmatage s'améliore, mais il n'est jamais optimal.

L'indice de qualité de fraie (IQHF) est considéré adéquat sur 560 m². Le résultat obtenu en 2018 est à la baisse comparativement aux suivis précédents (2012 = 954 m², 2013 = 1 988 m², 2015 = 1 222 m²). Une bonne partie de cette diminution est attribuable à la présence importante d'algues filamenteuses dans la partie peu profonde de l'enrochement. Ces algues semblent avoir proliféré dans ce secteur en 2018.

6.3.7 Frayère confirmée au site du pont de la Péribonka

Depuis 2015, le site du pont de la Péribonka (carte 10) est considéré comme une frayère confirmée pour le touladi, bien que celui-ci n'ait pas été aménagé à cet effet. Ce sont les jetées d'approche de la structure du pont, constituées de substrat rocheux et présentant des pentes fortes, qui sont propices à la fraie. Le site du pont est caractérisé par un étranglement du réservoir présentant un chenal profond (18 à 28 m).

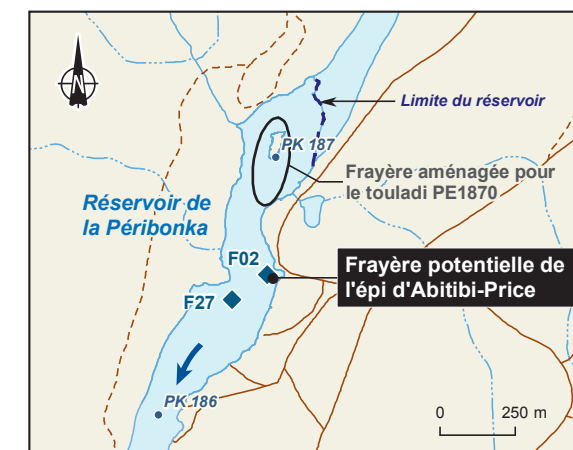
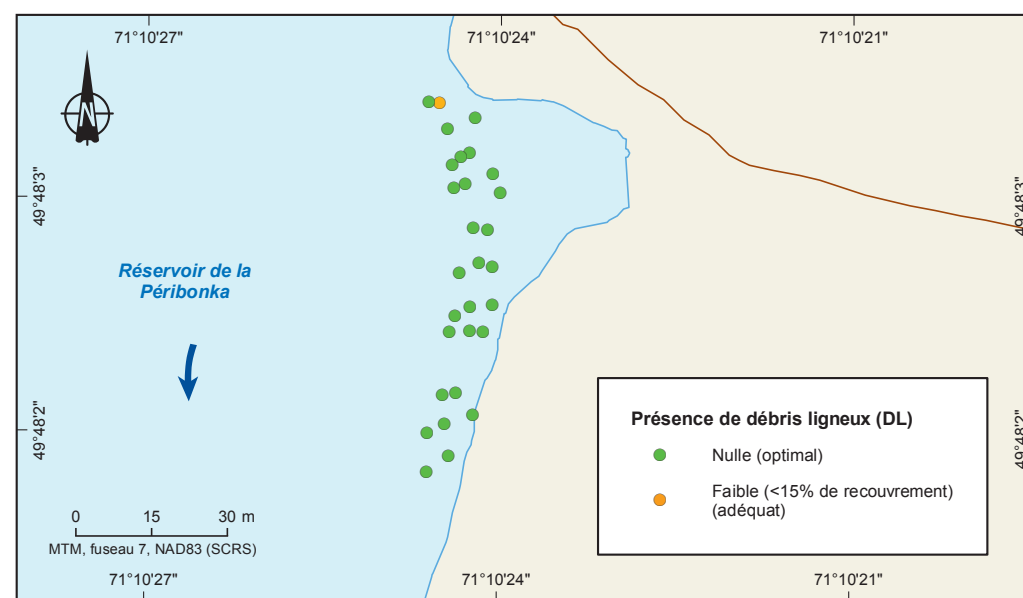
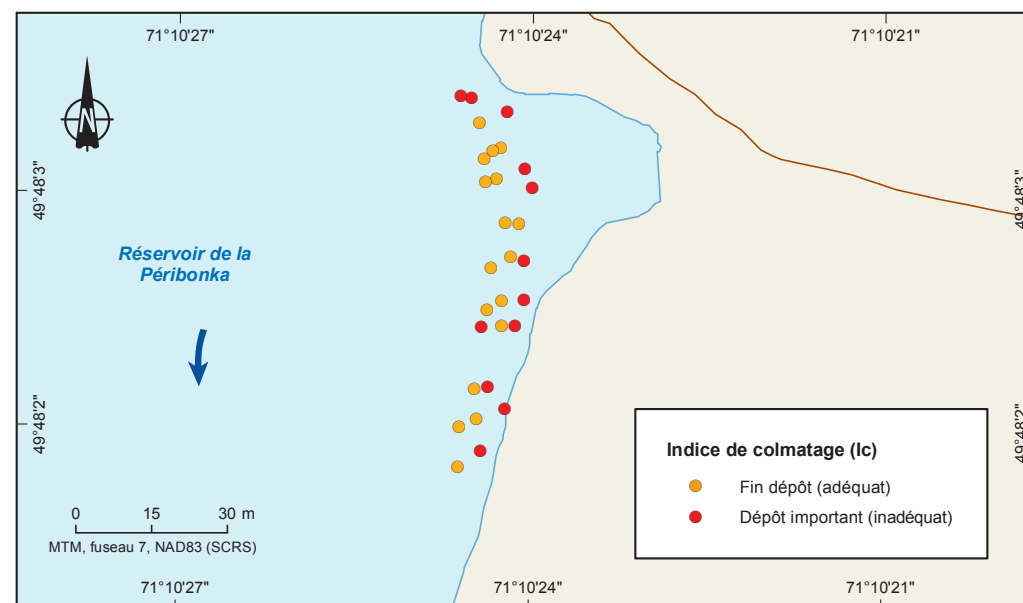
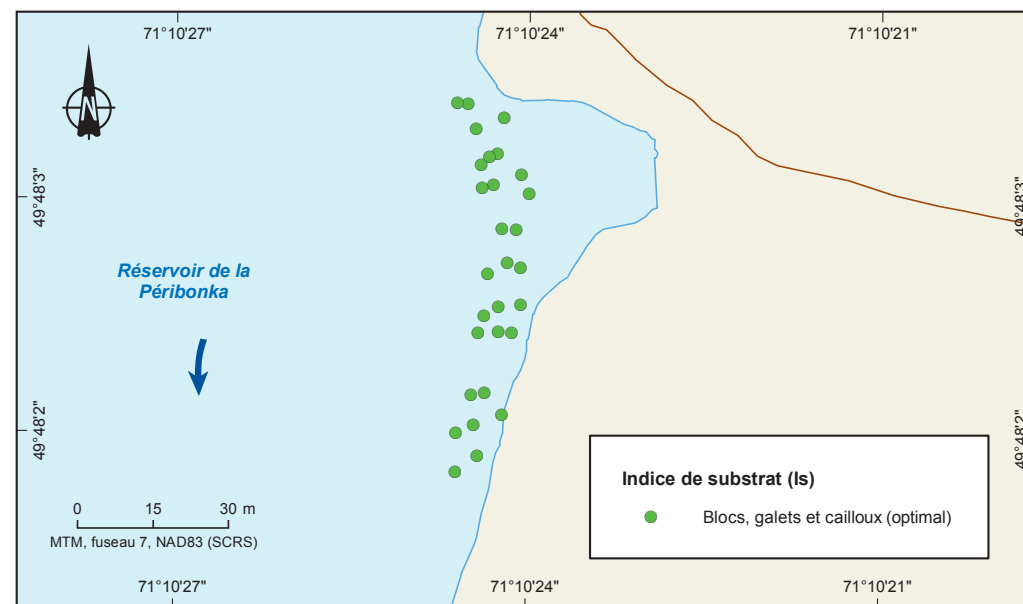
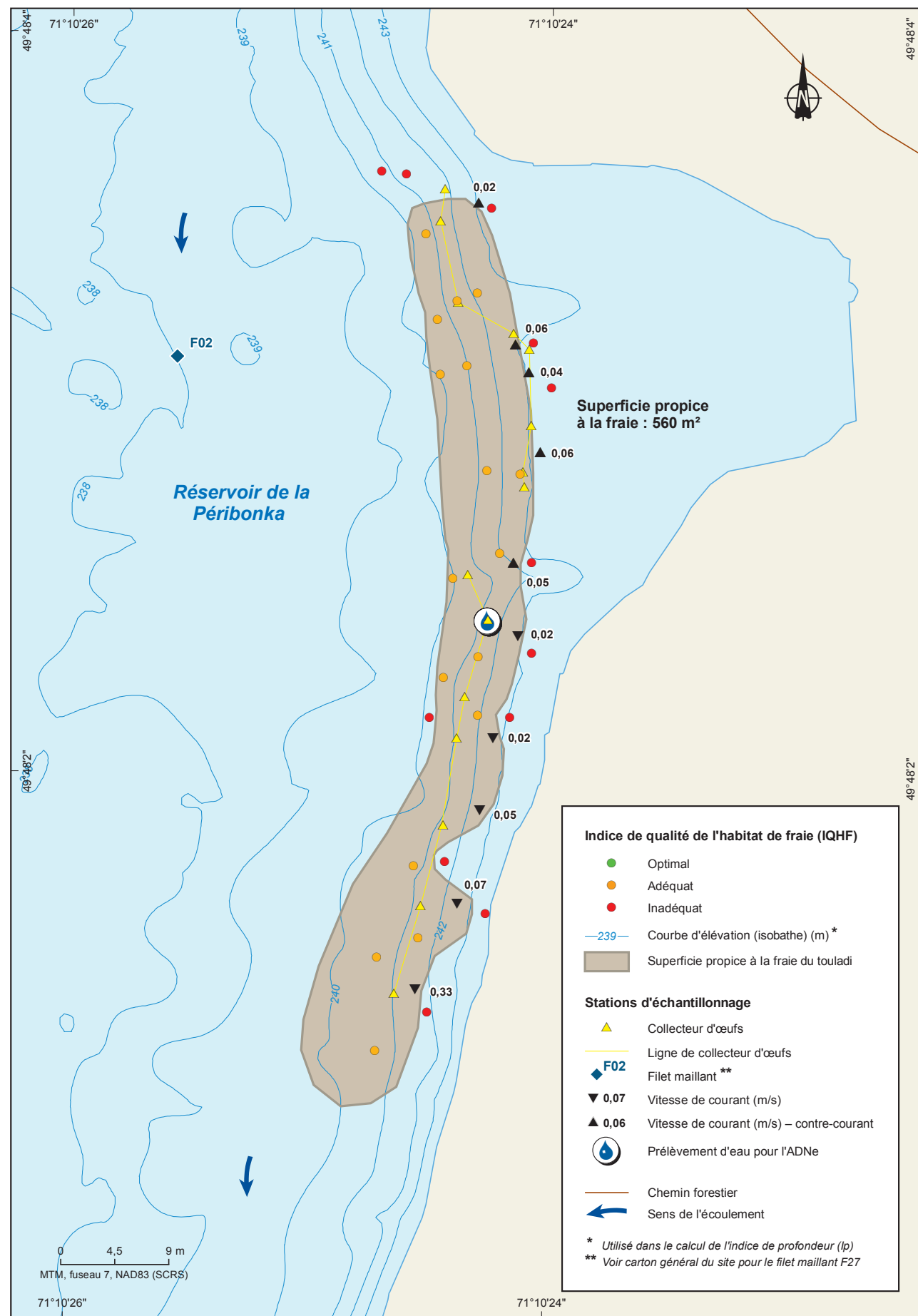
La taille et la nature des matériaux rocheux (remblais de pierre dynamitée et gros blocs) sont théoriquement moins propices à la fraie du touladi que ce que l'on retrouve dans les frayères naturelles, mais la présence à quelques endroits d'un substrat moins grossier et relativement perméable s'apparente au type de substrat recherché par le touladi. La grande majorité des géniteurs de touladi capturés en 2012, 2013 et 2015 lors du suivi de l'utilisation des frayères l'ont été au site du pont de la Péribonka (Environnement Illimité, 2013a; 2014a, AECOM, 2016).



Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
Mise en valeur du touladi – Suivi 2018

Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère aménagée PE1870 par le touladi

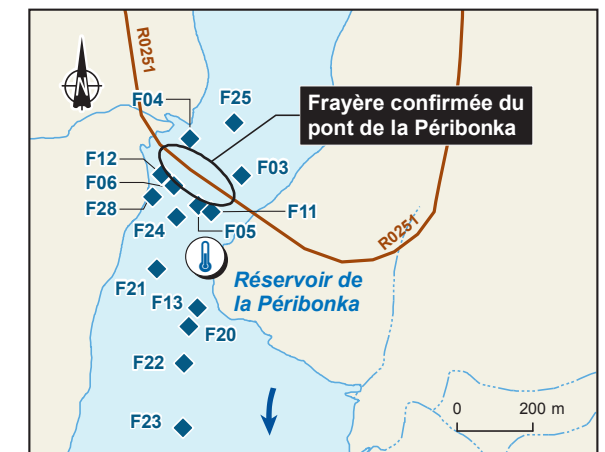
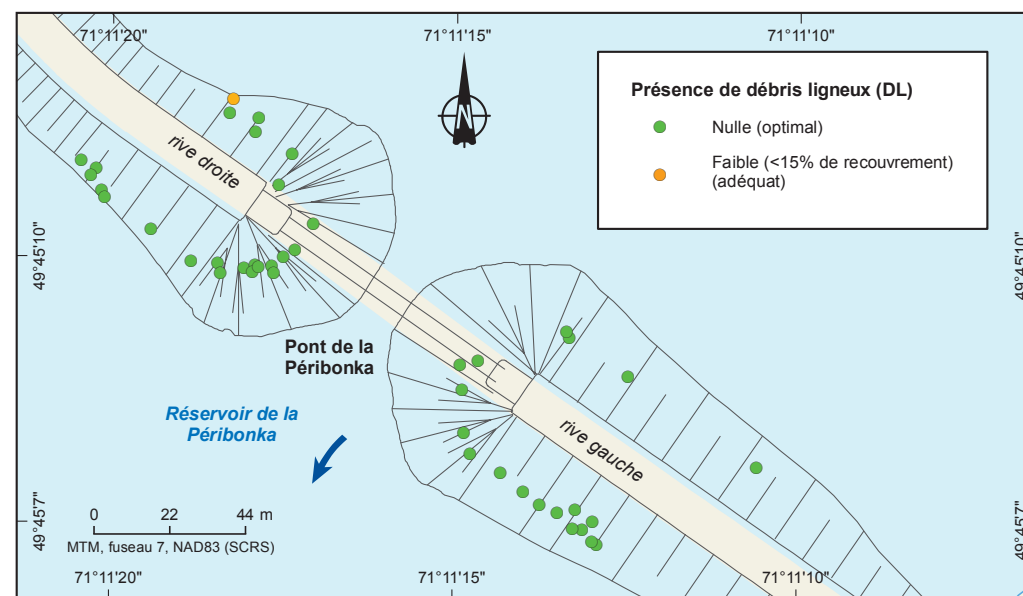
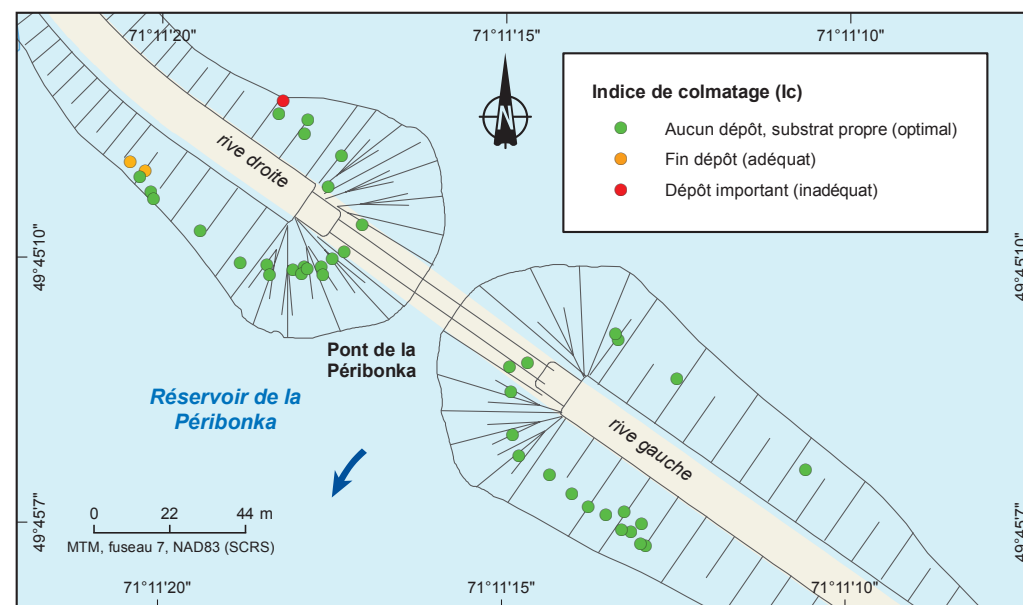
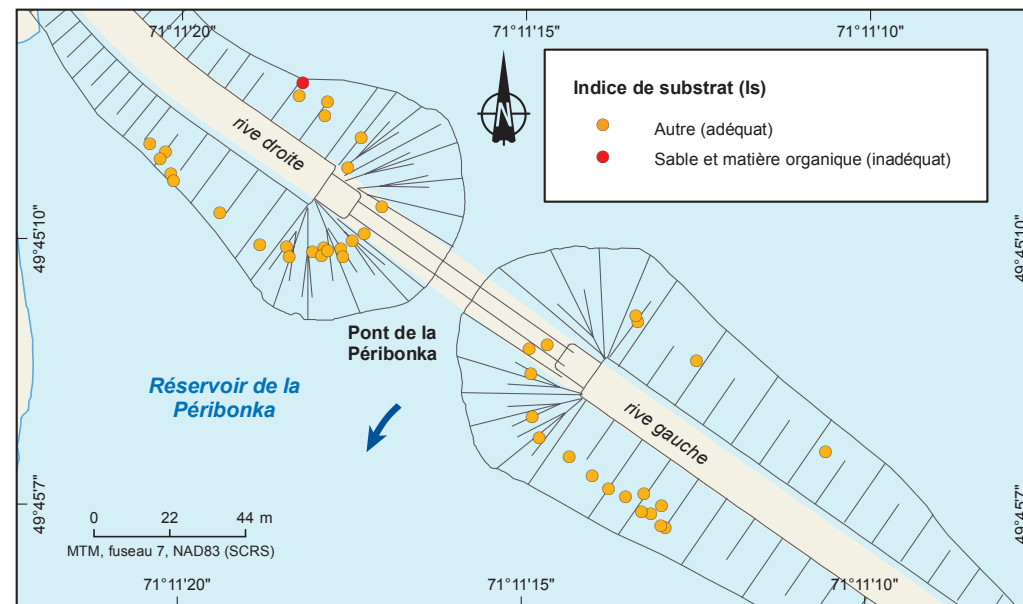
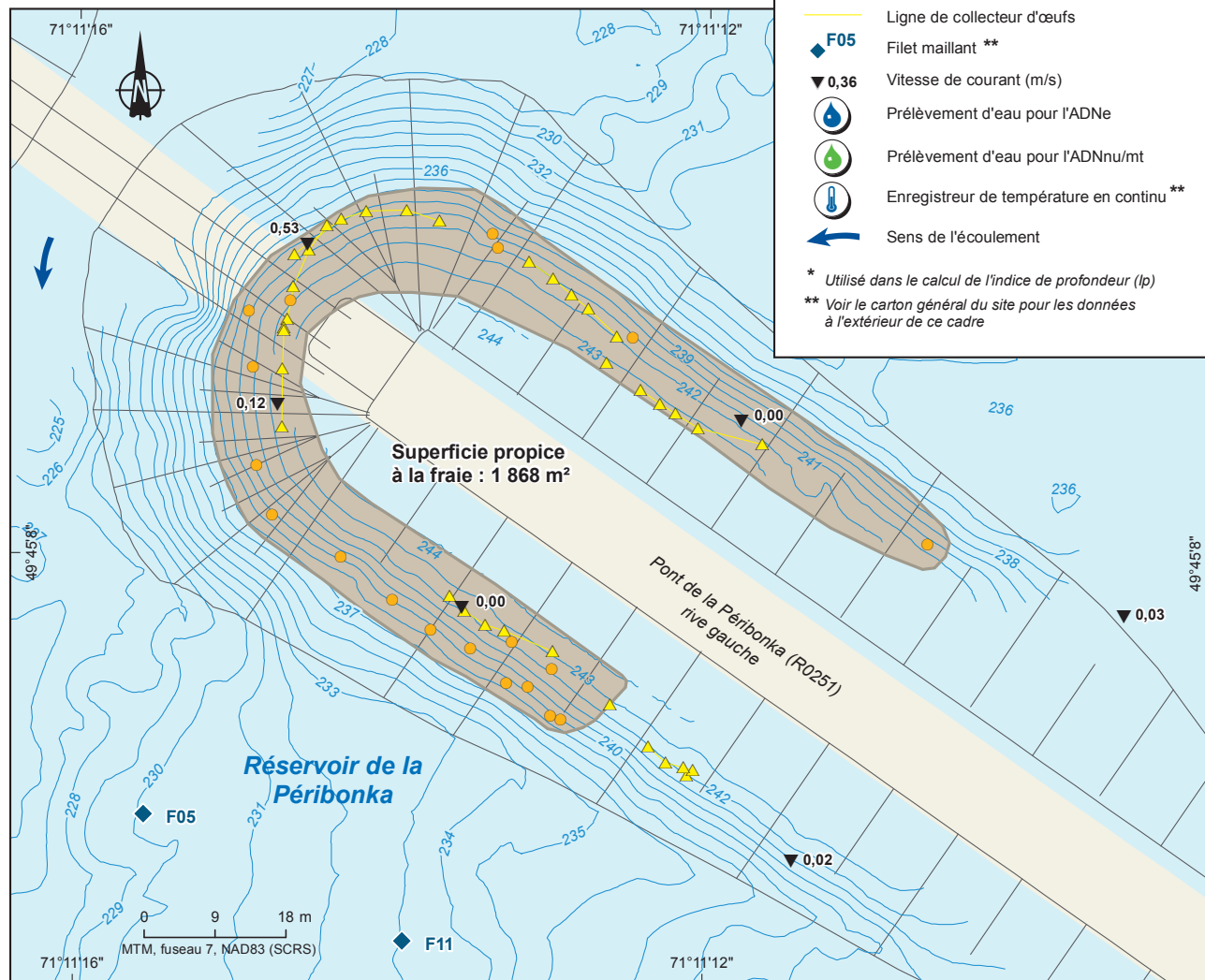
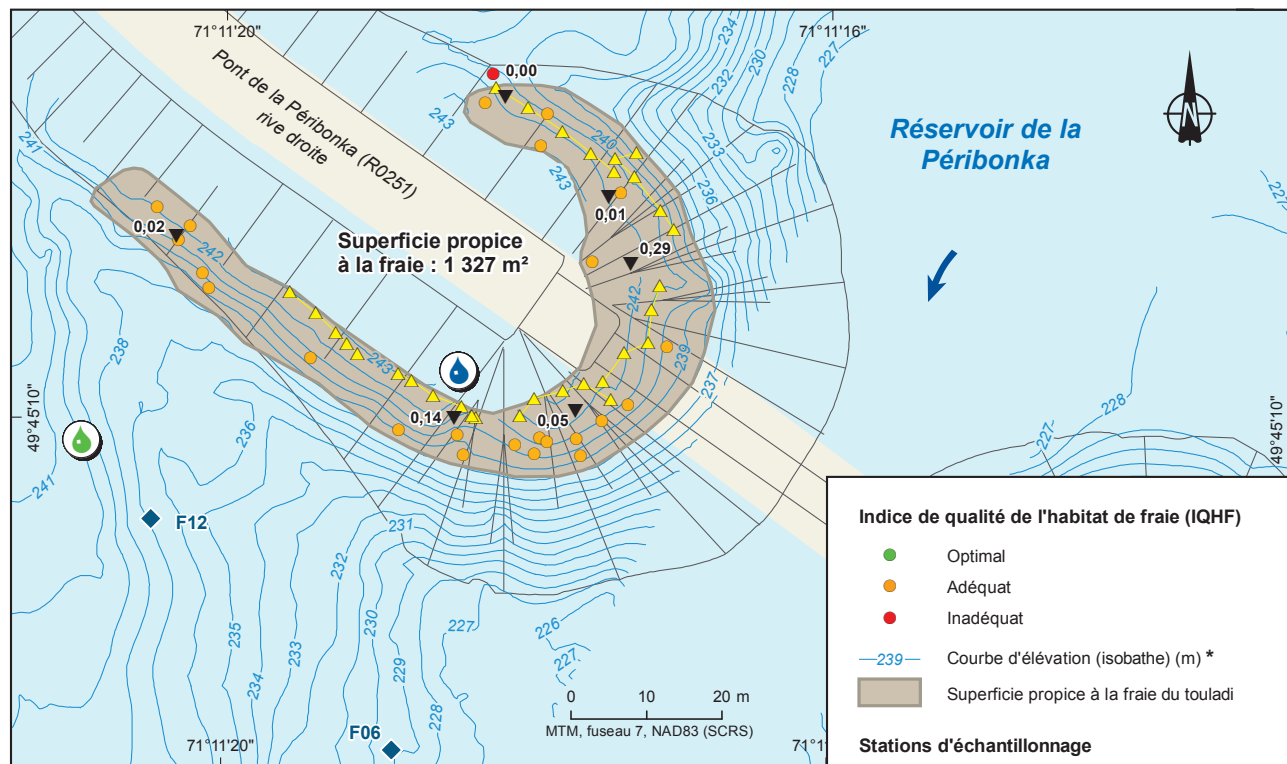
Sources :
Frayère tel que construit, Environnement Illimité, 2008
BGAP, Hydro-Québec Équipement et services partagés, juin 2015
Inventaire et cartographie : AECOM, 2018
Fichier : 5144_suc8_tet_139_PE1870_190527.mxd



Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
 Mise en valeur du touladi – Suivi 2018

Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère potentielle de l'épi d'Abitibi-Price par le touladi

Sources :
 BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
 BGAP, Hydro-Québec Équipement et services partagés, juin 2015
 Inventaire et cartographie : AECOM, 2018
 Fichier : 5144_suc9_tet_140_epi_190527.mxd



Aménagement hydroélectrique de la Péribonka
Mise en valeur du touladi – Suivi 2018

Suivi de la qualité de l'habitat de fraie et de l'utilisation de la frayère confirmée du pont de la Péribonka par le touladi

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
Frayère tel que construit, Environnement Illimité, 2008
BGAP, Hydro-Québec Équipement et services partagés, juin 2015
Inventaire et cartographie : AECOM, 2018
Fichier : 5144_suc10_tet_141_pontPeri_190527.mxd

6.3.7.1 Intégrité physique et conditions d'écoulement

Aucun relevé bathymétrique n'a été fait en 2018. Rappelons qu'en 2015, les relevés bathymétriques qui ont été faits sur les deux rives du pont ont confirmé la présence d'une pente relativement forte (>20 %) et constante pour l'intervalle de profondeur de 0-6 m sur la majeure partie de la frayère. Cette pente demeure forte et constante pour atteindre des profondeurs sous les 10 m près du chenal de la rivière. En s'approchant davantage des rives (droite et gauche) en amont et en aval du pont (extrémités ouest et est), la pente est un peu plus douce (AECOM, 2016).

La vitesse de courant a été mesurée à dix endroits représentatifs en 2018. Celle-ci est relativement faible et moyenne à quelques endroits. Entre 1,2 et 3,75 m de profondeur, la vitesse a varié entre 0 et 0,53 m/s en surface (20 %) et entre 0 et 0,59 m/s en profondeur (80 %; carte 9).

6.3.7.2 Qualité de l'habitat de fraie

Au site du pont, l'évaluation *a posteriori* des différents indices (profondeur, substrat, colmatage, débris ligneux) de qualité d'habitat de fraie a été faite sur les 32 transects géoréférencés, dont 16 en rive gauche et 16 en rive droite (n = 43 quadrats de caractérisation). Contrairement au suivi de 2015, plusieurs zones d'une profondeur supérieure à 6 m (inadéquates selon l'IQHF) ont été abandonnées lors de la réalisation des transects, réduisant ainsi le nombre de quadrats analysés. À l'exception d'un seul quadrat d'analyse, la quantité de débris observés a été jugée optimale pour la fraie du touladi, autant sur la rive droite que sur la rive gauche. De plus, l'indice de colmatage est optimal ou adéquat sur les deux rives.

Pour le substrat, en dépit qu'il soit adéquat sur les deux rives, il demeure de meilleure qualité en rive droite, où plusieurs quadrats présentent un mélange de blocs, galets et cailloux, alors que la rive gauche est plutôt composée des gros blocs.

En 2018, l'indice de qualité d'habitat de fraie (IQHF) est estimé comme adéquat sur 3 155 m² (dont 1 327 m² en rive droite et 1 828 m² en rive gauche). Ce résultat est similaire à celui de 2015 alors que 3 115 m² avait été évalué comme habitat de fraie adéquat. La stabilité de cet enrochement et la présence de courant qui empêche le dépôt de sédiments sur le substrat devraient assurer la pérennité de cet habitat de fraie à long terme.

6.3.8 Bilan des superficies potentiellement utilisables par le touladi

Le tableau 15 présente l'évolution de la superficie disponible pour le touladi sur les frayères aménagées et potentielles de même que sur la frayère confirmée du site du pont de la Péribonka. Pour les frayères spécifiquement aménagées pour le touladi, les superficies construites étaient de 400 m² pour la frayère PE1654 et de 430 m² pour la frayère PE1697. Pour la frayère aménagée pour les corégonidés (PE1870), seulement une portion de sa superficie construite correspond aux critères recherchés par le touladi pour la fraie puisque des vitesses de courant élevées (>1 m/s) sont présentes dans ce secteur.

Tableau 15 : Évolution des superficies de frayères aménagées ou potentielles disponibles pour la reproduction du touladi dans le réservoir de la Péribonka

Frayère potentielle ou aménagée	Superficie construite (m ²)	Superficie disponible (m ²)				Utilisation par le touladi
		2012	2013	2015	2018	
<i>Frayères aménagées pour le touladi</i>						
PE1654	400	0	101	487	454	Non
PE1697	430	116	488	447	519	Non
<i>Frayère aménagée pour les corégonidés</i>						Trois géniteurs et un œuf récolté en novembre 2008 (post-fraie)
PE1870 ^A	*11 410	*10 958	-	-	-	
PE1870 : Zones avec vitesses < 1 m/s		2 385	2 385	5 686	7 599	
<i>A (nord)</i>				2 933	2 672	
<i>B (centre)</i>				1 061	1 341	
<i>C (sud)</i>				1 692	3 586	
<i>Frayère confirmée</i>						Frayère confirmée en 2015
Pont de la Péribonka	-	470	2 600	3 115	3 155	Géniteurs capturés à chaque année et un œuf récolté en octobre 2015
<i>Rive droite</i>			1 344	1 346	1 327	
<i>Rive gauche</i>			1 253	1 769	1 828	
<i>Autres frayères potentielles</i>						
Épi d'Abitibi-Price	-	954	1 988	1 222	560	Un géniteur capturé en octobre 2013
Digue A	-	-	-	-	5 183	Un géniteur capturé en octobre 2018
Digue B	-	-	-	-	805	
Total		3 925	7 759	10 957	18 275	

A : Selon les critères pour corégonidés.

En considérant les sept sites potentiels de fraie inventoriés dans le réservoir, la superficie propice à la fraie du touladi a totalisé 18 275 m² en 2018. Cette évaluation est évidemment supérieure à la superficie totale évaluée en 2015 (10 957 m²) puisque les digues A et B n'étaient pas incluses au suivi à ce moment.

Si on exclut les évaluations des superficies des deux digues, on obtient une superficie totale de 12 287 m² en 2018, ce qui constitue toujours une augmentation par rapport à 2015. La variabilité annuelle des surfaces considérées comme adéquates à la frayère PE1870 explique cette augmentation, les superficies des autres sites étant demeurées stables (PE1697, PE1654 et l'enrochement du pont) ou ayant diminué (l'épi) depuis 2015.

Les frayères aménagées pour le touladi sont donc généralement stables et leur qualité comme habitat de fraie est jugée adéquate ou optimale et s'améliore depuis le début du suivi, en raisons du nettoyage effectué et de l'action naturelle des vagues. De plus, une certaine superficie des frayères aménagées constituée de pierre dynamitée a aussi été considérée comme adéquate à la fraie, agrandissant ainsi la superficie estimée.

6.4 Suivi de l'utilisation des frayères

Le suivi de l'utilisation des frayères par le touladi au moyen de pêches nocturnes s'est déroulé du 3 au 15 octobre 2018. Les dernières pêches nocturnes ont eu lieu dans la nuit du 14 au 15 octobre, et le retrait des collecteurs d'œufs s'est terminé le 15 octobre 2018. Les mauvaises conditions météo (forts vents, neige, etc.) n'ont pas permis de réaliser les pêches expérimentales dans la nuit du 4 au 5 octobre.

La période de fraie du touladi a bien été couverte en 2018 et l'effort de pêche est représentatif des activités ayant eu lieu dans le réservoir en termes de reproduction pour chacun des sites visités.

6.4.1 Bilan de l'effort de pêche et des captures

Un total de 28 stations différentes a été pêché au moyen des filets montés à 25 % sur les sept sites à l'étude. L'annexe E présente les coordonnées de toutes les stations de pêches visitées en 2018.

Le nombre de stations a été constant pour la durée des pêches au site de la frayère à corégonnes (PE1870) (une station), aux frayères aménagées pour le touladi (PE1697, PE1654 : deux stations par site), à la digue A (cinq stations), ainsi qu'à la digue B (une station). Il a été variable à l'épi (une à deux stations) et au site du pont, où un total de 14 stations différentes a été pêché, mais à raison d'un maximum de sept stations différentes par soirée de pêche. Le tableau 16 présente l'effort de pêche appliqué à chacune des stations, et ce, pour chacun des sept sites. Le nombre de levées par nuit a également fluctué entre un et trois, dépendamment de la station et des résultats de pêche. Les filets ont été relevés toutes les deux à trois heures environ. Les stations de pêche sont illustrées pour chacun des sites sur leurs cartes respectives (cartes 3, 4, 6, 7, 8, 9 et 10).

L'annexe F présente l'effort de pêche par station de pêche, les captures par espèce, de même que les CPUE des pêches de 2018.

Les résultats de pêche du suivi 2018 sont présentés au tableau 16. Au total, 200 poissons appartenant à sept espèces, distribués sur 191 levées de filet et 542,2 heures de pêche, ont été capturés lors des pêches nocturnes de suivi de l'utilisation des frayères en 2018. Contrairement aux suivis antérieurs, le doré jaune fait maintenant partie des captures (5,5 % de l'abondance relative). Cette espèce a été capturée aux deux frayères aménagées pour le touladi (PE1654, PE1697) de même qu'à la digue A. Le doré est une espèce prédatrice qui prend graduellement de l'expansion dans le réservoir depuis le début du programme de suivi (AECOM, 2019). D'ailleurs, la présence de cette espèce est maintenant notée sur les frayères aménagées pour le touladi en 2018.

Tableau 16 : Effort de pêche et nombre de captures par espèce aux sites de frayères potentielles et confirmées suivies en octobre 2018

Site et n° de station	Nombre de levées			Effort total (heure)	CPUE (poisson/h)	Captures totales ^A							
	#1	#2	#3			SAVI	SANA	CACA	CACO	ESLU	LOLO	COCL	Total
Épi	5	5	1	29,06	0,34			4		3		2	9
F02	4	4		22,09	0,43			4		3		2	9
F27	1	1	1	6,97	0,00								0
PE1654	14	14		80,70	0,20	3		5	0	6	2		16
F09	7	7		40,66	0,12	1		1	0	3			5
F10	7	7		40,03	0,29	2		4		3	2		11
PE1697	14	14		80,07	0,15	1		8	1	2			12
F07	7	7		39,83	0,25	1		7	1	1			10
F08	7	7		40,23	0,05			1		1			2
PE1870	5	5	1	30,22	1,41			25	2		6	9	42
F01	5	5	1	30,22	1,41			25	2		6	9	42
Digue A	18	18		108,14	0,09	7	1	1			1		10
F15	4	4		23,42	0,04			1					1
F16	4	4		23,58	0,04	1							1
F17	4	4		24,28	0,09	1	1						2
F18	4	4		23,95	0,16	4							4
F19	2	2		12,90	0,17	1					1		2
Digue B	4	4		23,20	0,48			5		4	1	1	11
F14	4	4		23,20	0,48			5		4	1	1	11
Pont RD Amont	3	3		14,45	0,07					1			1
F04	2	2		9,23	0,11					1			1
F25	1	1		5,22	0,00								0
Pont RD Aval	13	12	5	69,93	0,92		49	5		1	7		62
F06	7	7	4	44,03	1,28		40	4		1	6		51
F12	5	4	1	21,53	0,62		9	1			1		11
F28	1	1		4,37	0,00								0
Pont RG Amont	2	1		9,78	0,88			1	1	1		5	8
F03	2	1		9,78	0,88			1	1	1		5	8
Pont RG Aval	11	10	4	63,83	0,33		2	4	4	1	5	6	22
F13	1			3,63	0,55			2					2
F05	7	7	3	43,55	0,29		2	1	4		2	5	14
F11	3	3	1	16,65	0,32			1		1	3	1	6
Pont Zone profonde	5			32,82	0,21			5				2	7
F20	1			6,85	0,15			1					1
F21	1			6,78	0,29							2	2
F22	1			6,52	0,31			2					2
F23	1			6,35	0,31			2					2
F24	1			6,32	0,00								0
Total général	94	86	11	542,19	0,38	11	52	63	8	19	22	25	200

A : SAVI : doré jaune; SANA : touladi; CACA : meunier rouge; CACO : meunier noir; ESLU : grand brochet; LOLO : lotte; COCL : grand corégone. Les recaptures de SANA sont comprises dans les nombres indiqués dans ce tableau.

Le succès de pêche global ou le nombre de captures par unité d'effort (CPUE) est de 0,38 poisson/heure de pêche. Le meilleur succès de pêche a été rencontré le 13 octobre au site du pont (station F06), avec un CPUE de 3,09 poissons/heure de pêche, soit 12 captures de touladi en 4,53 heures (annexe E).

Parmi l'ensemble des captures, 52 sont des touladis (28 individus distincts et 24 recaptures), ce qui représente 26 % des poissons capturés, la deuxième en abondance relative. À l'instar des suivis antérieurs, l'espèce la plus abondante a été le meunier rouge (n = 63; 31,5 %; *Catostomus catostomus*). Les autres espèces capturées ont été (en ordre décroissant) : le grand corégone (n = 25; 12,5 %), la lotte (n = 22; 11,0 %; *Lota lota*), le grand brochet (n = 19; 9,5 %; *Esox lucius*), le doré jaune (n = 11; 5,5 %), et le meunier noir (n = 8; 4,0 %).

À noter qu'en 2018, il y a eu plus de captures de corégonnes que de lottes, contrairement aux suivis précédents, et que presque tous les touladis ont été récoltés au site du pont de la Péribonka, à l'exception d'une capture au site de la digue A.

6.4.2 Captures de géniteurs au site du pont de la Péribonka

6.4.2.1 Effort de pêche

Des pêches ont été effectuées au site du pont de la Péribonka lors des soirées des 3, 5, 7, 9, 11, 13 et 14 octobre. Les pêches ont été faites sur un total de 14 stations, dont cinq étaient situées en zone profonde en aval du pont (stations n^{os} F20 à F24) (carte 10). L'effort de pêche réparti sur les sept soirées de pêche a totalisé 190,8 heures réparties sur 69 levées de filets (nombre de 1^{re} levée : 34; de 2^e levée : 26 et de 3^e levée : 9) (annexe F).

6.4.2.2 Bilan des captures de touladi

En 2018, un total de 52 captures de touladi a été réalisé, dont 51 au pont de la Péribonka. De ce nombre, 28 étaient des individus différents, les autres étant des recaptures. Les géniteurs ont fait l'objet de marquage, de mesures morphométriques (photo 20), de sexage (incluant le stade de maturité), de prélèvement d'écaillés (photo 21) et de remise à l'eau. Le détail des données de captures de touladis [(n^o d'étiquette, données morphologiques (longueur totale en mm, sexe, maturité)] des touladis est présenté à l'annexe G.

Parmi les 28 géniteurs distincts récoltés, 25 étaient des mâles (89 %) et 3 des femelles (11 %). En 2015 et en 2012, aucune femelle n'avait été capturée, alors que 2 femelles avaient été récoltées en 2013 (AECOM, 2016). Étant donné qu'il est connu que les géniteurs mâles du touladi sont matures plus jeunes, migrent vers les sites de fraie avant les femelles et y demeurent plus longtemps (Martin, 1957; Martin et Olver, 1980), la capture de femelles, en plus des mâles, conforte le fait que des activités de reproduction sont en cours au moment de l'échantillonnage. La sous-représentativité des captures de femelles sur les sites de fraie peut être attribuable au rapport des sexes de la population des 499 géniteurs transférés entre 2007 et 2010, soit 40 % de femelles et 60 % de mâles (section 4.2.5), et également à leur âge à la maturité sexuelle plus élevé.



Photo 20 : Mesure d'un géniteur de touladi



Photo 21 : Prélèvement d'écaillés sur un géniteur de touladi

Dans la majorité des populations animales, le segment de la population qui limite la productivité est celui des femelles matures; c'est également le cas chez le touladi. Les femelles doivent en effet être représentées en quantité suffisante pour assurer le renouvellement des populations. Dans le cadre du projet, l'évolution du sexe-ratio est passée de 1,5 :1 en faveur des mâles au moment de l'ensemencement dans le réservoir de la Péribonka lors du transfert des géniteurs des lacs sources (60 % mâle; 40 % femelle), à près de 9 :1 pour les mâles en 2018 (89 % mâle; 11 % femelle). Le débalancement des sexes observé lors du suivi des géniteurs au fil des suivis environnementaux (2012, 2013, 2015, 2018) peut être en partie expliqué par une présence plus longue des mâles aux sites de reproduction par rapport aux femelles puisque les mâles arrivent plus tôt et restent plus longtemps sur les frayères (Martin et Olver, 1980; Miller and Kennedy, 1948; Muir *et al.*, 2012; Royce, 1951; cités dans Binder *et al.*, 2016). Les mâles sont ainsi prêts à frayer plus tôt en saison que les femelles, et ces derniers sont aussi plus susceptibles de se reproduire à chaque année, contrairement aux femelles. La périodicité de reproduction n'est effectivement pas annuelle chez la femelle du touladi (FFQ, 1996). Ceci se traduit normalement par une asymétrie avec un sexe-ratio observé au sein de la population reproductrice, de l'ordre de 60 à 85 % de mâles (Royce, 1951; Eschmeyer, 1955; Martin, 1957; McCrimmon, 1958; DeRoche, 1969; Peck, 1986; Bronte *et al.*, 2007; Muir *et al.*, 2012; cités dans Callaghan, 2016).

Les captures ont débuté dès le premier soir de pêche (3 octobre; n = 4 individus différents) et atteignent un pic le 9 octobre (n = 13, dont 10 individus différents). Le 13 octobre, il y a eu 12 géniteurs capturés, mais de ce nombre il y avait 11 recaptures. Une dernière recapture a été faite le 14 octobre. La figure 6 présente le stade de maturité des captures et recaptures de touladis de 2018 en fonction de la date de capture. À titre comparatif, les données des trois suivis précédents (2012, 2013 et 2015) sont également présentées. Le stade 6 de maturité (ponte) était le plus fréquent en 2018. Le stade pré-ponte (stade 5) a été noté sur une seule femelle, capturée le 7 octobre. Le stade post-ponte (stade 7) a été observé à partir du 13 octobre, où la moitié des captures avaient atteint ce stade (figure 6).

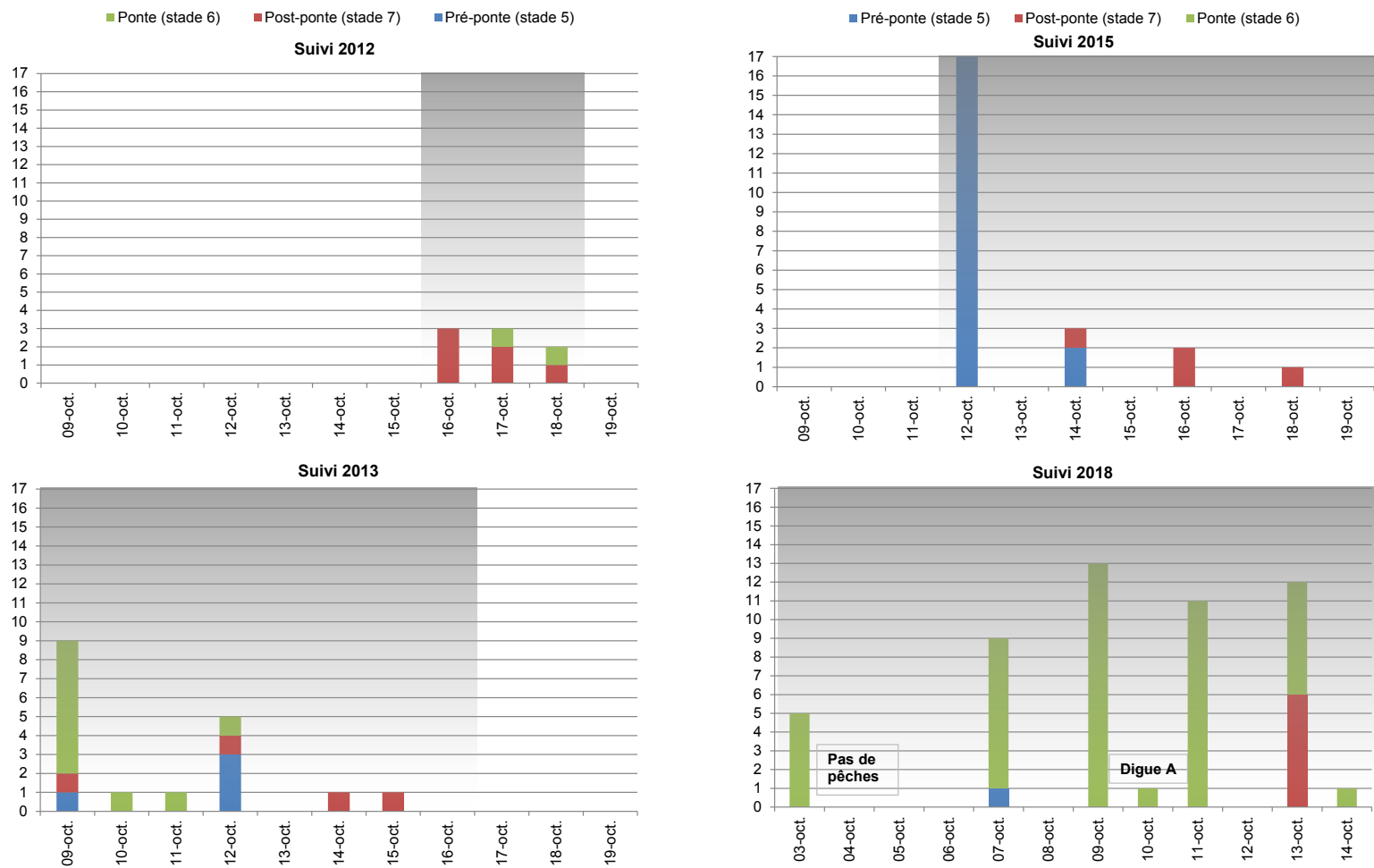


Figure 6 : Géniteurs de touladi capturés lors du suivi de l'utilisation des frayères en 2012, 2013, 2015 et 2018 au pont de la Péribonka, à la digue A (n = 1 en 2018) et à l'épi (n = 1 en 2013). Comprend les recaptures, sauf celles multiples pour un individu recapturé le même soir (n=2 en 2015).

L'évolution des stades de maturités dans les captures suggère que la période d'échantillonnage a été bien synchronisée avec la période de fraie du touladi dans le réservoir en 2018. Rappelons que la température de l'eau au pont de la Péribonka est passée de 12,42 °C à 9,96 °C pendant cette période (section 6.1.2.).

Bien que l'effort de pêche ait été réparti sur 14 stations de pêche différentes au pont de la Péribonka, la quasi-totalité des captures ont été faites aux stations F06 et F12 localisées en rive droite à l'aval de ce dernier (n = 49 captures; 94,2 %) (carte 10; tableau 17).

En comparaison, lors des suivis précédents, 20 spécimens différents de touladis avaient été capturés en 2015 (ainsi que 5 recaptures), 17 spécimens différents en 2013 (ainsi que 1 recapture) (dont 2 femelles de tailles 653 et 681 mm), et 7 spécimens différents (ainsi que 1 recapture) en 2012. Lors des suivis précédents, la totalité des touladis avaient également été récoltés aux stations en rive droite du pont, à l'exception d'un géniteur capturé en 2013 à l'épi d'Abitibi-Price (Environnement Illimité, 2013a; 2014a; AECOM, 2016). La figure 6 détaille les captures de touladis en fonction de l'évolution de leur stade de maturité et de la date de capture, et ce, pour les quatre années de suivi de l'utilisation du pont par le touladi (2012, 2013, 2015 et 2018).

En 2018, il est important de noter qu'une capture de touladi a été réalisée ailleurs qu'au pont. Il s'agit d'un géniteur capturé à la digue A, le 10 octobre (mâle de stade 6). Cet individu était toutefois en mauvais état de santé (un œil seulement, opercule incomplet; photo 22).

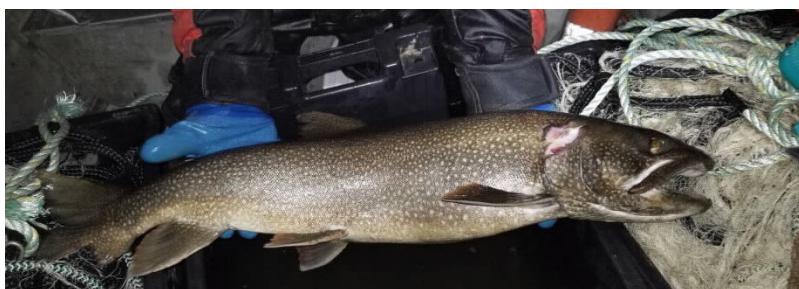


Photo 22 : Mâle capturé au site de la digue A (10 octobre 2018)

En 2018, un total de 26 nouvelles étiquettes a été apposé sur des géniteurs. Un nouveau tag a été installé au géniteur HQ4003 car son étiquette était devenue précaire à sa recapture le 11 octobre. À noter que les touladis perdent assez facilement le type d'étiquette installée, surtout avec une fréquence de suivi à tous les trois ans. L'installation de PIT-tag devrait être préconisée pour les études le requérant sur cette espèce. Trois géniteurs capturés avaient déjà une étiquette provenant des activités antérieures. Il s'agit donc de recaptures interannuelles. De ceux-ci, un avait été marqué lors du suivi de 2012 (n° 2930), un autre lors du suivi de 2013 (n° 4003), alors que le géniteur n° 0498 provenait du transfert de géniteurs du lac Manouane réalisé en septembre 2007 (Environnement Illimité, 2008b). Le géniteur n° 2930 a été capturé lors de tous les suivis (2012, 2013, 2015, 2018). Le géniteur n° 4010 marqué en 2013 et recapturé en 2015 (AECOM, 2016) n'a pas été capturé en 2018.

La figure 7 et le tableau 17 illustre les fréquences de tailles des 28 touladis distincts capturés en 2018, de même que celles des suivis de 2015 (n = 20), de 2013 (n = 17) et de 2012 (n = 7). La majorité des touladis capturés en 2018 avaient une taille comprise entre 751 mm et 850 mm (n = 17; figure 7), avec une taille moyenne de 784,5 ± 51,9 mm pour l'ensemble des individus. En 2015, les touladis étaient principalement retrouvés dans la classe de taille 701 à 750 mm (n = 11), avec une taille moyenne de 721,9 ± 37,8 mm. En 2013, la classe de taille la plus représentée était également la classe 701-750 mm, mais avec une taille moyenne inférieure (690,3 ± 31,5 mm). Enfin, les géniteurs capturés en 2012 étaient les plus petits, avec une taille moyenne de 672,3 ± 18,7 mm. Ainsi, on constate qu'il y a une augmentation de la longueur moyenne des géniteurs dans le temps, soit de 17 % entre 2012 et 2018, ce qui démontre : 1) la croissance des géniteurs entre 2012 et 2018; et 2) l'absence de nouvelles cohortes dans le stock reproducteur (figure 7).

En quatre années de suivis étalés sur 7 ans (2012 à 2018) pendant la période de reproduction du touladi, la quasi-totalité des géniteurs ont été capturés au pont, et aucun n'a été capturé à l'une ou l'autre des deux frayères aménagées (PE1654 ou PE1697).

La somme des géniteurs distincts n'a pas été faite de façon interannuelle puisque la perte d'étiquette de marquage entre les années, voire même au sein d'une même année de suivi, vient biaiser les résultats.

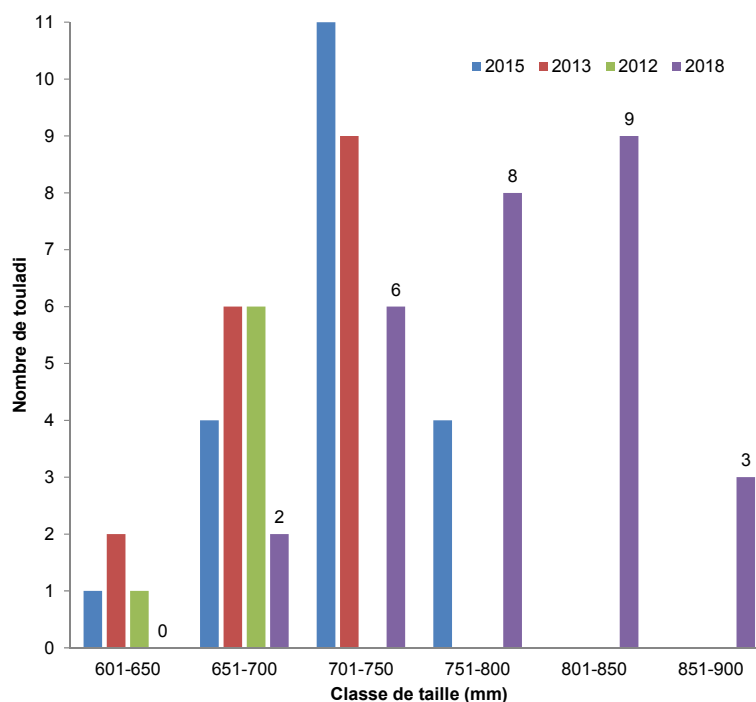


Figure 7 : Distribution des classes de taille (mm) des géniteurs de touladi capturés en 2012, 2013, 2015 et 2018. Toutes les captures ont été faites au pont de la Péribonka, à l'exception de deux spécimens (n = 1 en 2013 à l'épi; n = 1 en 2018 à la digue A)

Tableau 17 : Taille des géniteurs de touladi capturés et recapturés au pont de la Péribonka en période de reproduction entre 2012 et 2018

Statistiques descriptives	Année de suivi					
	2012	2013		2015	2018	
	Mâle	Mâle	Femelle	Mâle	Mâle	Femelle
Captures totales	8	15+1 (épi)	2	25	47 +1 (digue A)	4
Individus distincts	7	14+1 (épi)	2	20	25 +1 (digue A)	3
Géniteurs ayant déjà une étiquette	3	3	0	4	3	0
Taille moyenne (mm)	672,3	693,4	667,0	721,9	779,1	829,3
Écart-type	18,7	31,9	19,8	37,8	51,7	31,3
Taille minimale	635,0	632	653	643,0	670,0	796,0

6.4.2.3 Estimation de l'âge des touladis en 2018

Puisque la distribution des classes de taille est celle d'un stock reproducteur vieillissant et que l'entrée de nouvelles cohortes provenant des ensemencements de juvéniles (voir figure 2; section 4.4) ne se fait toujours pas sentir dans les captures réalisées lors du suivi de l'utilisation des frayères, ni d'ailleurs dans les pêches estivales conduites pour le suivi de la dynamique des populations (AECOM, 2019), les écailles des géniteurs ont été prélevées en 2018 afin d'effectuer une estimation de l'âge de ces derniers.

Il est important de mentionner que les estimations d'âge conduites sur des écailles d'individus de plus de 10 années tendent à sous-estimer l'âge réel des poissons (Serge Gravel, technicien de la faune, MFFP, comm. pers. 22 novembre 2018). Néanmoins, suite à leur lecture indépendante, les deux lecteurs ont attribué une estimation d'âge « minimal » pour chacun des 28 géniteurs. Les écailles montées et les marques d'âge peuvent être consultées à l'annexe H.

L'âge moyen des géniteurs capturés sur les frayères en 2018 et contribuant à la reproduction du touladi dans le réservoir Péribonka est minimalement estimé à $14,7 \pm 1,1$ an (13 à 18 ans). Puisque les touladis provenant des cohortes de juvéniles ensemencés les plus âgés seraient âgés de 12 ans en 2018, il peut être avancé qu'aucun de ces touladis ne contribue au stock reproducteur pour l'instant. Rappelons qu'en considérant des taux moyens de mortalité (avec une variation de $\pm 10\%$), on estime qu'environ 15 % (12,2 à 16,4 %) du stock résiduel des juvéniles ensemencés avait le potentiel de faire partie du stock reproducteur en 2018 (ce qui correspond aux cohortes de 9 à 12 ans) (section 4.4). Chez 20 % des mâles et 6 % des femelles, l'atteinte de la maturité peut se faire dès l'âge de 6 ans (selon les données acquises sur les géniteurs moribonds provenant des lacs sources), mais l'âge moyen des touladis capturés sur les frayères était de 12 ans dans les lacs sources (Environnement Illimité, 2008b).

La figure 8 présente les relations « âge-longueur » des cohortes ayant été âgées, soit majoritairement celles provenant des géniteurs des deux lacs sources (lacs Manouane et Onistagane), mais également à partir des estimations d'âge minimal conduites à partir des écailles des géniteurs capturés dans le réservoir Péribonka en 2018. L'ellipse sur la figure 8 pointe les caractéristiques que devraient montrer les cohortesensemencées (4 à 12 ans en 2018); contrairement aux données acquises sur les géniteurs capturés jusqu'à présent. Les géniteurs capturés présentent ainsi une taille (longueur totale) et un âge estimés supérieurs aux cohortesensemencées. Rappelons que la première fraie artificielle ayant eu lieu en 2005, les cohortes de 0+ du printemps 2006 (soit moins de 1 % des juvénilesensemencés et des œufs incubés; figure 8) auraient 12 ans en 2018. Cet âge est atteint autour de 600 mm aux lacs sources (Environnement Illimité, 2008; figure 8). Puisque les classes de taille comprises entre 701 et 850 mm présentent les fréquences relatives les plus élevées en 2018 (figure 8), les touladis capturés à l'automne 2018 sont vraisemblablement des géniteurs transférés, plutôt que des individus provenant desensemencements de juvéniles. Rappelons qu'à partir des données disponibles sur 99 géniteurs transférés en 2007 et 2010, ceux-ci avaient majoritairement une longueur totale dans les classes de taille comprises entre 551 mm et 650 mm (figure 8).

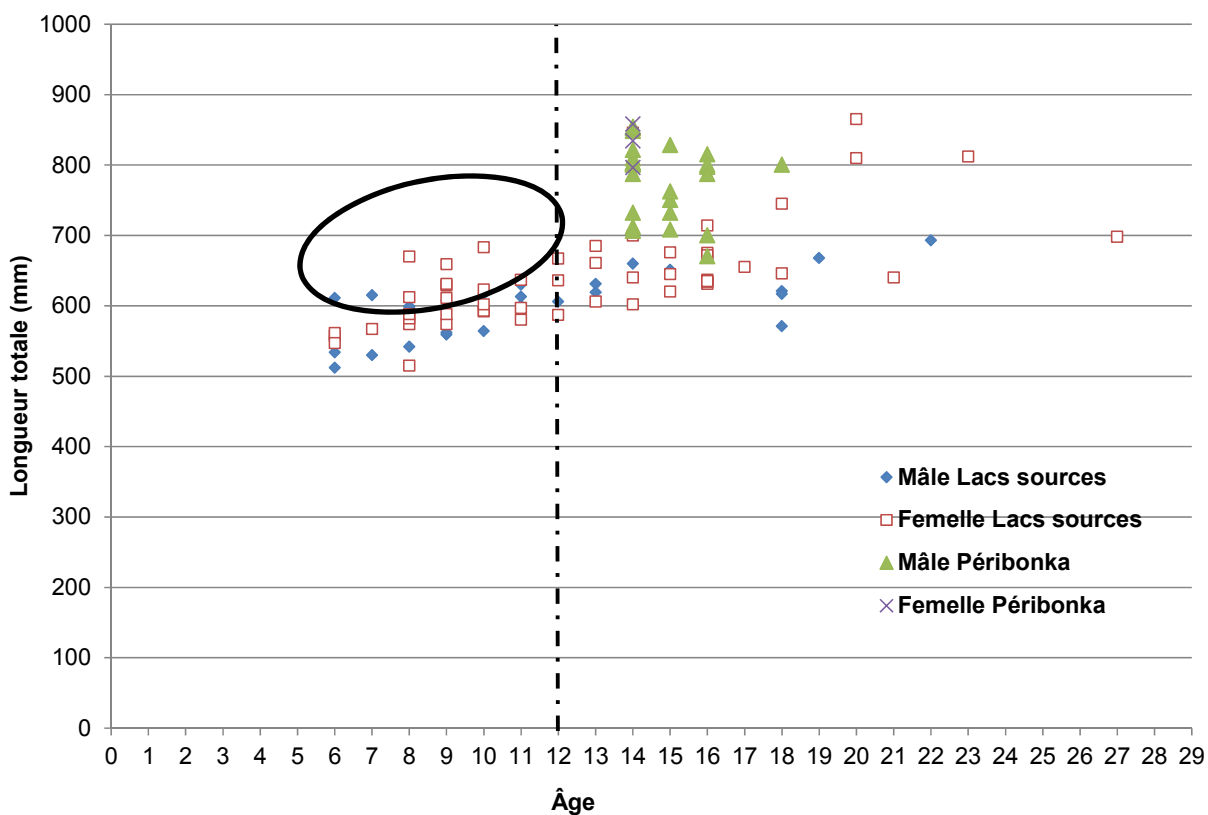


Figure 8 : Relation âge-longueur des géniteurs provenant des lacs sources (otolithes) et des géniteurs capturés en 2018 au réservoir Péribonka (écailles)

Note : La ligne pointillée de la cohorte 12+ correspond à la plus vieille cohorte en 2018 de juvénilesensemencés dans le réservoir de la Péribonka (fraie de 2005).

6.4.2.4 Croissance des recaptures interannuelles de touladi

En plus des nouvelles estimations d'âge, les données morphométriques des individus capturés sur plus d'une année (recapture interannuelle) ont été analysées afin de documenter la variabilité de la croissance dans le réservoir Péribonka. Il est important de mentionner que seules des données de huit géniteurs distincts sont disponibles pour cette analyse, dont 4 recapturés en 2018, un géniteur capturé en 2013 et 2015, et deux géniteurs capturés en 2012 et 2013 uniquement. Ce nombre est insuffisant pour l'établissement d'une courbe de croissance standard, mais la figure 9 présente tout de même l'évolution des tailles des touladis entre 2007 et 2018. La croissance semble variable entre les années pour un même géniteur et également entre les géniteurs.

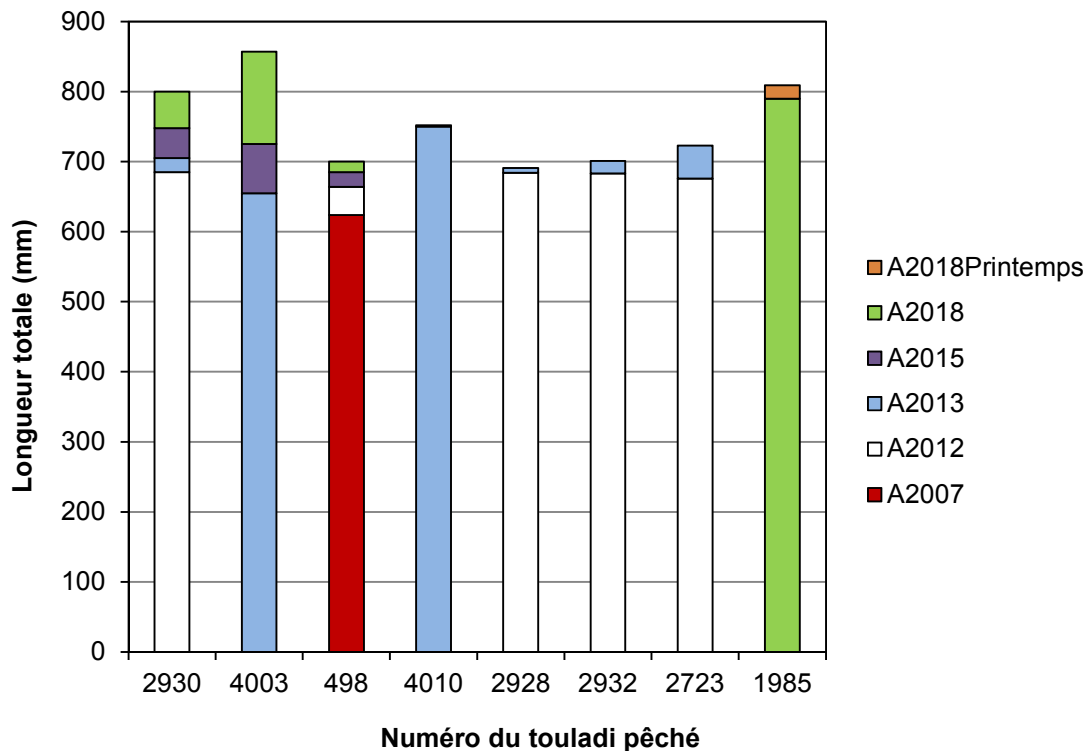


Figure 9 : Évolution de la croissance des géniteurs capturés à deux reprises ou plus dans les lacs sources et dans le réservoir Péribonka. Les années de capture des individus sont indiquées dans la légende.

Sur la base des longueurs totales rapportées, la croissance moyenne annuelle du touladi semble très variable (6,9 mm à 26,4 mm) dans le réservoir. Les données de plusieurs lacs au Canada font état de cette variabilité (Scott et Crossman, 1974). Puisqu'un taux de croissance moindre survient chez les cohortes les plus vieilles, l'âge doit également être considéré dans l'interprétation de cette variabilité.

6.4.2.5 Contenus stomacaux

Lors de captures de poissons moribonds, les contenus stomacaux ont été vérifiés. En 2018, un seul grand corégone était moribond parmi toutes les captures. Le contenu stomacal de cet individu capturé le 7 octobre 2018 à la frayère à corégonidés PE1870 a été vérifié. Aucun œuf n'était présent dans le système digestif du poisson.

6.4.3 Collecteurs d'œufs

L'emplacement des lignes de collecteurs d'œufs installés est présenté sur chacune des cartes de sites. De plus, l'annexe E présente leurs coordonnées géographiques.

Malgré la pose d'un total de 250 collecteurs d'œufs en 2018 en septembre, aucun œuf ne fut capturé lors du retrait de ces derniers entre le 13 et le 15 octobre 2018. Rappelons qu'un œuf avait été capturé au site du pont de la Péribonka en 2015 (AECOM, 2016), permettant ainsi de changer le statut de frayère potentielle à frayère confirmée pour le touladi à cet endroit.

Néanmoins, pour des fins de documentation, des œufs de touladi ont été prélevés sur l'une des femelles capturées, et conservés dans une solution d'éthanol à 85 %. Deux de ces derniers ont été photographiés à partir d'un stéréomicroscope OLYMPUS muni d'une caméra haute définition et mesurés (photo 23). Un sous-échantillonnage de 73 œufs permet d'ajouter que le diamètre moyen des œufs prélevés était de $5,742 \text{ mm} \pm 0,237 \text{ mm}$.

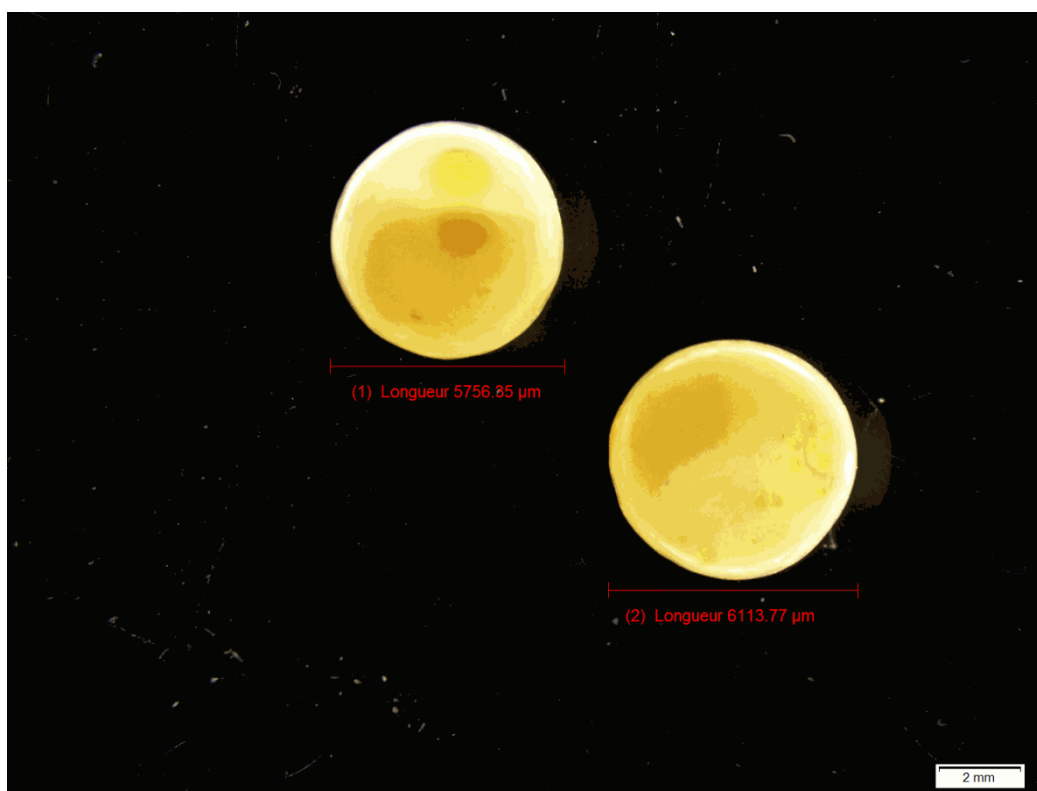


Photo 23 : Exemples d'œuf de touladi prélevés et mesurés sur une femelle au site du pont de la Péribonka en 2018

6.5 ADN environnemental (ADNe)

Les résultats présentés dans cette section synthétisent ceux décrits dans le rapport complet des travaux réalisés par GDG Environnement (2018). Le rapport de GDG est présenté à l'annexe D.

6.5.1 PCR quantitative (PCRq)-ADN mitochondrial

6.5.1.1 Filtres négatifs

L'analyse par réaction de polymérisation en chaîne quantitative (PCRq) des filtres a montré qu'il n'y avait aucune présence d'ADNe, et ce, pour tous les filtres-négatifs. La chaîne de traçabilité a été protégée et aucune auto-contamination et/ou contamination croisée n'a été faite pendant les différentes manipulations (terrain, échantillonnage d'eau, filtration, laboratoire). Ainsi, aucun faux positif n'a été décelé dans le cadre des échantillonnages au terrain et de la filtration *in situ* au terrain.

6.5.1.2 Détection aux sites d'étude

L'étude des frayères à touladi par l'analyse de l'ADN mitochondrial réalisée dans le réservoir de la Péribonka a permis d'identifier l'ADNe de cette espèce dans tous les sites. Ce résultat suggère que le touladi fréquente différents secteurs du réservoir pendant la saison de reproduction et que son abondance permet d'identifier son ADNe en quantité détectable. La figure 10 présente la variation du nombre de molécules d'ADNe de tous les sites, avant et pendant la fraie, et le cumul de nombre de copies de gènes par litre d'eau prélevé, analysé avec le Set « Lacoursière-Roussel » (comparable aux analyses de 2015).

6.5.1.3 Avant la fraie

En 2018, l'échantillonnage *avant la fraie* a été fait en août (entre le 7 et le 13 août 2018) au lieu de septembre (18 et 19 septembre 2015), tel qu'exécuté en 2015 (AECOM, 2016). Le choix de cette période plus hâtive s'avère correspondre à une utilisation par le touladi qui diffère nettement de celle rapportée en période de reproduction. De fait, l'analyse des prélèvements réalisés avant la fraie (août) démontrent qu'il n'y avait pas d'utilisation de ces sites à cette période par le touladi, excepté à la station de la frayère à corégonidés (PE1870). Toutes les autres stations affichent une valeur nulle d'ADNe pour la période *avant la fraie*. Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée pour tester la variation entre les moments d'échantillonnage (avant et pendant la fraie) pour les sites regroupés et les valeurs obtenues étaient significativement différentes entre les deux périodes ($P < 0.05$).

6.5.1.4 Pendant la fraie

L'analyse par PCRq des filtres a montré qu'il y avait présence d'ADN de touladi dans tous les sites de captures, incluant la station témoin. Le site du pont est néanmoins celui qui présente le plus de détections pendant la fraie, en particulier dans la zone de contre-courant en aval du pont (figure 10). Le pic de détection d'ADN de touladi a été observé le 8 octobre pour l'ensemble des sites combinés.

Alors qu'aucune utilisation des deux frayères aménagées pour le touladi (PE1654, PE1697) ne peut être confirmée par les pêches effectuées, une détection de l'espèce sur ces deux sites est notée par l'ADNe, pour au moins quatre journées comprises entre le 3 et le 12 octobre (figure 10).

Le site affichant le moins de copies de gènes en octobre 2018 est le site de l'épi (figure 10). De plus, le site de la frayère à doré sur la rivière au Serpent ne montre pas un nombre élevé de copies de gènes, mais le touladi y a été détecté à deux des cinq journées d'échantillonnage. Mentionnons que le touladi est présent dans différents lacs échantillonnés en 2004 et 2005 et qui se jettent dans la rivière au Serpent, notamment les lacs Laliberté et D'Ailleboust (Burton et Tremblay, 2006), ce qui pourrait peut-être expliquer la détection d'ADN de touladi dans cette rivière.

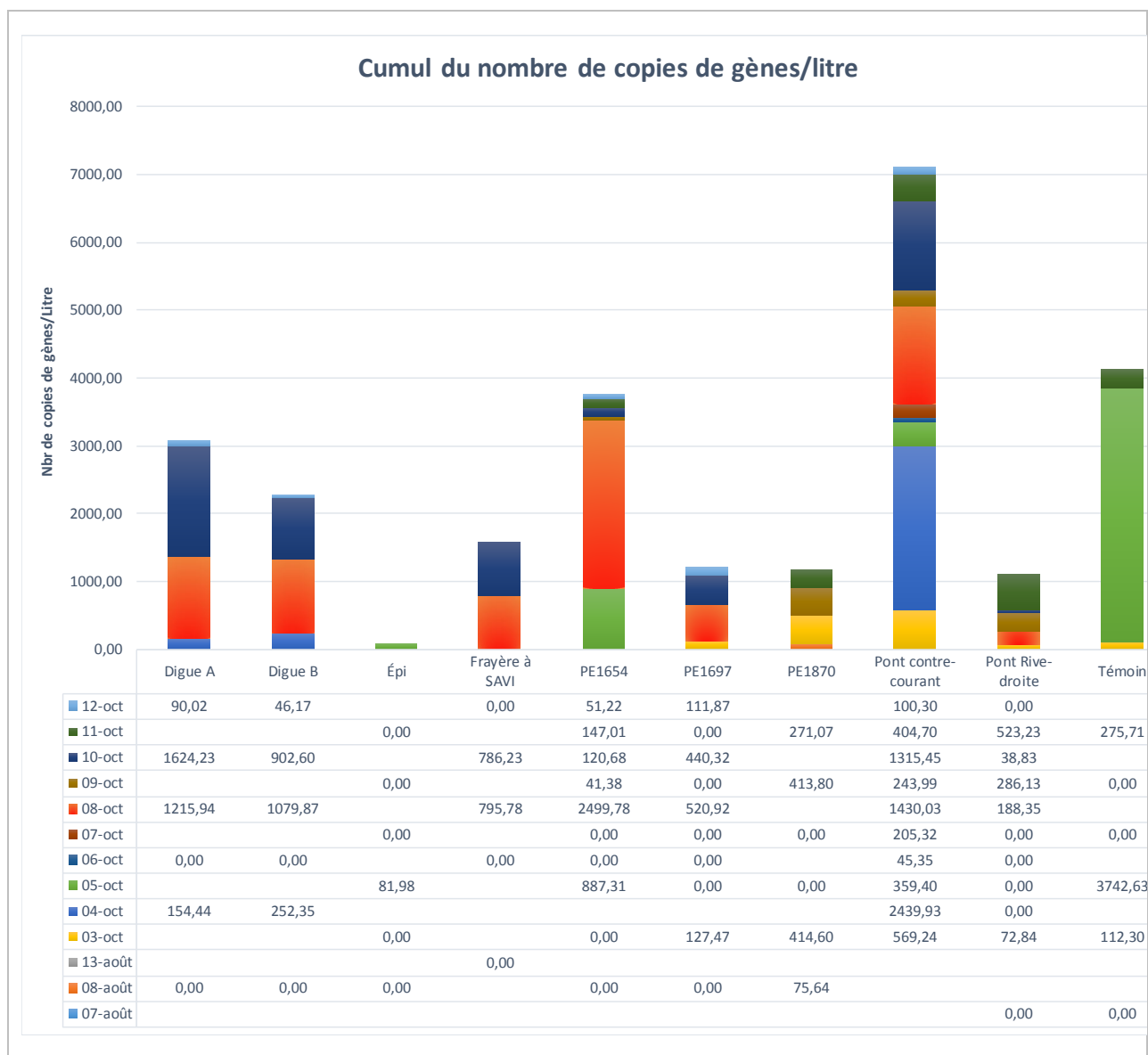


Figure 10 : Cumul du nombre de copies de gènes par litre d'eau prélevé (incluant le contre-courant au pont de la Péribonka)

Bien que le site témoin ait été désigné ainsi en raison de la présence d'un habitat peu favorable à la fraie du touladi, de l'ADNe de touladi y a été détecté en période de fraie en 2018, comme ce fut le cas aussi en 2015. Le nombre de molécules relatives mesurées pendant la fraie peut indiquer la présence du touladi en amont du point d'échantillonnage, ou encore à proximité, puisque la libération d'ADNe par ce dernier au site témoin peut être attribuable à des déplacements de géniteurs qui se seraient produits vers les frayères en amont (Pont, Épi, PE1870), et/ou vers les frayères aménagées en aval (PE1654 et PE1697) et les autres frayères potentielles en aval (Digue A et Digue B).

6.5.2 PCR quantitative (PCRq)-ADN nucléaire

La station « contre-courant » est une station située en rive droite à l'aval immédiat du pont. La photo 24 délimite le contre-courant dans lequel trois sous-échantillons d'eau ont été combinés pour former un échantillon composite de 2,2 L, qui a été ensuite filtré et analysé cette fois-ci à partir du ratio ADN nucléaire/ADN mitochondrial (ADN nu/ADN mt). L'utilisation du ratio ADN nu/ADN mt pendant la fraie spécifiquement au site du pont visait à vérifier si cette approche pouvait représenter un bon indicateur de l'activité de reproduction chez le touladi, tel que rapporté dans la littérature en milieu contrôlé (Bylemans *et al.*, 2017).



Photo 24 : Station du contre-courant au pont de la Péribonka (échantillon composite)

L'analyse temporelle de la distribution du ratio ADNe nucléaire versus ADNe mitochondrial permet d'avancer que l'activité de reproduction était plus intense au site du pont durant la journée du 6 octobre 2018, journée pour laquelle les pêches nocturnes ont plutôt été conduites dans les autres frayères potentielles et aménagées localisées à l'aval. Ces données de détections d'ADNe sont intéressantes en complémentarité, car l'étendue du réservoir et des frayères potentielles ne permet pas de suivre chacun des sites à chaque soir pendant la période de reproduction.

Selon les résultats obtenus pendant la période de reproduction du touladi, il est hors de tout doute démontré que l'échantillon composite à partir du ratio ADN nu/ADN mt est celui qui présente le plus de détections de touladi, en comparaison des analyses d'ADN mt uniquement, et ce, pour le même site à l'étude (Pont). Ainsi, lorsqu'une espèce est rare dans un plan d'eau, l'échantillonnage composite (trois sous-échantillons) couplé à une analyse du ratio ADN nu/ADN mt permettrait de mieux détecter la présence de l'espèce en période de reproduction. À titre indicatif, lors des journées du 6 et 7 octobre, il y a eu détection d'ADNe de touladi seulement dans l'échantillon composite prélevé dans le contre-courant du pont, soit par le ratio ADNnu/ADN mt, alors que la présence du touladi n'a pas été détectée par l'ADN mt dans l'échantillon prélevé en rive droite du pont (figures 10 et 11).

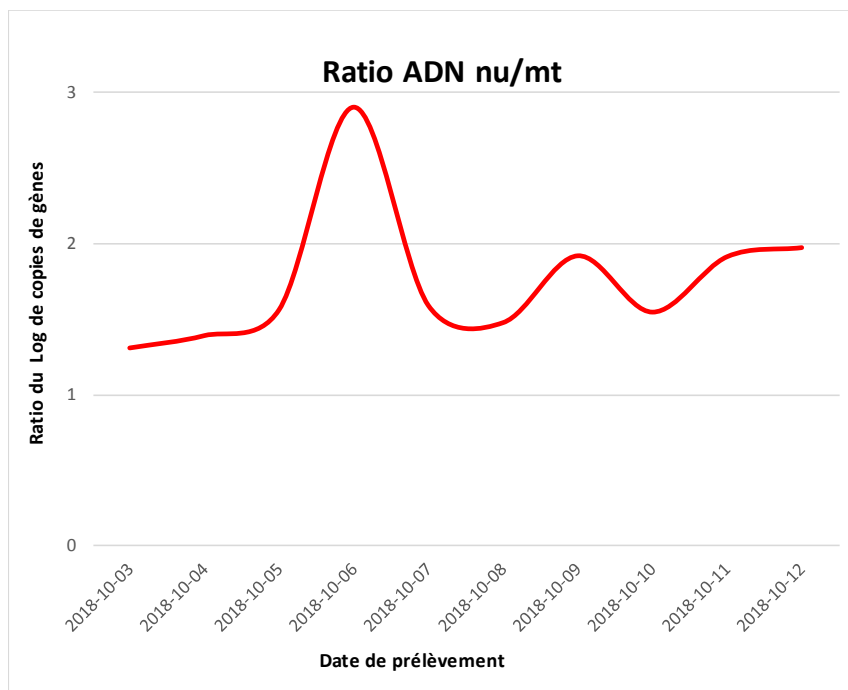


Figure 11 : Évolution temporelle du ratio ADN nu/ADN mt au site du pont (contre-courant)

6.5.3 Discussion

Les précautions prises lors des différentes manipulations sur le terrain et au laboratoire ont minimisé les risques de contaminations, les résultats des filtres négatifs n'ayant pas révélé de trace d'ADNe de touladi.

Avant la fraie (en août), les sites de prélèvements ne présentent pas de trace d'ADNe de touladi, sauf pour la station PE1870 pour laquelle une petite quantité d'ADNe a été dépistée. Pendant la fraie (octobre), tous les sites ont eu des traces d'ADNe de touladi et ce, lors de deux journées au minimum. Le nombre de copies de gènes dépisté durant cette période suggère que les prélèvements ont été faits durant le moment propice à la fraie, avec un pic de détection atteint le 8 octobre. Quant au ratio ADNe nucléaire versus ADNe mitochondrial, son analyse suggère plutôt un pic le 6 octobre 2018 au pont (contre-courant). Ces données complémentaires fournies par l'ADNe sont intéressantes, car les pêches nocturnes étaient plutôt conduites dans le secteur aval du réservoir, autant le 6 que le 8 octobre 2018. Sur la base des pêches expérimentales nocturnes, le pic de fraie semble plutôt avoir été atteint le 9 octobre 2018.

Enfin, si l'approche complémentaire de l'ADNe est reconduite lors de prochains suivis, il serait judicieux de procéder à des prélèvements composites afin d'augmenter les chances de détection. Rappelons que seul l'échantillon composite a permis de détecter un nombre suffisant de copies de gènes pour deux journées lors du suivi. De plus, si le suivi est réalisé en période de reproduction, l'évaluation du ratio ADN nu /ADN mt devrait également être préconisé à la lumière des détections obtenues.

6.6 Constats généraux du suivi de 2018

En termes d'intégrité physique, les données colligées lors de l'évaluation de 2018 sont similaires à celles obtenues lors du dernier suivi de 2015. Les frayères aménagées sont demeurées stables selon l'analyse et la comparaison des élévations entre les données de 2015 et celles de 2018. Depuis l'aménagement des frayères, les différences observées avec les plans TQC sont sans doute attribuables à la compaction des matériaux ou à la précision des relevés.

En 2018, l'ensemble des superficies aménagées sur les frayères PE1654 et PE1697 était propice à la fraie du touladi. Néanmoins, les deux frayères aménagées spécifiquement pour le touladi ne semblent toujours pas être utilisées par l'espèce en période de reproduction, bien que le suivi d'ADNe ait détecté du touladi dans le secteur.

La capture de géniteurs de touladi sur les frayères a augmenté entre les différentes années de suivis (2012, 2013, 2015 et 2018). En 2018, 28 géniteurs ont été capturés, dont 27 au site du pont de la Péribonka. Une capture a aussi été réalisée au site de la digue A. Toutefois, puisque c'est plutôt la capture d'œufs qui confirme hors de tout doute la reproduction, aucune frayère autre que celle du pont de la Péribonka n'a été confirmée depuis 2015. De plus, cette frayère semble relativement peu utilisée. Un faible nombre de femelles sont présentes dans les captures (3 femelles sur 28 géniteurs, soit 11 %), et les géniteurs capturés proviennent vraisemblablement des lacs sources. Les estimations d'âge des touladis capturés permettent d'appuyer ces constats en raison de l'âge avancé des géniteurs (>12 ans).

7 Conclusion

7.1 Suivi de la fraie du touladi et de l'utilisation des frayères

À l'instar des suivis précédents (2012, 2013, 2015), le suivi de 2018 a permis la capture de géniteurs de touladi en grande quantité au pont de la Péribonka. Un géniteur a également été capturé à la digue A, un nouveau site échantillonné en 2018.

Depuis 2012, le nombre de géniteurs capturés a augmenté régulièrement, passant de 7 en 2012, à 15 en 2013, à 20 en 2015 et à 28 en 2018. Malgré une plus grande abondance, les données acquises permettent de conclure que les géniteurs capturés sont toujours issus des lacs sources et non des juvéniles ensemencés. Aucun indice de la présence de jeunes cohortes de touladi n'est observé dans le réservoir dans cette étude, ni dans celle de la dynamique de populations également menée en 2018 (AECOM, 2019).

Selon les estimations détaillées de l'évolution des cohortes ensemencées en fonction des taux moyens de mortalité utilisés ($\pm 10\%$, $\pm 25\%$), la densité de géniteurs dans le réservoir Péribonka en 2018 serait comprise entre 1,04 et 12,40 géniteurs/km², ce qui est relativement faible.

7.2 Suivi de l'intégrité des frayères aménagées

L'évaluation de l'évolution temporelle de l'intégrité physique et de la qualité des frayères aménagées pour le touladi (PE1654, PE1697) permet de confirmer que les frayères sont stables et que celles-ci offrent des conditions propices à la fraie du touladi sur l'ensemble de leur superficie aménagée. En 2018, la superficie propice à la fraie du touladi a totalisé 18 275 m² sur les sept sites inventoriés, dont 454 m² à la frayère aménagée PE1654, et 519 m² à la frayère aménagée PE1697. L'ensemble des superficies aménagées sur ces deux frayères est donc propice à la fraie du touladi. La qualité du substrat s'est nettement améliorée depuis 2012 pour offrir de meilleures conditions de fraie. Néanmoins, les deux frayères aménagées spécifiquement pour le touladi ne sont toujours pas utilisées par l'espèce. Les deux nouveaux sites à l'étude, soit la digue A et la digue B, ont permis d'ajouter 5 988 m² de frayère potentiellement utilisable par le touladi. Le pont de la Péribonka, frayère confirmée en 2015 et où la presque totalité des captures a été réalisée en 2018, offre quant à lui une superficie propice à la fraie du touladi de 3 155 m² (1 327 m² en rive droite et 1 828 m² en rive gauche).

7.3 ADN environnemental (ADNe)

L'analyse des résultats indique une présence d'ADNe de touladi à tous les sites échantillonnés en 2018 pendant la période de fraie. Ces résultats contrastent avec les données de pêche. De fait, les captures de géniteurs sont quasi-entièrement réalisées au site de pont de la Péribonka (51 sur 52 captures en 2018, incluant les recaptures). Un seul autre site a montré la présence de géniteurs par les pêches expérimentales; il s'agit du site de la digue A. Toutefois, rappelons que l'ADNe des poissons est mobile dans l'eau, surtout en présence d'un milieu lotique (rivière Péribonka). Ainsi, la détection de molécules d'ADNe de touladi n'indique pas nécessairement la présence d'un géniteur au point d'échantillonnage de l'eau; ce qui contraste avec la capture de géniteurs lors des pêches.

Aucune utilisation des deux frayères aménagées pour le touladi (PE1654, PE1697) ne peut être confirmée par les pêches, mais une détection est notée par l'ADNe sur ces deux sites, pour au moins quatre journées comprises entre le 3 et le 12 octobre. Étant donné sa faible abondance, cet ADNe pourrait toutefois provenir de l'amont.

Selon les résultats obtenus, il est démontré que l'échantillon composite prélevé dans le contre-courant au pont pour estimer le ratio ADN nu/ADN mt est celui qui présente le plus de détections. D'après l'évolution temporelle de ce ratio, le pic de fraie serait survenu le 6 octobre 2018 au pont.

Sans égard à l'abondance de géniteurs ou à l'utilisation de l'habitat, l'utilisation de la méthode d'ADNe a permis de détecter la présence de molécules d'ADN de touladi sur une grande échelle spatiale au cours de la présente étude. C'est donc une méthode complémentaire qui peut s'avérer utile pour documenter la présence et la dispersion du touladi dans un plan d'eau.

7.4 Programme de mise en valeur du touladi

Dans le cadre du programme de mise en valeur du touladi, Hydro-Québec s'est engagée à implanter une population de touladi dans le réservoir de la Péribonka. Entre 2007 et 2014, plusieurs activités liées à la mise en valeur du touladi ont été réalisées. Grâce aux efforts investis, plus de 675 000 juvéniles de touladi ont été ensemencés (75 % de 0+, 24 % de 1+, <1 % de 2+), plus de 84 000 œufs incubés sur les frayères auraient survécu et 499 adultes ont été transférés dans le réservoir.

En 2018, les résultats ont montré que des géniteurs sont présents dans le réservoir et que leur présence est confirmée en période de reproduction sur une frayère (pont). Toutefois, le sexe-ratio demeure débalancé en faveur des mâles et aucune utilisation n'a encore été confirmée aux deux frayères aménagées PE1697 et PE1654, bien que les analyses d'ADN environnemental détectent une présence de molécules d'ADNe de touladi à ces sites au moment de la fraie.

Les résultats obtenus jusqu'ici dans le cadre de ce suivi ne permettent toujours pas de confirmer le succès de l'implantation d'une population autonome de touladi dans le réservoir. En effet, les géniteurs capturés sur les frayères sont toujours issus des lacs sources et non des juvéniles ensemencés. De plus, aucun touladi juvénile issu de la reproduction naturelle n'a encore été récolté dans ce réservoir jusqu'à présent.

8 Bibliographie

- AECOM. 2016. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Suivi environnemental 2015 en phase d'exploitation. Mise en valeur du touladi*. Rapport présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay – Lac-Saint-Jean. 88 pages et annexes.
- AECOM, 2019. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Suivi environnemental 2018 en phase d'exploitation. Dynamique des populations de poissons*. Rapport préparé pour Hydro-Québec. 91 p. et annexes.
- BARNES, M.A., TURNER, C.R., JERDE, C.L., RENSHAW, M.A., CHADDERTON, W.L. & LODGE, D.M. 2014. Environmental conditions influence eDNA persistence in aquatic systems. *Environmental Sciences & Technology*, 48, 1819–1827.
- BÉLANGER, B. et M. GENDRON. 1993. *Le touladi : réservoirs Mitis et Manic-3; caractérisation et validation des sites de reproduction (1992); incubation des œufs et échantillonnage des alevins (1993)*. Le Groupe de Recherche SÉEEQ ltée, pour le Service ressources et aménagement du territoire, vice-présidence Environnement, Hydro-Québec. 61 p. et annexes.
- BENOÎT, J. et J. LAMOUREUX. 1991. *Évaluation de l'impact du marnage sur les sites et le potentiel de reproduction du touladi*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Protocole expérimental. 8 p.
- BERNATCHEZ, L. et M. GIROUX. 2000. *Les poissons d'eau douce du Québec et leur répartition dans l'est du Canada*. Broquet, Boucherville, 2^e édition. 350 p.
- BINDER, T. R., H. T. THOMPSON, A. M. MUIR, S. C. RILEY, J. E. MARSDEN, C. R. BRONTE et C. C. KRUEGER. 2014. "New insight into the spawning behavior of Lake Trout, *Salvelinus namaycush*, from a recovering population in the Laurentian Great Lakes." *Environ Biol Fish* DOI 10.1007/s10641-014-0247-6
- BRADBURY, C., M.M. ROBERGE et C.K. MINNS. 1999. "Life History Characteristics of Freshwater Fishes Occurring in Newfoundland and Labrador, with Major Emphasis on Lake Habitat Characteristics". *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2485 : vii + 150 p.
- BURTON, F. et M. GENDRON. 2005. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Travaux 2004 – Caractérisation de lacs pour le prélèvement d'œufs et de géniteurs*. Rapport produit par Environnement Illimité inc. présenté à Hydro-Québec Équipement, Direction Environnement. 58 p., 7 annexes et 5 cartes.
- BURTON, F. et G. TREMBLAY. 2006. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Travaux 2005*. . Rapport produit par Environnement Illimité inc. présenté à Hydro-Québec Équipement, Direction Environnement. 61 p., 9 annexes et 5 cartes.
- BYLEMANS, J., E.M. FURLAN, C.M. HARDY, P. MCGUFFIE, M. LINTERMANS, et D.M. GLEESON. 2017. "An environmental DNA-based method for monitoring spawning activity: a case study, using the endangered Macquarie perch (*Macquaria australasica*)." *Methods in Ecology and Evolution* 8: 646–655

- CALLAGHAN. D.T. 2016. *Spawning habitat and reproductive strategies of lake trout (Salvelinus namaycush) in a Northern Boreal Lake*. A Thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies of The University of Manitoba in partial fulfillment of the requirements of the degree of Master of Science, Department of Biological Sciences, University of Manitoba, Winnipeg. 109 p. [En ligne], URL: https://mspace.lib.umanitoba.ca/bitstream/handle/1993/31123/Callaghan_David.pdf?sequence=1
- ELLISON SLR, ENGLISH CA, BURNS MJ, KEER JT. 2006. Routes to improving the reliability of low level DNA analysis using real-time PCR. *Bmc Biotechnology* 6.
- ELLROTT, B. J. et J. E. MARSDEN. 2004. "Lake Trout Reproduction in Lake Champlain". *Transactions of the American Fisheries Society*, 133:2, 252-264.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2014a. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2013*. Rapport produit par Ouellet, N., F. Burton et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay–Lac-Saint-Jean. 60 p. et 9 annexes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2014b. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Suivi du régime thermique du réservoir et du bief aval de la centrale de la Péribonka – Bilan du suivi 2008-2013*. Rapport produit par G. Tremblay, F. Burton, et M. Simoneau, présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay–Lac-Saint-Jean. 22 p.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2014c. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Dynamique des populations de poissons dans le réservoir et ses tributaires– Travaux 2013*. Rapport produit par Ouellet, N., F. Burton, et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction – Saguenay–Lac-Saint-Jean. 59 p. et 8 annexes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2013a. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2012*. Rapport produit par Ouellet, N. et F. Burton. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay–Lac-Saint-Jean. 62 p. et 10 annexes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2013b. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Suivi des mesures d'atténuation et de compensation pour la faune ichtyenne – Travaux 2012*. Rapport produit par Burton, F., G. Tremblay, F. Poirier et N. Ouellet. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay–Lac-Saint-Jean. 49 p., 8 annexes et 3 cartes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2012. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2011*. Rapport produit par Ouellet, N., F. Burton et Jean. 60 p. et 6 annexes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2011. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi et régime thermique – Travaux 2010*. Rapport produit par Burton, F., N. Ouellet, G. Tremblay et M. Simoneau. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Saguenay-Lac-Saint-Jean. 92 p., 10 annexes et 8 cartes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2010a. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2009*. Rapport produit par Burton, F., N. Ouellet, G. Tremblay et M. Simoneau. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction – Production des Cascades. 75 p., 8 annexes et 6 cartes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2010b. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi — Suivi des conditions hivernales 2010*. Rapport produit par N. Ouellet et F.

- Burton. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction – Saguenay–Lac-Saint-Jean. 15 p., 3 annexes et 1 carte.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2009a. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2008*. Rapport produit par Burton, F., G. Tremblay, N. Ouellet et M. Simoneau. Présenté à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 80 p., 6 annexes et 6 cartes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2009b. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Suivi des mesures d'atténuation et de compensation pour la faune ichthyenne – Travaux 2008*. Rapport produit par Burton, F. et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 69 p., 8 annexes et 7 cartes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2008a. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Rapport technique sur les aménagements fauniques de 2007 – Faune ichthyenne*. Rapport produit par Burton, F., D. Savard et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 91 p., 4 annexes et 5 cartes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2008b. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Mise en valeur du touladi – Travaux 2007*. Rapport produit par Burton, F. et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 65 p., 11 annexes et 3 cartes.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC. 2007. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka — Mise en valeur du touladi – Travaux 2006*. Rapport produit par Burton, F. et G. Tremblay. Présenté à Hydro-Québec Équipement, Direction – Environnement, direction principale Expertise. 50 p., 9 annexes et 3 cartes.
- FITZSIMONS, J.D., et J.E. MARSDEN. 2014. *Relationship between lake trout spawning, embryonic survival, and currents: A case of bethedging in the face of environmental stochasticity?* J Great Lakes Res (2014) JGLR-00662; No. of pages: 10; 4C.
- FITZSIMONS, J.D. 2012. *Reproductive Success of Northern Lake Trout Populations : the first casualty of Climate Change?* Compte rendu du 141^e congrès annuel de l'American Fisheries Society, Seattle, Washington, 2011.
- FITZSIMONS, J.D. 1995. "Assessment of Lake Trout Spawning Habitat and Egg Deposition and Survival in Lake Ontario". *J. Great Lakes Res.* 21 (Supplement 1):337-347. Internal. Assoc. Great Lakes Res., 1995.
- FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC (FFQ). 1996. *Habitat du poisson : le touladi. Guide d'aménagement d'habitats*. Québec, 20 p.
- FOURNIER et LÉPINE, 1998. *Effort de restauration de la population de touladis (Salvelinus namaycush) du Grand lac Jacques-Cartier, Réserve faunique des Laurentides. Inukshuk, division faunique et environnementale*. Pour la Fondation de la Faune du Québec et le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. 31 p. et annexes.
- GENDRON, M., 1998a. *Caractérisation de lacs d'accueil potentiels et relocalisation d'un stock de touladis – Aménagement hydroélectrique de la Sainte-Marguerite-3*. Environnement Illimité inc. Rapport présenté à SOTRAC (Sainte-Marguerite). 50 p. et annexes.

- GENDRON, M., 1998b. *Réfection des parements amont des réservoirs Manic-Outardes. Mesures fauniques pour le touladi dans le réservoir Manic-3. Travaux 1997-1998*. Rapport réalisé par Naturam Environnement inc. et Environnement Illimité inc. pour Hydro-Québec. 20 p. et annexes.
- GENDRON, M. et F. BURTON. 2003. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Étude du milieu aquatique, Rapport sectoriel 2001-2002*. Rapport produit par Environnement Illimité inc. pour Hydro-Québec. 192 pages, 12 annexes et 5 cartes.
- HOUSTON, K.A., et J.R.M. KELSO. 1990. *Lake trout (Salvelinus namaycush) : mortality - a review*. Great Lakes Fishery Commission. Research Completion Report, 23 p. + tables.
- HYDRO-QUÉBEC. 2007. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka – Plans et devis – Devis technique, mesures d'atténuation 2007. Lot #C4-01-D*. 23 p. et 3 annexes.
- HYDRO-QUÉBEC. 2006a. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Énoncé d'envergure des aménagements fauniques de 2007– Faune ichtyenne*. 51 p., 1 annexe et 8 cartes.
- HYDRO-QUÉBEC. 2006b. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Réponses aux préoccupations du MPO concernant l'énoncé d'envergure des aménagements fauniques*. Document remis à Pêches et Océans Canada le 17 novembre 2006. 3 p. et annexe.
- HYDRO-QUÉBEC. 2004. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Programme de suivi environnemental*. Montréal (QC) : Hydro-Québec, 2004/10. 33 p.
- HYDRO-QUÉBEC. 2003. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Étude d'impact sur l'environnement*. Montréal (QC) : Hydro-Québec, Direction régionale Saguenay 2003/04. 5 vols.
- KERR, S. J., et T. A. LASENBY. 2001. *Lake Trout Stocking In Inland Lakes: An Annotated Bibliography And Literature Review*. Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources. Peterborough, Ontario. 178 p. + appendices.
- KESTEVEN, G.L. 1960. "Manual of field methods in fisheries biology". *F.A.O. Manual fish science* 1: 1-52.
- LACOURISIÈRE-ROUSSEL, A., G. CÔTÉ, V. LECLERC, et L. BERNATCHEZ. 2015. "Quantifying relative fish abundance with eDNA : a promising tool for fisheries management." *Journal of Applied Ecology*.
- LEGAULT, M., J. BENOÎT et R. BÉRUBÉ. 2004. *Impact of new reservoirs*. Tiré de : Gunn, J.M., R.J. Steedman et R.A. Ryder. Boreal shield watersheds: lake trout ecosystems in a changing environment. CRC Press, Boca Raton, USA, p. 87-109.
- MARSDEN, J. E., B. J. ELLROTT, R. M. CLARAMUNT, J. L. JONAS et J.D FITZSIMON. 2005. "A comparison of lake trout spawning, fry emergence, and habitat use in Lakes Michigan, Huron and Champlain". *Journal of Great Lakes Research* 31:492–508.
- MARTIN, N.V. 1957. "Reproduction of lake trout in Algonquin Park, Ontario". *Transactions of the American Fisheries Society*. Vol. 86, p. 231–244. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2004.
- MARTIN, N.V. et C.H. OLVER. 1980. "The lake charr, *Salvelinus namaycush*. in Charrs : salmonid fishes of the genus *salvelinus*". *E.K. Balon. Dr. L.W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands*, p. 209-277.

- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF). 1994. *Guide de normalisation des méthodes utilisées en faune aquatique au MEF*. Direction de la faune et des habitats. Directions régionales. Québec. 37 p. et annexes.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS CANADA (MPO). 2004a. *Autorisation pour les ouvrages ou entreprises modifiant l'habitat du poisson*. Projet d'aménagement hydroélectrique de la Péribonka. Document remis à Hydro-Québec. 24 p.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS CANADA (MPO). 2004b. *Aménagement hydroélectrique de la Péribonka— Loi canadienne sur l'évaluation environnementale — Rapport d'étude approfondie*. 101 p. et annexes.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS CANADA (MPO). 2009. *Le monde sous-marin : touladi*. [En ligne], URL : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Science/publications/uvw-msm/articles/laketrou-touladi-fra.html>
- MUIR, A.M., C.T. BLACKIE, J.E. MARDSEN ET C.C. KRUEGER. 2012. "Lake charr *Salvelinus namaycush* spawning behavior: new field observations and a review of current knowledge." *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Vol. 22, p. 575-593.
- PERKINS, D. L., et C. C. KRUEGER. 1994. "Design and use of mesh bags to estimate egg deposition and embryo survival in cobble substrate". *North American Journal of Fisheries Management* 14:866–869.
- PICARD, G., D. CARRIER ET G. TRENCHIA, 1991. *Fraye en nature du touladi au lac Etchemin*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Direction régionale de Québec. Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune. 29 p.
- RILEY, J. W., N. F. THOMPSON, J. E. MARSDEN, et J. JANSSEN. 2010. "Development of Two New Sampling Techniques for Assessing Lake Trout Reproduction in Deep Water". *North American Journal of Fisheries Management* 30:1571–1581, 2010
- RYBICKI, R.W., et M. KELLER. 1978. *The lake trout resource in Michigan waters of Lake Michigan, 1970-1976*. Mich. Dept. Natur. Resour. Fish. Div. Fish. Res. Rept. 1863. 71 pp.
- ROYCE. W.F. 1951. "Breeding habits of lake trout in New York." *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service* Volume 52, Washington, p. 59-75.
- SCOTT, W. B. et E. J. CROSSMAN. 1974. *Poissons d'eau douce du Canada*. Office des recherches sur les pêcheries du Canada Inc. Bulletin 184. 1026 p.
- SERVICE DE LA FAUNE AQUATIQUE (SFA). 2011. *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures*, Tome I, Acquisition de données, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec. 137 p.
- STEWART, D.J., D. WEININGER, D.V. ROTTIERS, et T.A. EDSALL. 1983. "An energetics model for lake trout, *Salvelinus namaycush* : application to the Lake Michigan population." *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40 : 681-698.
- VERDON, R. 2001. *Répartition géographique des poissons du territoire de la Baie-James et du Nord québécois*. Hydro-Québec, Hydraulique et Environnement. 44 p.

Annexe A Estimations du stock résiduel en fonction des taux moyens de mortalité considérés

Estimations détaillées de l'évolution des cohortes ensemencées en fonction des taux moyens de mortalité utilisés ($\pm 10\%$, $\pm 25\%$)

Scénario de base

Cohorte	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0+	58000	140967	81690	19938	108233	98485	129135	99126				
1+	3000	44293	64845	37577	9171	49787	45303	59402	45598			
2+		5421	22811	33395	19352	4723	25640	23331	30592	23483		
3+			3090	13002	19035	11031	2692	14615	13299	17437	13385	
4+				1761	7411	10850	6288	1535	8331	7580	9939	7630
5+					1110	4669	6836	3961	967	5248	4776	6262
6+						810	3408	4990	2892	706	3831	3486
7+							591	2488	3643	2111	515	2797
8+								432	1816	2659	1541	376
9+									315	1326	1941	1125
10+										230	968	1417
11+											168	707
12+												123
TOTAL	61000	190681	172436	105674	164313	180356	219894	209880	107452	60781	37065	23922

Variation de la mortalité (-10%)

Variation de la mortalité (-10%)												
Cohorte	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0+	58000	140967	81690	9603	108233	98485	129135	99126				
1+	3000	47425	72457	41989	4936	55632	50621	66375	50951			
2+		5567	26724	40830	23661	2781	31348	28525	37403	28711		
3+			3412	16382	25029	14504	1705	19217	17486	22928	17600	
4+				2092	10042	15342	8891	1045	11780	10719	14055	10789
5+					1395	6698	10233	5930	697	7857	7149	9374
6+						1056	5070	7747	4489	528	5948	5412
7+							800	3838	5864	3398	399	4503
8+								605	2906	4439	2573	302
9+									458	2200	3361	1947
10+										347	1665	2544
11+											263	1260
12+												199
TOTAL	61000	193959	184283	110895	173295	194499	237804	232409	132033	81126	53012	36331

Variation de la mortalité (+10 %)

Variation de la mortalité (+10%)												
Cohorte	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0+	58000	140967	81690	9603	108233	98485	129135	99126				
1+	3000	41161	57233	33166	3899	43943	39985	52429	40245			
2+		5276	19202	26699	15472	1819	20499	18653	24458	18774		
3+			2780	10119	14070	8154	959	10803	9830	12889	9894	
4+				1465	5333	7415	4297	505	5693	5180	6793	5214
5+					869	3162	4397	2548	300	3376	3072	4028
6+						611	2223	3091	1791	211	2373	2160
7+							429	1563	2173	1259	148	1668
8+								302	1099	1528	885	104
9+									212	772	1074	622
10+										149	543	755
11+											105	382
12+												74
TOTAL	61000	187404	160904	81053	147876	163588	201924	189020	85801	44139	24887	15007

Variation de la mortalité (-25%)

Variation de la mortalité (-25%)												
Cohorte	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0+	58000	140967	81690	9603	108233	98485	129135	99126				
1+	3000	52123	83875	48606	5714	64399	58599	76835	58980			
2+		5785	33163	53366	30925	3635	40974	37283	48886	37526		
3+			3919	22468	36155	20952	2463	27760	25259	33121	25424	
4+				2655	15222	24495	14195	1669	18807	17113	22439	17225
5+					1918	10998	17698	10256	1206	13588	12364	16212
6+						1530	8771	14114	8179	961	10837	9861
7+							1220	6995	11256	6523	767	8642
8+								973	5578	8977	5202	612
9+									776	4449	7159	4149
10+										619	3548	5709
11+											494	2829
12+												394
TOTAL	61000	198875	202648	136698	198168	224494	273054	275011	178928	122876	88233	65632

Variation de la mortalité (+25 %)

Variation de la mortalité (+25%)												
Cohorte	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0+	58000	140967	81690	9603	108233	98485	129135	99126				
1+	3000	36463	45814	26549	3121	35176	32008	41969	32216			
2+		5057	14357	18039	10454	1229	13850	12603	16525	12685		
3+			2339	6640	8343	4835	568	6406	5829	7643	5867	
4+				1082	3071	3859	2236	263	2963	2696	3535	2713
5+					581	1651	2074	1202	141	1592	1449	1900
6+						385	1094	1374	796	94	1055	960
7+							255	725	910	528	62	699
8+								169	480	603	349	41
9+									112	318	400	232
10+										74	211	265
11+											49	140
12+												33
TOTAL	61000	182487	144201	61914	133804	145619	181220	163836	59973	26233	12977	6982

**Annexe B Annexe photographique des points de caractérisation
(quadrats) pour l'évaluation de l'IQHF**

PE1697



T1-1



T1-2



T1-3



T2-1



T2-2



T2-3



T3-1



T3-2



T3-3



T4-1



T4-2



T4-3



T5-1



T5-2



T5-3

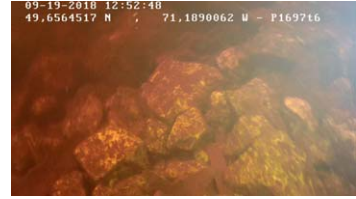
PE1697



T6-1



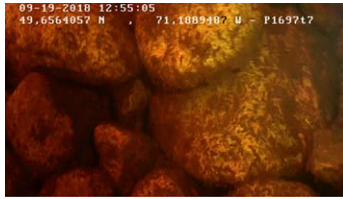
T6-2



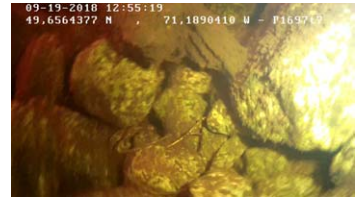
T6-3



T7-1



T7-2



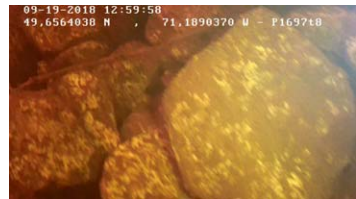
T7-3



T8-1



T8-2



T8-3



T9-1



T9-2



T9-3



T10-1



T10-2



T10-3

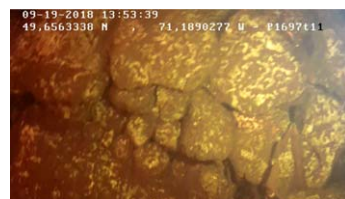
PE1697



T11-1



T11-2



T11-3



T12-1



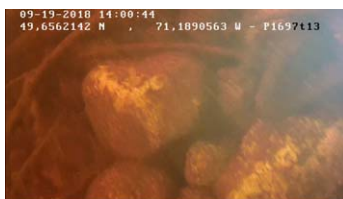
T12-2



T12-3



T13-1



T13-2



T13-3



T14-1



T14-2



T14-3



T15-1



T15-2

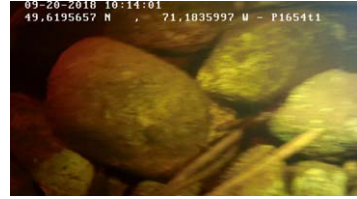
PE1654



T1-1



T1-2



T1-3



T2-1



T2-2



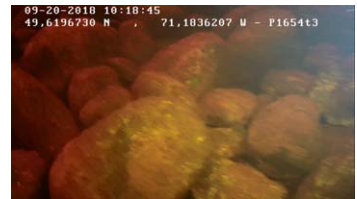
T2-3



T3-1



T3-2



T3-3



T4-1



T4-2



T4-3



T5-1



T5-2



T6-1

PE1654



T6-2



T6-3



T7-1



T7-2



T7-3



T8-1



T8-2



T8-3



T9-1



T9-2



T9-3



T10-1



T10-2

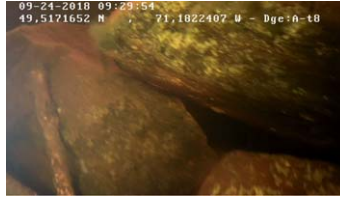


T10-3

Digue A



T7-3



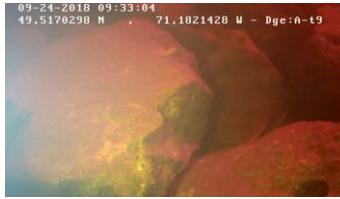
T8-1



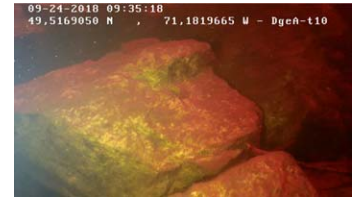
T8-2



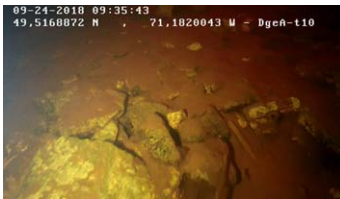
T9-1



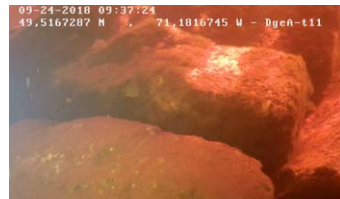
T9-2



T10-1



T10-2



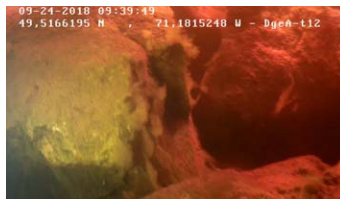
T11-1



T11-2



T11-3



T12-1



T12-2



T13-1

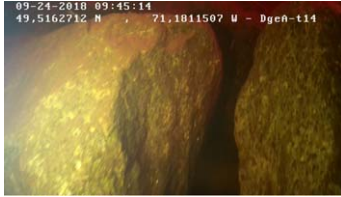


T13-2



T14-1

Digue A



T14-2



T14-3



T15-1



T15-2



T16-1



T16-2



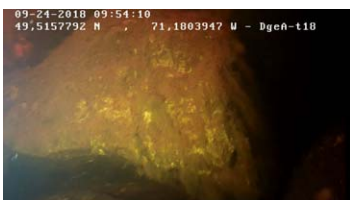
T16-3



T17-1



T17-2



T18-1



T18-2



T19-1



T19-2



T19-3

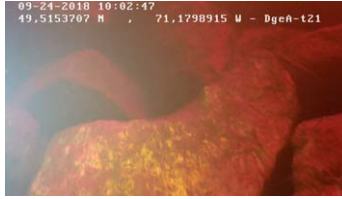


T20-1

Digue A



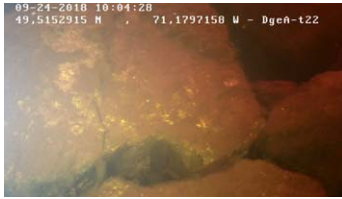
T21-1



T21-2



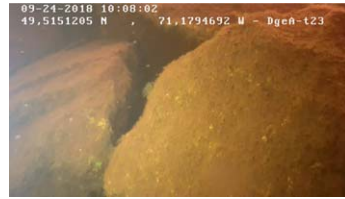
T21-3



T22-1



T22-2



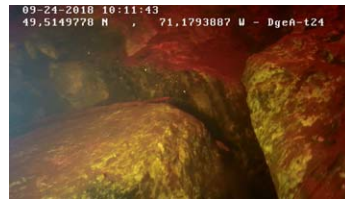
T23-1



T23-2



T24-1



T24-2



T24-3



T25-1



T25-2

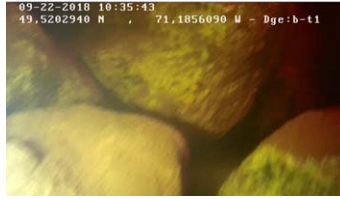


T25-3

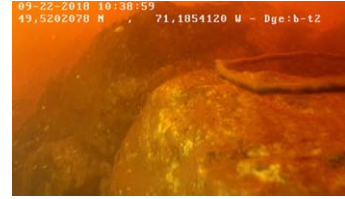
Digue B



T1-1



T1-2



T2-1



T2-2



T3-1



T3-2



T4-1



T4-2



T4-3



T5-1



T5-2



T6-1



T6-2



T7-1



T7-2

Digue B



T8-1



T8-2

PE1870



T1-1



T1-2



T1-3



T1-4



T1-5



T1-6



T1-7



T1-8



T2-1



T2-2



T2-3



T3-1



T3-2



T3-3



T4-1

PE1870



T4-2



T4-3



T4-4



T4-5



T5-1



T6-1



T6-2



T7-1



T7-2



T8-1



T8-2



T8-3



T8-4



T8-5



T9-1

PE1870



T9-2



T9-3

Épi



T1-1



T1-2



T2-1



T2-2



T3-1



T3-2



T3-3



T4-1



T4-2



T4-3



T5-1



T6-1



T6-2



T7-1



T7-2

Épi



T7-3



T8-1



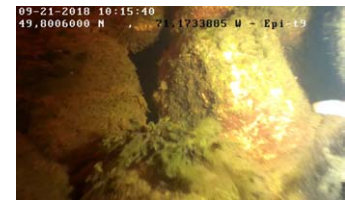
T8-2



T8-3



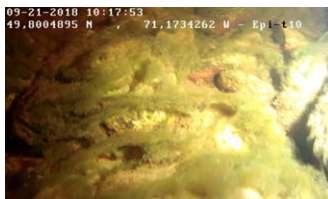
T9-1



T9-2



T9-3



T10-1



T10-2



T11-1



T11-2



T11-3



T12-1



T12-2

Pont_RD



T1-1



T2-1



T2-2



T3-1



T4-1



T5-1



T6-1



T7-1



T7-2



T8-1



T9-1



T9-2



T9-3



T9-4



T10-1

Pont_RD



T10-2



T11-1



T12-1



T13-1



T14-1



T15-1



T15-2



T16-1



T16-2

Pont_RG



T1-1



T2-1



T2-2



T3-1



T4-1



T4-2



T5-1



T6-1



T7-1



T8-1



T9-1



T10-1



T11-1



T12-1



T13-1

Pont_RG



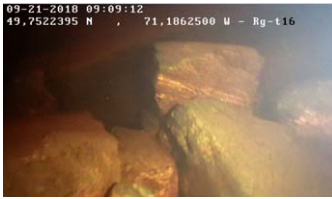
T14-1



T14-2



T15-1



T16-1

Annexe C Stades de maturité chez les poissons

Stade de maturité des gonades chez les poissons (Kesteven, 1960, adapté de Buckmann, 1929)

Stade	Mâle	Femelle
<p align="center">1 Immature</p>	<p>Gonade très petite, disposée tout contre la colonne vertébrale. Elle est incolore ou grisâtre et plus ou moins transparente.</p>	<p>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. Oeufs invisibles à l'œil nu.</p>
<p align="center">2 Début ou reprise de l'évolution sexuelle</p>	<p>Testicules gris-rose, translucides. Leur longueur atteint ou dépasse légèrement la moitié de la longueur de la cavité abdominale. Apparition de replis.</p>	<p>Ovaires gris-rose, translucides. Leur longueur atteint ou dépasse légèrement la moitié de la longueur de la cavité abdominale. Œufs visibles à la loupe.</p>
<p align="center">3 Développement en cours</p>	<p>Testicules opaques, rougeâtres et vascularisés. Ils occupent environ la moitié de la cavité abdominale. Les replis de la gonade sont gros et très apparents.</p>	<p>Ovaires opaques, rougeâtres et vascularisés. Ils occupent environ la moitié de la cavité abdominale. Oeufs visibles à l'œil nu (petits points blanchâtres).</p>
<p align="center">4 Développement achevé</p>	<p>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.</p>	<p>Ovaires orangés ou rougeâtres. Oeufs opaques et nettement visibles (gros, mais encore attachés ensemble). La gonade occupe environ les 2/3 de la cavité abdominale.</p>
<p align="center">5 Préponde à gravide</p>	<p>Les testicules remplissent la cavité abdominale; ils sont blanc laiteux. Le sperme, liquide et crémeux, peut s'écouler si on exerce une pression.</p>	<p>Oeufs parfaitement arrondis, gros et libres dans la gonade; certains commencent à devenir translucides et sont prêts pour la fraye.</p>
<p align="center">6 Ponte</p>	<p>Le sperme s'écoule de lui-même en sortant le poisson de l'eau ou suite à une légère pression.</p>	<p>Les oeufs s'écoulent d'eux-mêmes sous une simple pression. La plupart des oeufs sont translucides, quelques-uns restent opaques.</p>
<p align="center">7 Postponte</p>	<p>Les testicules ne sont pas encore entièrement vides; un peu de sperme liquide reste dans la gonade.</p>	<p>Quelques oeufs libres sont encore dans la gonade; ils sont translucides. Il n'y a plus d'oeufs opaques.</p>
<p align="center">8 Récupération</p>	<p>Testicules vides et rougeâtres; ils sont flasques.</p>	<p>Gonade flasque de rosée à brune et vide. Quelques oeufs résiduels en train de se résorber.</p>
<p align="center">9 Résorption</p>	<p>L'individu n'a pas frayé.</p>	<p>L'individu n'a pas frayé.</p>

**Annexe D Projet Péribonka/Manouane : Analyse d'échantillons
d'ADNe (GDG Environnement, Décembre 2018)**



G.D.G. Environnement Ltée
430 Rue St-Laurent
Trois-Rivières (Québec) G8T 6H3
T: (888) 567-8567 Fax (819) 373-6832
gdg.environnement@gdg.ca www.gdg.ca

Personnes contacts :
Marie-Laure Escudero, Ph.D., Mcb.A.
Directrice de Laboratoire
marie-laure.escudero@gdg.ca
Richard Vadeboncoeur, biologiste
Vice-président au Développement des Affaires
richard.vadeboncoeur@gdg.ca

Table des matières

1	INTRODUCTION	4
2	PROJET DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL 2018	4
3	STRATÉGIE	5
4	MÉTHODOLOGIE	6
4.1	EXTRACTION DE L'ADNE.....	6
4.2	LA PCR QUANTITATIVE (QPCR) - ADN MITOCHONDRIAL	7
4.3	LA PCR QUANTITATIVE (QPCR) - ADN NUCLÉAIRE	9
4.4	COURBES ÉTALONS SUR LES 2 PORTIONS DU GÈNE COI ET SUR LA PORTION DU GÈNE ITS1 DU TOULADI	9
4.5	MESURES PRISES POUR RÉDUIRE ET VÉRIFIER LA PRÉSENCE D'INHIBITION	10
4.6	MESURES PRISES POUR ÉVITER LES CONTAMINATIONS CROISÉES DURANT L'EXTRACTION D'ADNE ET LA PCR 10	
4.7	LIMITE DE DÉTECTION (LOD) ET LIMITE DE QUANTIFICATION (LOQ).....	12
4.8	PRISE DE DÉCISION POUR CONSIDÉRER UN ÉCHANTILLON POSITIF	12
4.9	DÉTERMINATION DU NOMBRE DE COPIES DE GÈNES PAR LITRE D'EAU FILTRÉE	13
4.10	MÉTAGÉNÉTIQUE.....	13
4.10.1	<i>Construction de la librairie d'ADNr 12S (En cours)</i>	13
4.10.2	<i>Analyse bio-informatique des données de séquençage (Non complétée)</i>	13
5	RÉSULTATS ET ANALYSE	14
5.1	QPCR – ADN MITOCHONDRIAL	14
5.1.1	<i>Filtres négatifs</i>	14
5.1.2	<i>Échantillons</i>	14
5.1.3	<i>Comparaison des 2 kits amorces/sonde Lacoursière-Roussel et Set 2 GDG</i>	18
5.2	QPCR – RATIO ADN NUCLÉAIRE/ADN MITOCHONDRIAL	20
6	DISCUSSION	22
7	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	22
8	RÉFÉRENCES	23
9	ANNEXES	24

Liste des tableaux

TABLEAU 1: DÉTAIL DES DATES DES PRÉLÈVEMENTS DES ÉCHANTILLONS D'EAU SELON LE PROJET.	5
TABLEAU 2 : SÉQUENCES DES AMORCES/SONDE DE LACOURSIÈRE-ROUSSEL.; TAILLE DU FRAGMENT AMPLIFIÉ; MASSE DE 1 GÈNE.	8
TABLEAU 3: SÉQUENCES DES AMORCES/SONDE DE GDG; TAILLE DU FRAGMENT AMPLIFIÉ; MASSE DE 1 GÈNE.	8
TABLEAU 4: SÉQUENCES DES AMORCES/SONDE DE GDG; TAILLE DU FRAGMENT AMPLIFIÉ; MASSE DE 1 GÈNE.	9
TABLEAU 5: DÉTAIL DE LA TAILLE DES 3 FRAGMENTS AMPLIFIÉS (3 LIGNES INFÉRIEURES); MASSE DE 1 GÈNE.	9
TABLEAU 6: DOSAGE 3 FRAGMENTS AMPLIFIÉS ET CALCUL DE LA DILUTION DE DÉPART À FAIRE POUR OBTENIR LA CONCENTRATION VOULUE D'ADN CIBLÉ.	10
TABLEAU 7: COMPARAISON DU NOMBRE D'ÉCHANTILLONS POSITIF ET DE LA SOMME DES COPIES DE GÈNES DÉTECTÉ SELON L'ENSEMBLE D'AMORCES/SONDE UTILISÉ POUR TOUS LES ÉCHANTILLONS COMBINÉS (SAUF PONT CONTRE-COURANT).	18
TABLEAU 8: LOG DE COPIES DE GÈNES NUCLÉAIRE (FRAIE) ET MITOCHONDRIAL (LACOURSIÈRE-ROUSSEL)	21

Liste des figures

FIGURE 1. LOCAL DE RÉCEPTION/CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS.	11
FIGURE 2: ENCEINTES DE SÉCURITÉ BIOLOGIQUES (CATÉGORIE 2, TYPE A/B3).	11
FIGURE 3: ENCEINTES DE PRÉPARATION DES MASTER MIX ET D'AJOUT DES EXTRAITS D'ADN.	12
FIGURE 4. STEPONEPLUS REAL TIME PCR SYSTEM.	12
FIGURE 5: CUMUL DE NOMBRE DE COPIES DE GÈNES PAR LITRE D'EAU PRÉLEVÉ (INCLUANT PONT CONTRE-COURANT). SET LACOURSIÈRE-ROUSSEL.	16
FIGURE 6: CUMUL DE NOMBRE DE COPIES DE GÈNES PAR LITRE D'EAU PRÉLEVÉ (EXCLUANT PONT CONTRE-COURANT). SET LACOURSIÈRE-ROUSSEL.	16
FIGURE 7: CUMUL DE NOMBRE DE COPIES DE GÈNES PAR LITRE D'EAU PRÉLEVÉ (INCLUANT PONT CONTRE-COURANT). SET 2 GDG.	17
FIGURE 8: COMPARAISON DU NOMBRE D'ÉCHANTILLONS POSITIFS PAR STATION SELON LE KIT D'AMORCES/SONDE UTILISÉ.	18
FIGURE 9: NOMBRE DE COPIES DE GÈNES/LITRE POUR CHAQUE STATION SELON LES DEUX SETS D'AMORCES/SONDE.	19
FIGURE 10: CORRÉLATION ENTRE LE LOG DU NOMBRE DE COPIES DE GÈNE PAR STATION SELON LE SET LACOURSIÈRE- ROUSSEL ET LE LOG DU NOMBRE DE COPIES DE GÈNES PAR STATION SELON LE SET GDG.	20
FIGURE 11: RATIO ADN NU/MT.	21
FIGURE 12: COURBE ÉTALON PRODUITE AVEC LE SET SONDE/AMORCES DE LACOUSIÈRE-ROUSSEL ET AL.(ADN MT).	25
FIGURE 13: COURBE ÉTALON PRODUITE AVEC LE SET SONDE/AMORCES DE GDG, SET 2 (ADN MT).	25
FIGURE 14: COURBE ÉTALON PRODUITE AVEC LE SET SONDE/AMORCES DE GDG, SET 1 (ADN NU; FRAIE).	26
FIGURE 15: GRAPHIQUES DES VARIATIONS DU NOMBRE DE GÈNES PAR SITE ET PAR DATE. SET LACOURSIÈRE-ROUSSEL.	27
FIGURE 16: GRAPHIQUES DES VARIATIONS DU NOMBRE DE GÈNES PAR SITE ET PAR DATE AVEC NORMALISATION DE L'ÉCHELLE. SET LACOURSIÈRE-ROUSSEL.	28
FIGURE 17: GRAPHIQUES DES VARIATIONS DU NOMBRE DE GÈNES PAR SITE ET PAR DATE. SET 2 GDG.	29
FIGURE 18: GRAPHIQUES DES VARIATIONS DU NOMBRE DE GÈNES PAR SITE ET PAR DATE AVEC NORMALISATION DE L'ÉCHELLE. SET 2 GDG.	30

1 Introduction

L'ADN environnemental (ADNe) est de l'ADN extrait à partir d'échantillons environnementaux (ex. : eau, sol, fèces etc...) sans besoin d'échantillonner l'organisme ciblé, particulièrement les organismes vivant en milieu aquatique [1]. L'ADNe à l'étude est caractérisé par un mélange complexe d'ADN nucléaire et mitochondrial, se trouvant sous forme intracellulaire (contenu dans des cellules vivantes) ou extracellulaire.

Une fois libéré dans l'environnement, l'ADN va être dégradé par des facteurs biotiques (bactéries, champignons, endonucléases, etc.) et abiotiques (radiations UV, acidité, température, etc.), ou alors encore persister dans le milieu en étant adsorbé sur des particules organiques ou inorganiques.

En général, des conditions froides et sèches permettent de ralentir la dégradation de l'ADNe. En milieu aquatique, l'ADN libéré par un organisme pourra être détecté pendant seulement quelques jours, alors que dans des sols, des sédiments, la persistance de l'ADNe peut varier de quelques mois à plusieurs milliers d'années en fonction des conditions environnementales [2].

2 Projet de suivi environnemental 2018

L'intégration de l'ADNe pendant le suivi environnemental 2018 Péribonka/Manouane vise à utiliser une approche alternative pour détecter la présence des espèces de poisson dans le réservoir Péribonka, la rivière Serpent et le bassin d'alevinage de la rivière Manouane.

Dans le cadre projet, tous les prélèvements pour les analyses ADNe ont été faits à partir d'échantillonnages d'eau. Les deux premiers volets concernent spécifiquement le Touladi (*Salvelinus namaycush*), alors que le troisième volet aborde la présence des espèces peu abondantes (métagénétique) (voir carte de distribution des stations d'échantillonnage en Annexe):

Le tableau 1 présente le détail des dates de prélèvement selon le projet.

Mise en valeur du touladi

- En période de pré-fraie, et pendant la fraie, dans 9 stations dans le réservoir Péribonka et dans la frayère à doré sur la rivière Serpent. Un total de 77 échantillons d'eau a été filtré (incluant 11 filtres négatifs). Dans ce volet, une région précise de l'ADN mitochondrial (gène *cytochrome oxydase sous-unité I* ou COI) est ciblée, car le nombre de copies de l'ADN mitochondrial (ADN mt) par cellule est 100 à 1 000 fois supérieur à celui de l'ADN nucléaire (ADN nu).
- Pendant la fraie, dans une station. Un total de 10 échantillons d'eau a été filtré. Ce volet est basé sur la littérature scientifique, qui rapporte qu'en période de fraie, les concentrations d'ADN nu sont plus élevées que celles de l'ADN mt, alors qu'il apparait que les concentrations de l'ADN nu et ADN mt en dehors de la période de frai semblent retrouvées en quantité égales. Le ratio des concentrations ADN nu et ADN mt pourrait donc être utilisé comme indicateur d'une activité de reproduction chez l'espèce étudiée [3].

- Avant la pose des filets pour les pêches en réservoir prévues à l'étude, dans 7 stations. Un total de 9 échantillons composites d'eau a été filtré (incluant 2 filtres négatifs). Ce volet vise à vérifier la présence d'espèces de poissons moins abondantes telles les Meuniers (rouge, noir), Chabots (tacheté, visqueux), Ventre rouge, Cyprins, Méné de Lac, Mulet perlé, Méné émeraude, Naseux des rapides et autres poissons, par une analyse métagénétique.

Tableau 1: Détail des dates des prélèvements des échantillons d'eau selon le projet.

Dates des prélèvements	Nombre d'échantillons
ADNe avant la fraie	10
07-août	2
08-août	7
13-août	1
ADNe pendant la fraie	67
03-oct	7
04-oct	4
05-oct	7
06-oct	7
07-oct	7
08-oct	7
09-oct	7
10-oct	7
11-oct	7
12-oct	7
ADNe pendant la fraie ratio nu/mt	10
03-oct	1
04-oct	1
05-oct	1
06-oct	1
07-oct	1
08-oct	1
09-oct	1
10-oct	1
11-oct	1
12-oct	1
Métagénétique	9
07-août	7
13-août	2
Total	96

3 Stratégie

Pour les 2 premiers volets, soit ceux concernant la mise en valeur du touladi, la méthode de PCR quantitative (qPCR) a été utilisée.

La qPCR repose sur la possibilité de suivre la cinétique de formation d'amplicons en temps réel via un signal fluorescent et de quantifier l'ADNe d'un échantillon donné. Cette technologie repose sur une notion spécifique primordiale : le cycle seuil ou "cycle threshold" (Ct). Ce cycle seuil correspond au nombre de cycles à partir duquel la quantité de produit formé est significativement distinct du "bruit de fond".

Ainsi, plus la valeur de Ct d'un échantillon est petite, plus le nombre de copies initiales de la cible est élevé.

La méthode d'analyse utilise les sondes TaqMan MGB et ZEN/IOWA Black FQ, qui nécessite l'utilisation d'une paire d'amorces et d'une sonde marquée, amplifiant de petits fragments cibles d'ADNe inférieurs à 150 nucléotides (à cause de la dégradation de l'ADNe).

La quantification du nombre de copies du gène ciblé est réalisée grâce à :

- La préparation de courbes étalons ;
- Obtenues à partir de l'extraction du gène étudié ;
- Qui est ensuite dilué en série d'un facteur 10 ;
- Puis par extrapolation des valeurs de Ct des échantillons de concentration inconnue via les valeurs de Ct des courbes standards.

Le 3^{ème} volet, propre à la dynamique des populations de poissons, a été fait en collaboration avec :

- Le Dr Jean-François Lemay, chercheur en biologie moléculaire au Centre National en électrochimie et en Technologies Environnementales (CNETE) pour la construction de la librairie d'ADN 16S.
- Le Centre d'innovation Génome Québec (Université McGill) pour le séquençage.
- Le Canadian Centre for Computational Genomics (C3G) à Montréal pour l'analyse bio-informatique des données de séquençage.

4 Méthodologie

Les échantillons d'eau (2,2 litres) ont été prélevés durant les mois d'août et octobre 2018 et filtrés par AECOM (voir tableau 1).

4.1 Extraction de l'ADNe

L'ADNe est extrait à l'aide du kit QIAGEN DNeasy Blood & Tissue Kit (# 69504) + en combo avec le kit QIASHredder (# 79654), selon le protocole suivant (des ajustements ont été fait au protocole préconisé originalement par QIAGEN):

- Travailler stérilement sous la hotte. Verser de l'eau de javel 10% dans un bécher. Tremper les pinces dedans 1-2 minute. Verser de l'éthanol 70% dans un autre bécher. Tremper les pinces dedans 1-2 minute. Flamber ensuite les pinces à la flamme et laisser refroidir.
- Sortir l'enveloppe contenant le filtre et prendre une photo du numéro d'échantillon ainsi que la station. Sortir le filtre du papier aluminium en s'assurant de ne pas toucher l'intérieur du papier. Déposer le filtre dans un pétri stérile sur la glace. *Prendre une photo (voir photos en annexe – À venir).*

- À l'aide d'un scalpel stérile à usage unique, couper le filtre en deux et déposer une moitié dans le papier d'aluminium. Remettre dans l'enveloppe et au congélateur. Couper ensuite la deuxième moitié du filtre en petits carrés d'environ 2mm par 2mm. (Si l'échantillon contient deux filtres, prendre la moitié de chaque filtre).
- Transférer les carrés de filtre dans un tube préalablement identifié. Faire de même pour tous les filtres en changeant de gant, de pétri et de scalpel entre chaque échantillon. Décontaminer les pinces dans l'eau de javel, dans l'éthanol et les flamber entre chaque échantillon.
- Ajouter 450µL de buffer ATL et 50 µL de protéinase K aux tubes. Vortexer et incuber pour la nuit au bain-marie à 56°C. *Prendre une photo (voir photos en annexe).*
- Vortexer 15 secondes les échantillons.
- Pipeter le liquide dans les tubes et le transférer dans une colonne QUIAshredder. Transférer ensuite les morceaux de filtre à l'aide de pince stérile. Stériliser les pinces à l'eau de javel, à l'éthanol 70% et à la flamme entre chaque échantillon.
- Centrifuger les échantillons à 13 000 RPM à 22°C pendant 4 min. Si nécessaire, faire plusieurs centrifugations pour s'assurer que tout le liquide est passé.
- Enlever la colonne et la jeter.
- Mettre 400 µL de filtrat dans un tube eppendorf identifié. Transférer ensuite le reste du filtrat dans un autre tube eppendorf identifié. *Prendre une photo (voir photos en annexe).*
- Ajouter, dans chaque tube, 400 µL de buffer AL et vortexer. Placer ensuite les échantillons au bain-marie à 70°C pendant 10 min.
- Pendant ce temps, identifier les colonnes d'extraction DNeasy. Après les 10 minutes, ajouter 400 µL d'éthanol anhydre (96-100%) au tube et vortexer.
- Transférer 700 uL dans la colonne et centrifuger à 6 000 RPM pendant 1 minute. Quatre centrifugations seront nécessaires pour filtrer tout le liquide. Vider le tube de collection entre chaque.
- Transférer la colonne dans un nouveau tube collecteur. Ajouter 500 µL de Buffer AW1. Centrifuger à 6 000 RPM pendant 1 min. Jeter le tube collecteur et transférer la colonne dans un nouveau tube collecteur.
- Ajouter 500 µL de buffer AW2 et centrifuger à 6 000 RPM pendant 3 min. *Refaire une deuxième fois le lavage.*
- Transférer la colonne dans un eppendorf identifié. Ajouter 20 µL de Buffer AE au centre de la colonne et incuber pendant 5 minutes à température ambiante. Centrifuger 1 minute à 6 000 RPM. Refaire une deuxième fois l'élution en gardant le même tube. Le volume total récupéré est de 40 µL. *Prendre une photo (voir photos en annexe).*
- Jeter la colonne d'extraction. Conserver les échantillons au congélateur à -20°C.

4.2 La PCR quantitative (qPCR) - ADN mitochondrial

Les amorces et sonde utilisées pour cibler l'ADN mitochondrial sont celles préconisées par Lacoursière-Roussel *et al.*, 2016 [4], et présentées dans le tableau 2.

La masse du gène amplifié (en gramme) est obtenue par la formule : Masse gène (g/mol) / Avogadro $6,022 \times 10^{23}$ gène/mol = g/gène (masse de 1 gène). La masse du gène en g/mol a été calculée sur le site de Integrated DNA Technologies (IDT) [5].

Tableau 2 : Séquences des amorces/sonde de Lacoursière-Roussel; taille du fragment amplifié; masse de 1 gène.

Nom	Séquence 5' – 3'	Taille du fragment amplifié (pb)	Masse de 1 gène (g)
LakeTrout_COI_F	GGGCCTCCGTTGATTTAACTATC		
LakeTrout_COI_R	TGGCCCTAAAATTGAGGAA		
LakeTrout_COI_Probe	FAM/CTCTCTTCATTTAGCTGGC/MGBNFQ	66	$6,75 \times 10^{-20}$

Nous avons aussi développé nos propres amorces/sonde (à double quencher ZEN/iowa Black FQ) spécifiques au Touladi (tableau 3). Deux sets de sonde/amorces ont été développés et testés, un seul a été retenu. Ainsi, les tests ont été réalisés en parallèle avec le set suivant :

Tableau 3 : Séquences des amorces/sonde de GDG; taille du fragment amplifié; masse de 1 gène.

Nom	Taille du fragment amplifié (pb)	Masse de 1 gène (g)
GDG toul FWD Set 2		
GDG toul REV Set 2		
GDG toul PRB Set 2	120	$1,22 \times 10^{-19}$

Les manipulations ont été réalisées en six (6) réplicats, sur l'instrument StepOnePlus Real Time PCR system (Life Technologies). Pour chaque plaque nous avons mis 6 témoins négatifs sans ADN (No Template Control), 6 témoins positifs (ADN du Touladi; 3 puits à 170pg/μl; 3 puits à 1.7pg/μl), et 6 réplicats d'un filtre négatif (blanc d'eau distillée).

Le volume réactionnel final pour une réaction est de 20μL, le Master Mix utilisé est le TaqMan® Environmental Master Mix 2.0 (ThermoFisher Scientific); 1 μl d'amorce F 20 μM (1 μM final); 1 μl d'amorce R 20 μM (1 μM final); 0,50 μl de Sonde Taqman 10 μM (0,25 μM final); 10 μl de TaqMan® Environmental Master Mix 2.0; 5,50 μl eau DEPC MilliQ; 2 μl d'ADN matrice.

Les conditions pour l'exécution de la qPCR sont les suivantes:

- Activation enzymatique à 95°C pendant 10 minutes (1 cycle);
- Dénaturation à 95°C pendant 15 sec; Appariement/Élongation/Acquisition à 60°C durant 1 minute. Répéter 40 cycles ces deux étapes.

4.3 La PCR quantitative (qPCR) - ADN nucléaire

Nous avons développé nos propres amorces/sonde (à double quencher ZEN/iowa Black FQ) spécifiques au Touladi (tableau 4). C'est la portion du gène nucléaire IST1 de la fraie du touladi qui est ciblé [3]. Trois sets de sonde/amorces ont été développés et testés, un seul a été retenu.

Tableau 4: Séquences des amorces/sonde de GDG; taille du fragment amplifié; masse de 1 gène.

Nom	Taille du fragment amplifié (pb)	Masse de 1 gène (g)
GDG fraie FWD set 1		
GDG fraie REV set 1		
GDG fraie PRB set 1	108	$1,11 \times 10^{-19}$

Les manipulations ont été réalisées en six (6) réplicats sur les 10 échantillons ciblés, selon les conditions décrites au point 3.1.1.

4.4 Courbes étalons sur les 2 portions du gène COI et sur la portion du gène ITS1 du touladi

Il s'agit ici d'amplifier :

- Les 2 portions du gène COI retenus pour cette étude, avec le set sonde/amorces préconisé par Lacoursière-Roussel *et al.*, ainsi que le set développé à l'interne;
- La portion du gène ITS1 avec l'un des 3 sets développés à l'interne.

Les 2 portions du gène COI, et la portion du gène ITS1 ont été amplifiés à partir d'ADN de touladi, et les gènes ont été purifiés sur gel agarose (gel extract). Puisque le gène de Lacoursière-Roussel *et al.* est trop petit (non retenu par la colonne d'extraction), il a été amplifié via le gène COI complet (620pb ; 353765g/mol et 1 gène = $5,87 \times 10^{-19}$ g) (Tableau 5).

Tableau 5: Détail de la taille des 3 fragments amplifiés (3 lignes inférieures); masse de 1 gène.

	Taille du fragment	Masse gène (g/mol)	Masse de 1 gène (g)
Gène Lacoursière-Roussel	66 pb (trop petit)	40653 g/mol	1 gène = $6,75 \times 10^{-20}$ g
Gène COI GDG (Set 2)	120 pb	74019 g/mol	1 gène = $1,22 \times 10^{-19}$g
Gène COI complet	620 pb	353765 g/mol	1 gène = $5,87 \times 10^{-19}$g
Gène ITS1 GDG (Set 1)	108 pb	66619 g/mole	1 gène = $1,11 \times 10^{-19}$g

L'ADN des 3 gènes récoltés (120 pb ; 620 pb ; 108pb) a été dosé, et une dilution de l'ADN a été faite pour obtenir une dilution log10 correspondant au point le plus concentré de la courbe étalon (tableau 6).

Tableau 6: Dosage 3 fragments amplifiés et calcul de la dilution de départ à faire pour obtenir la concentration voulue d'ADN ciblé.

	Amorces/sonde	[] ADN (ng/μL)	[] Voulue (ng/μL)	Log de départ	Vol ADN (μL)	Vol H ₂ O DEPC (μL)
Gène COI GDG (Set 2)	Set 2	10,6	1,22	10	2,31	17,69
Gène COI complet	Lacoursière-Roussel	27,1	5,87	10	4,33	15,67
Gène ITS1 GDG (Set 1)	Set 1	35,39	11,11	11	6,27	13,73

À partir des trois courbes étalons établies (obtenues à partir de dilutions en série de l'ADN des 3 gènes ciblés, qui a été extrait à partir d'une PCR conventionnelle suivi d'une extraction sur un gel d'agarose), les valeurs de Ct des échantillons ont été traduites en nombre de copie de gènes en utilisant l'équation dérivée des courbes étalons (voir figures 12 à 14 en annexe pour les graphiques).

4.5 Mesures prises pour réduire et vérifier la présence d'inhibition

Lors de l'extraction de l'ADN, une deuxième étape de lavage avec 500 μl de tampon AW2 a été réalisée, pour bien nettoyer la colonne de filtration. En effet, certains échantillons d'eau filtrés avaient plus de matière en suspension que d'autres, donnant une coloration jaunâtre ou brunâtre à ces extraits d'ADN si cette deuxième étape n'est pas faite (voir photos en annexe).

Nous avons procédé à des réactions sur une combinaison d'échantillons sélectionnés d'ADNe provenant de frayère confirmée pour le touladi (Pont Rive-Droite) et d'un contrôle positif (ADN du touladi dilué : 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁷) pour déterminer s'il y avait des inhibiteurs de PCR qui empêchent l'amplification. Nous avons utilisé 1 μl de chaque extrait d'ADNe (pur et dilué 1:5 et 1:10) et 1μl du touladi aux dilutions plus haut mentionnées ; 1 μl de l'ADN du touladi aux 4 dilutions a aussi été combiné à 1 μl d'eau de DEPC :

- 1μl d'eau DEPC + 1μl d'ADN du touladi dilué 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁷.
- 1 μl d'ADNe pur + 1μl d'ADN du touladi dilué 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁷.
- 1μl (1/5 de l'ADNe de l'échantillon) + 1μl d'ADN du touladi dilué 10⁻⁴.
- 1μl (1/10 de l'ADNe de l'échantillon) + 1μl d'ADN du touladi dilué 10⁻⁴.

Dans tous les cas, la valeur de CT obtenue pour les échantillons d'ADNe pur et dilué est identique à celle obtenue avec l'ADN du touladi dilué, suggérant que le deuxième lavage a nettoyé l'ADN et que la présence d'inhibiteurs a été réduite.

4.6 Mesures prises pour éviter les contaminations croisées durant l'extraction d'ADNe et la PCR

Un protocole strict a été suivi lors des manipulations. Notre laboratoire possède plusieurs locaux, chacun étant dédié à différents processus. Chaque local et/ou enceintes possède ses propres équipements personnels et équipements de laboratoire (tels que micro pipettes, embouts, gants, lampes UV, sarrau etc...). Les locaux sont :

- Un local pour la réception et la conservation des échantillons

- La manutention et le transport des échantillons sont des étapes cruciales ;
- Tous les échantillons reçus ont été préservés sur chaîne de froid ;
- Un numéro séquentiel leur a été attribué dès la réception, permettant de suivre leur évolution dans la chaîne de traitement.

Figure 1. Local de réception/conservation des échantillons.



- Un local pour la saisie des données, l'analyse et l'envoi des résultats et rapport
- Un local dédié à l'extraction de l'ADN
 - Il dispose de deux enceintes de sécurité biologique (ESB) de catégorie 2 de type A/B3 (ces enceintes sont certifiées, protègent le matériel à l'intérieur de l'ESB, l'utilisateur et l'environnement);

Figure 2: Enceintes de sécurité biologiques (catégorie 2, type A/B3).



- Un local avec deux enceintes bien distinctes :
 - Une dédiée à la préparation des mélanges réactionnels/Master Mix ;
 - Une dédiée à l'ajout du matériel génétique extrait (ADN).

Figure 3: Enceintes de préparation des Master Mix et d'ajout des extraits d'ADN.



- Un local dédié à la PCR en temps réel :
 - Instrument: StepOnePlus Real Time PCR system (Life Technologies);

Figure 4. StepOnePlus Real Time PCR system.



4.7 Limite de détection (LOD) et Limite de quantification (LOQ)

La LOD et la LOQ ont été déterminées pour chaque essai, à partir des courbes étalons faites pour les 2 portions du gène COI, et la portion du gène ITS1 (voir point 3.4).

- La LOD est définie comme la plus faible concentration pour laquelle 2 réplicats sur 3 est positif [6].
- La LOQ est définie comme la plus petite concentration pour laquelle les 3 réplicats sur 3 sont positifs [6].

4.8 Prise de décision pour considérer un échantillon positif

La valeur seuil du nombre de copie de gènes prise en compte pour retirer les valeurs faibles a été établie en dessous de 20 copies, valeur en dessous de laquelle l'analyse est trop imprécise, et non reproductible.

Pour déterminer si un échantillon est positif, nous avons établi que le nombre de réplicat positif sur le total de réplicats (6 réplicats par échantillon) est de 3 réplicats positifs (> 20 copies de gènes par réplicat positif) sur un total de 6 réplicats testés.

4.9 Détermination du nombre de copies de gènes par litre d'eau filtrée

Ce nombre est déterminé de la façon suivante :

- 2.2 Litres d'eau a été filtré pour chaque échantillon. Nous avons utilisé la moitié du filtre (ou 2 moitiés de filtre lorsqu'on en avait 2) ;
- Le volume d'eau recueillie est donc de 1,1 litre d'eau par moitié de filtre (ou pour 2 moitiés de filtres lorsqu'on en avait 2) ;
- Le volume final d'élution de l'ADNe est de 40 µL ;
- Nous avons utilisé 2 µL pour la réaction de qPCR ;
- Donc, pour le nombre de copies par litre, il faut multiplier par 20 pour obtenir la quantité d'ADN retrouvé dans 40 µl. Et diviser ensuite par 1.1 pour avoir le nombre de copies par Litre d'eau filtrée.

4.10 Métagénétique

L'ADN génomique a été initialement extrait selon la méthode décrite en 3.1.

4.10.1 Construction de la librairie d'ADNr 12S (En cours)

Cette étape a été réalisée avec la collaboration du Dr Jean-François Lemay, chercheur en biologie moléculaire au Centre National en électrochimie et en Technologies Environnementales (CNETE).

L'ADN génomique extrait à la première étape a été utilisé comme matrice afin d'amplifier une région particulière de l'ADNr 12S en suivant des paramètres déterminés. Les amorces d'ADN choisis ciblent principalement les poissons.

L'ADN a été ensuite purifié à l'aide d'un kit commercial. La pureté et la quantité de l'ADN est validé par la technologie de micropuce à électrophorèse capillaire (On-chip electrophoresis; Bioanalyzer d'Agilent). L'ADN amplifié est par la suite envoyé chez Génome Québec (Université McGill).

Une seconde étape d'amplification est nécessaire afin de permettre l'ajout de séquences permettant l'identification des échantillons (requis pour l'analyse bio-informatique) et d'adaptateurs, tels des codes-barres.

Ces adaptateurs sont essentiels puisqu'ils permettent de fixer l'ADN à séquencer à une séquence complémentaire liée aux microplaques utilisées dans le séquenceur MiSeq PE 250 (Illumina).

Une fois ce second PCR réalisé, l'ADN a été encore une fois purifié à l'aide d'un kit commercial.

Enfin, la pureté du 2^e PCR ainsi que sa quantification sont validés par la technologie de micropuce à électrophorèse capillaire afin de s'assurer de la qualité de celui-ci et sa présence en quantité suffisamment importante pour assurer un bon séquençage.

4.10.2 Analyse bio-informatique des données de séquençage (Non complétée)

Cette étape sera réalisée par le Canadian Centre for Computational Genomics (C3G) à Montréal.

Suite au séquençage réalisé chez Génome Québec, les données seront envoyées au C3G pour le traitement de données. À partir des séquences brutes, les bio-informaticiens filtrent dans un premier temps les données pour éliminer les séquences de faible qualité et les chimères (séquences produites à partir de plusieurs sources et retrouvées normalement comme artéfacts du PCR) et corriger les erreurs de séquençage. Par la suite, il faut retirer les séquences qui ont été ajoutées pour permettre le séquençage, soit les adaptateurs. Les séquences de qualité seront ensuite traitées dans le but d'identifier le genre et l'espèce contenus dans l'échantillon séquencé. Il faut regrouper les séquences similaires (>97,5 % similitude) afin de former des unités taxonomiques opérationnelles (OTU – operational taxonomic units), puis les comparer à la base de données Greengenes, permettant de construire un arbre phylogénétique. Ce faisant, il est possible de déterminer de quels genres et espèces composent l'endroit ciblé pour échantillon, puis d'évaluer leur proportion selon les conditions appliquées à chaque échantillon.

L'analyse de bio-informatique permettra donc de réaliser une association taxonomique permettant de répertorier les espèces de poissons moins abondantes telles les chabots (tacheté, visqueux), et les petites espèces telles que le ventre rouge, les cyprins, le méné de Lac, le mullet perlé, le méné émeraude, les naseux (des rapides, noir), la ouitouche, l'épinoche à cinq épines, le doré jaune, le ménomini rond, l'omble de fontaine, la ouananiche, le grand corégone et le touladi.

5 Résultats et Analyse

5.1 qPCR – ADN mitochondrial

5.1.1 Filtres négatifs

L'analyse par qPCR des filtres a montré qu'il y avait aucune présence d'ADN et ce, pour tous les filtres-négatifs (voir Figures 15 à 18 en annexe). La chaîne de traçabilité a été protégée et aucune auto-contamination et/ou contamination croisée n'a été faite pendant les différentes manipulations (terrain, échantillonnage d'eau, filtration, laboratoire). Ainsi, aucun faux positif n'a été décelé dans le cadre du projet.

5.1.2 Échantillons

L'analyse par qPCR des filtres a montré qu'il y avait présence d'ADN de touladi dans tous les sites de captures, incluant la station témoin, particulièrement lors du prélèvement du 5 octobre 2018. Les prélèvements avant la fraie (7 et 8 août) démontrent qu'il n'y avait pas d'utilisation de ces sites à cette période par le touladi, excepté à la station PE1870. Toutes les autres stations ont une valeur nulle d'ADNe. Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée pour tester la variation entre les moments d'échantillonnage (avant et pendant la fraie) pour les sites regroupés et la variation était significative ($P < 0.05$). La figure 5 montre le cumulatif du nombre de copies de gènes par site et par date de prélèvement (Set de Lacoursière-Roussel). Toutefois, il est à noter que le nombre de prélèvement diffère selon les sites (de 5 à 11).

Le site du pont est celui qui montre le plus de détections pendant la fraie. On remarque que le pont contrecourant, qui est également en rive droite, est l'emplacement où le plus grand nombre de copies a été détecté lorsqu'on le compare au pont Rive-droite, dans lequel 10 prélèvements ont été faits également durant la période de fraie. L'ADNe extrait à partir des filtres prélevés à ce site a été testé en parallèle avec le Set de Lacoursière-Roussel (mitochondrial) et le Set 1 de GDG (nucléaire) en vue de l'analyse du ratio ADN nu/mt (voir 4.2).

Les figures 6 et 7 présentent le même type de graphique, excluant le Pont Contre-courant, respectivement pour les sets Lacoursière-Roussel et le Set 2 de GDG. La tendance se maintient, le site témoin présente également de l'ADN, particulièrement aussi lors du prélèvement du 5 octobre 2018. Bien que le site témoin ait été désigné ainsi en raison de la présence d'un habitat peu favorable au touladi, cet endroit demeure propice à l'utilisation par le touladi, en raison de la présence d'ADNe.

Le site montrant le moins de copies de gènes est le site EPI, frayère potentielle pour le touladi (figures 5 et 6). Cette tendance se retrouve également lorsque le dépistage a été fait avec le Set 2 de GDG (figure 7). De plus, dans la figure 7, le site Frayère à SAVI ne montre pas un nombre de copies de gènes élevé. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que 2 sets ciblent 2 gènes mt différents au niveau de l'ADN mitochondrial du touladi, et qui existent en nombre de copies différentes.

En annexe, les figures 15 à 18 présentent les graphiques individuels par site de prélèvement, dans lesquels il est possible de voir les quantités d'ADNe en fonction des dates de prélèvement. Deux types de graphiques sont présentés par Set de sonde/amorces : avec échelle non normalisée (*i.e.* échelle du nombre de copies gènes calculée automatiquement pour chaque site de prélèvement), et avec échelle normalisée (*i.e.* échelle du nombre de copies gènes identique pour tous les sites de prélèvement).

Lors des journées du 6 et 7 octobre, il y a eu détection d'ADNe de touladi seulement à la station du pont contre-courant, bien qu'il s'agissant de la période de fraie.

Figure 5: Cumul de nombre de copies de gènes par litre d'eau prélevé (incluant pont contre-courant). Set Lacoursière-Roussel.

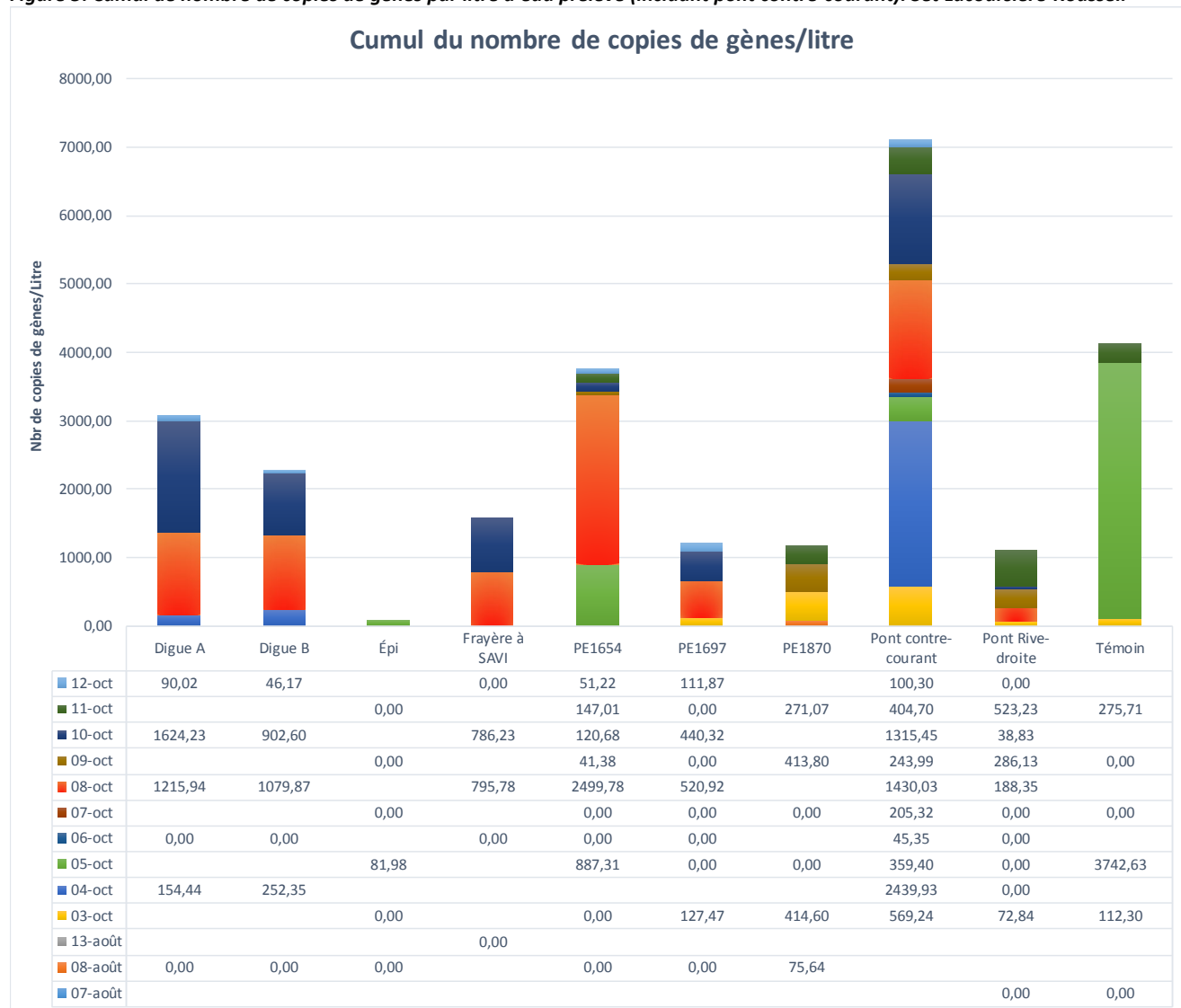


Figure 6: Cumul de nombre de copies de gènes par litre d'eau prélevé (excluant pont contre-courant). Set Lacoursière-Roussel.

Cumul du nombre de copies de gènes/litre (Set Lacoursière Roussel) Sauf pont contre-courant

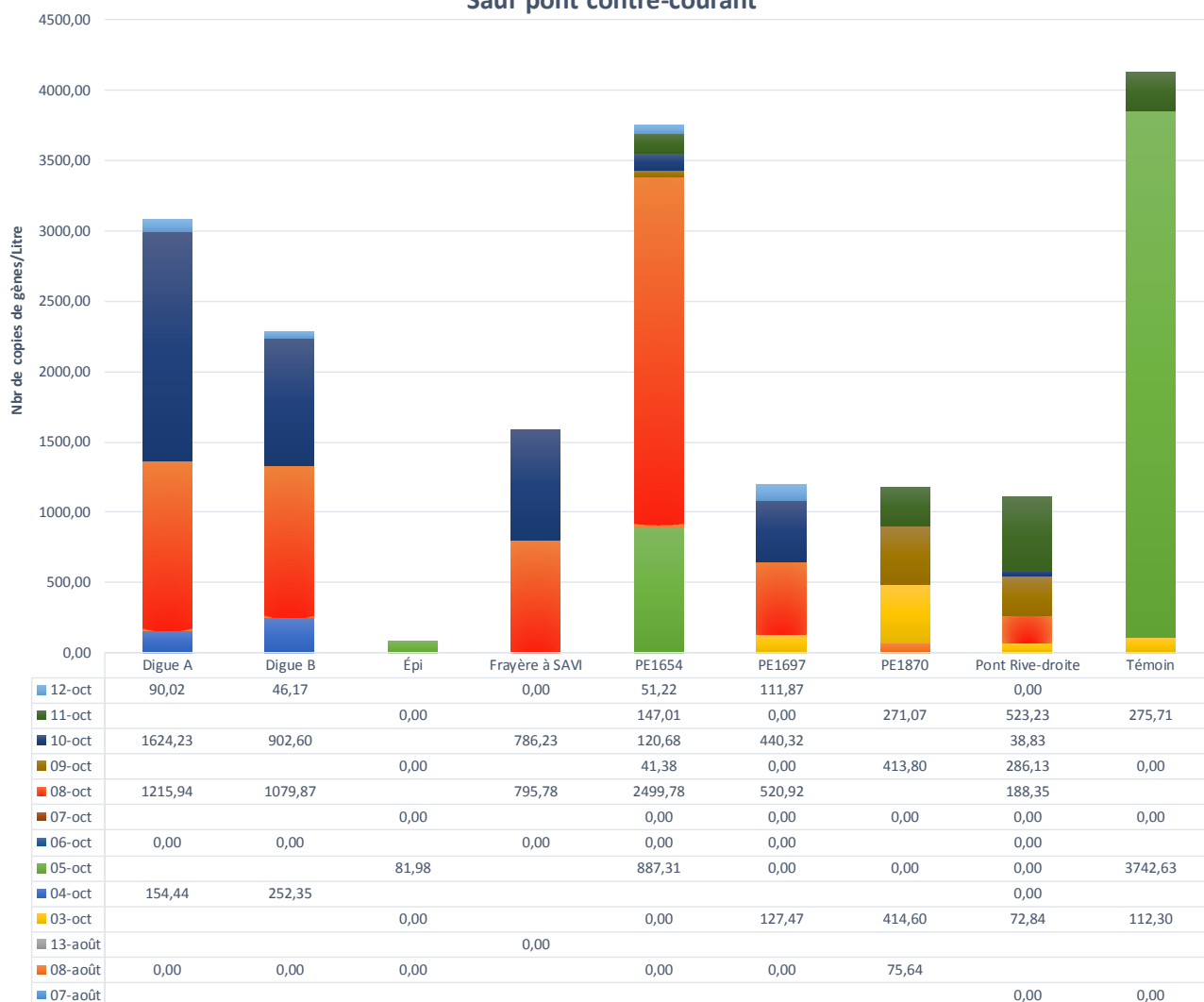
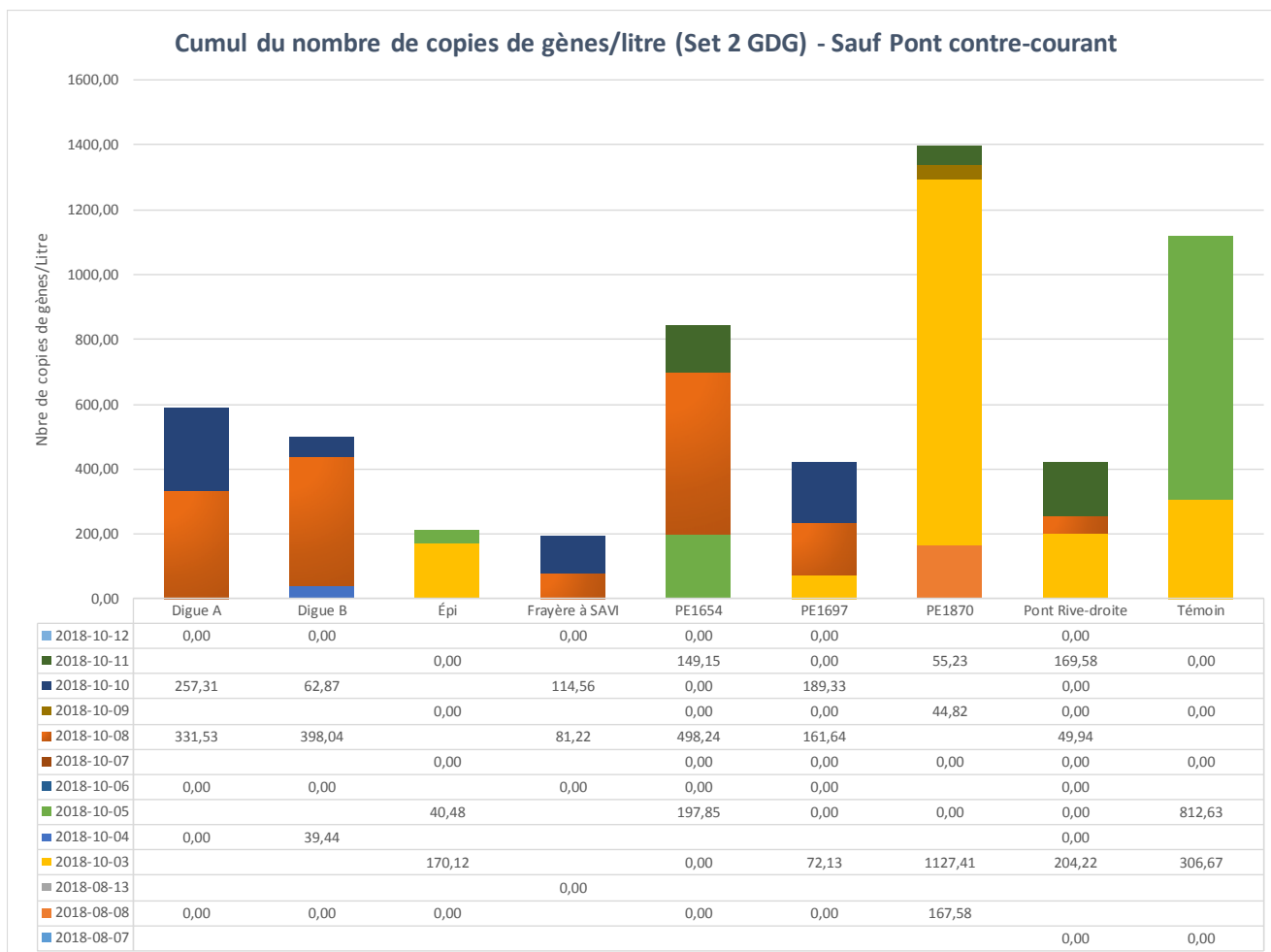


Figure 7: Cumul de nombre de copies de gènes par litre d'eau prélevé (incluant pont contre-courant). Set 2 GDG



5.1.3 Comparaison des 2 kits amorces/sonde Lacoursière-Roussel et Set 2 GDG

Les analyses ont été réalisées avec 2 sets différents d’amorces/sonde, celui Lacoursière-Roussel et le Set 2 de GDG, excepté pour le pont contre-courant. Les mêmes échantillons d’eau ont servi aux deux analyses avec les 2 sets, en conséquence il n’y a pas de différence au niveau des variables environnementales.

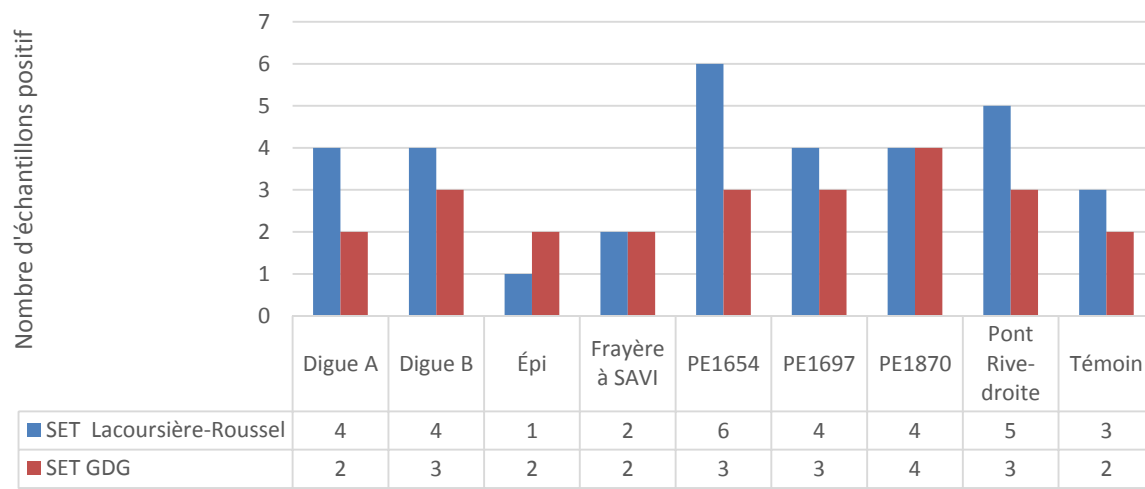
On remarque est que le Set de Lacoursière-Roussel est plus sensible que celui de GDG, autant au niveau du nombre d’échantillons positifs que du nombre de copie de gènes détectés (tableau 7 et figure 8).

Tableau 7: Comparaison du nombre d’échantillons positif et de la somme des copies de gènes détecté selon l’ensemble d’amorces/sonde utilisé pour tous les échantillons combinés (sauf pont contre-courant).

	SET Lacoursière-Roussel	SET 2 GDG
Nbr échantillons positifs	33	24
Somme des copies gènes/litre	18393	5702

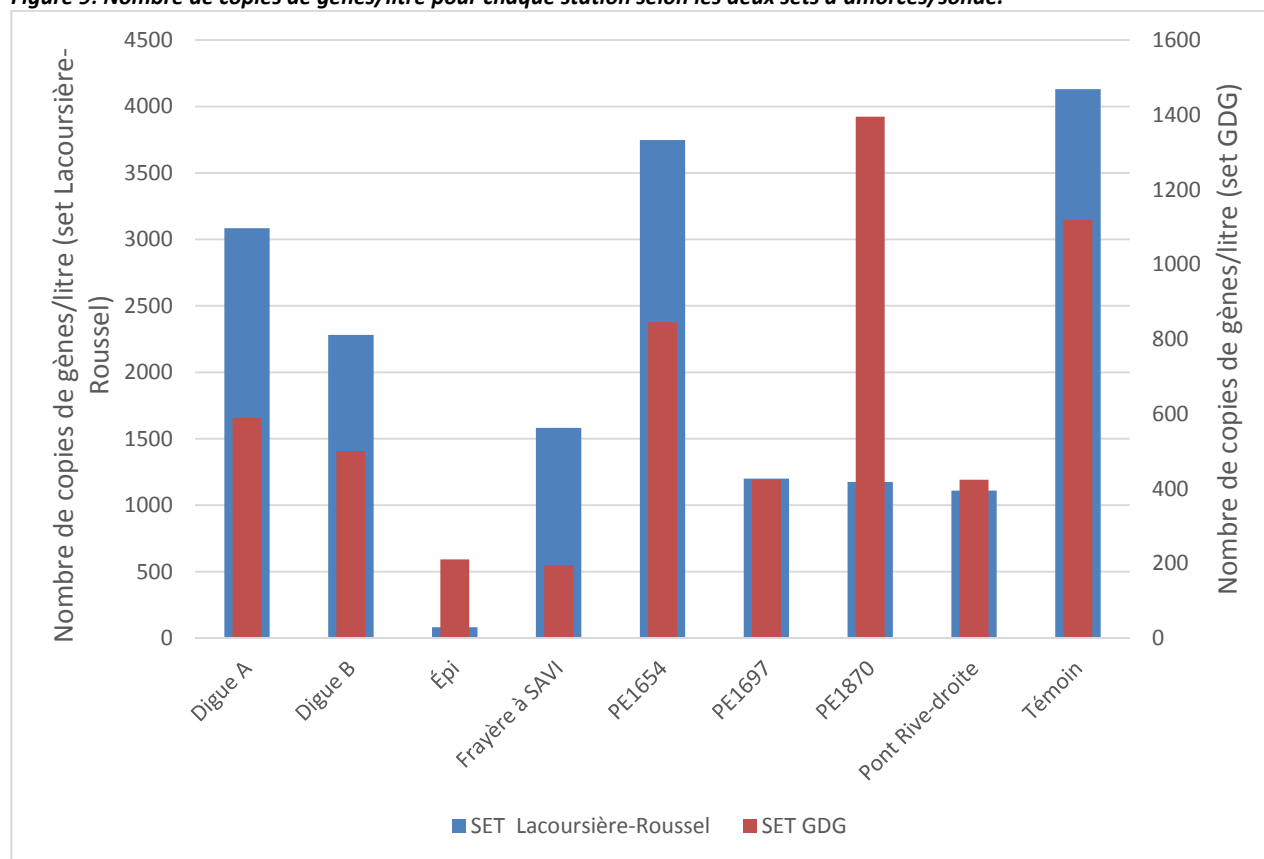
Figure 8: Comparaison du nombre d’échantillons positifs par station selon le kit d’amorces/sonde utilisé.

Comparaison du nombre d'échantillon positif par station selon le type de Set utilisé



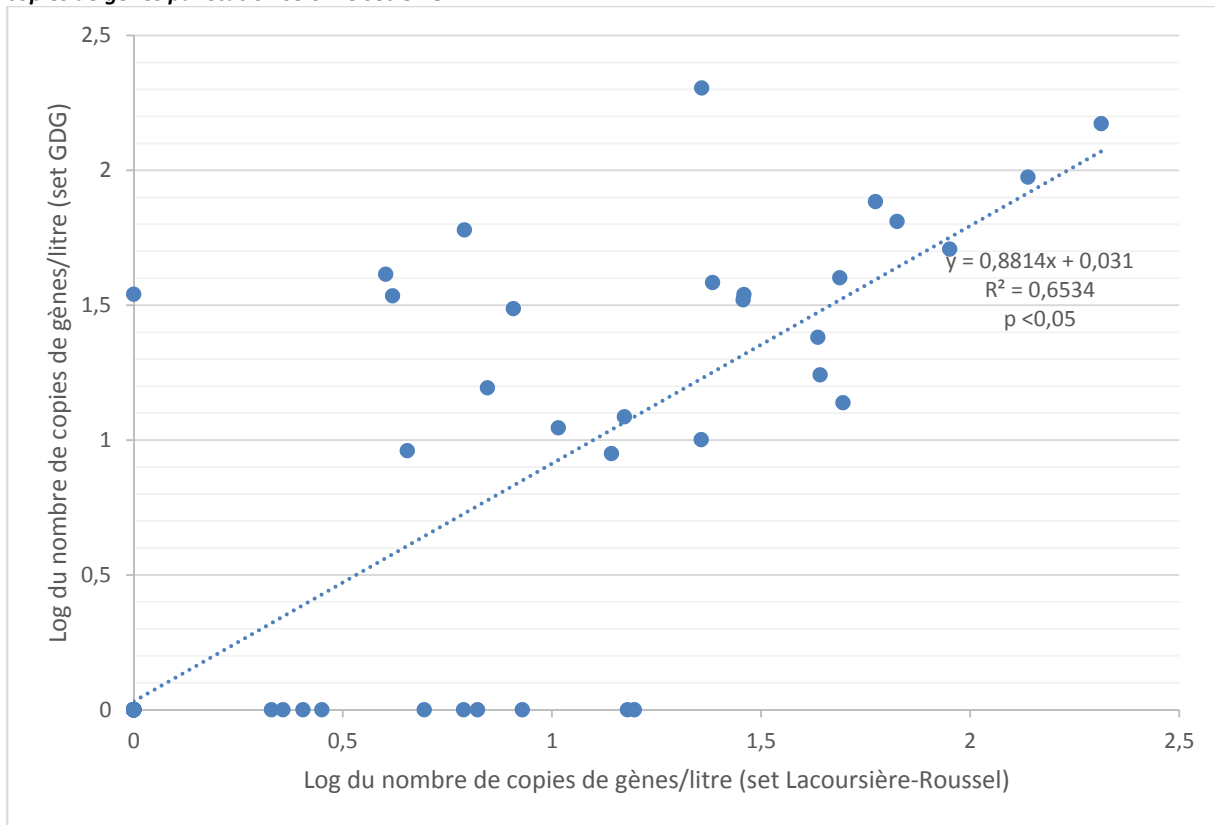
Bien que le nombre de copies de gènes soit généralement supérieur avec le set de Lacoursière-Roussel, la tendance selon les différentes stations est la même. À la figure 9, on observe que les variations dans le nombre de gènes suivent généralement la même courbe, excepté à la station PE1870 où il y a une différence marquée.

Figure 9: Nombre de copies de gènes/litre pour chaque station selon les deux sets d'amorces/sonde.



La corrélation entre les deux sets est significative (régression linéaire, EXCEL, $p < 0,05$), malgré les écarts observés pour une même station ($R^2 = 0,65$) (figure 10). La différence entre le nombre de copies de gène détecté peut s'expliquer par la différence au niveau de la séquence ciblée par les deux sets et par la différence dans les courbes étalons.

Figure 10: Corrélation entre le log du nombre de copies de gène par station selon le set Lacoursière-Roussel et le Log du nombre de copies de gènes par station selon le set GDG.



5.2 qPCR – Ratio ADN nucléaire/ADN mitochondrial

Cette portion du projet est basée sur un article scientifique qui traitait d'une expérience faite en milieu contrôlé (*in vitro*), dans des aquariums, pour détecter une activité de reproduction chez une espèce de poisson en voie d'extinction [3].

Le défi ici est de vérifier si en milieu naturel et en eau courante (*in vivo*), il est possible de confirmer si en période de fraie, il est possible de retrouver une quantité d'ADN nu supérieure à celle d'ADN mt, et d'utiliser cette approche non invasive afin de surveiller l'activité de reproduction de touladi, plutôt que d'utiliser les méthodes conventionnelles.

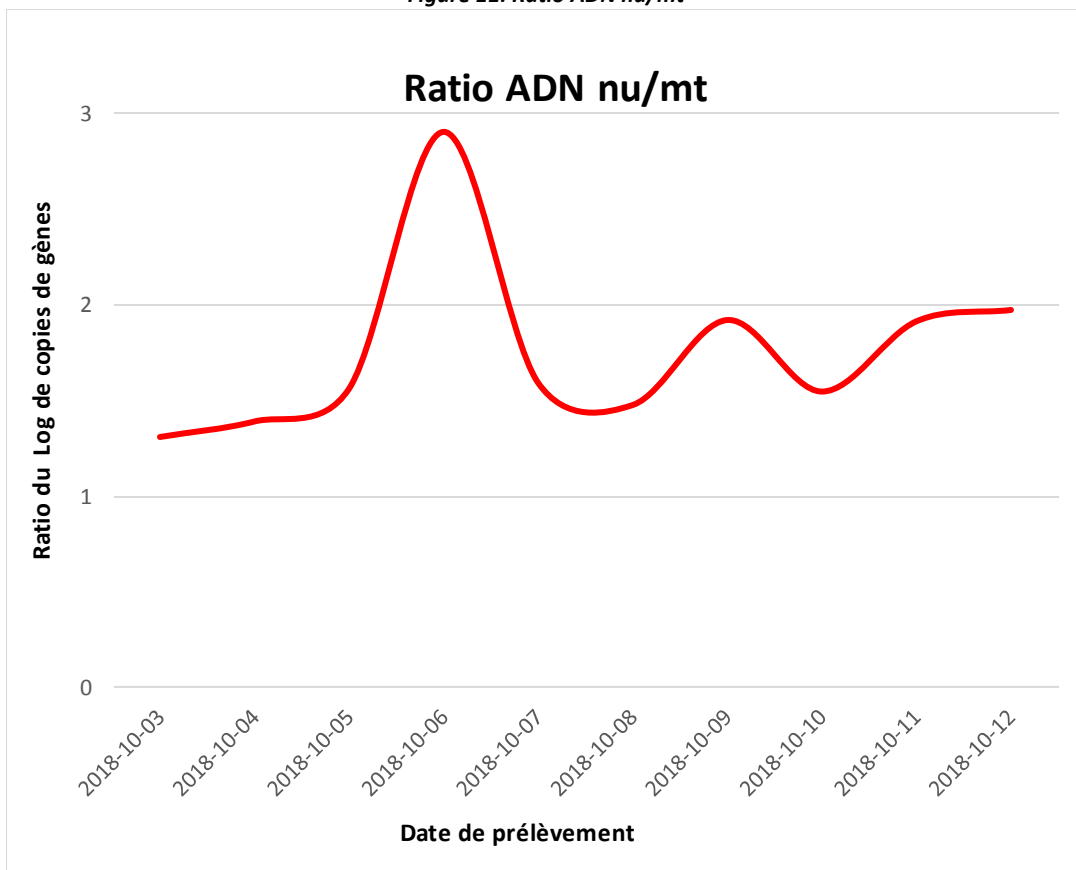
Le tableau 8 présente le Log du nombre de copies de gènes nucléaire (fraie) et mitochondrial selon les 10 dates de prélèvements d'eau.

La figure 11 représente le ratio d'ADN nu/mt. On observe que le ratio ADN nucléaire versus ADN mitochondrial est le plus élevé durant la journée du 6 octobre, pouvant démontrer une activité de reproduction plus intense si l'on se fie aux résultats préliminaires de l'article de référence.

Tableau 8: Log de copies de gènes nucléaire (fraie) et mitochondrial (Lacoursière-Roussel)

Dates de prélèvements	LOG DE COPIES DE GÈNES (fraie)	LOG DE COPIES DE GÈNES Lacoursière-Roussel
2018-10-03	1,965544692	1,495656728
2018-10-04	2,969400966	2,127739724
2018-10-05	2,030677956	1,295941624
2018-10-06	1,15548445	0,396956803
2018-10-07	1,681187091	1,052801797
2018-10-08	2,808335033	1,89570746
2018-10-09	2,171769699	1,127731668
2018-10-10	2,88549716	1,859436259
2018-10-11	2,586243862	1,347490831
2018-10-12	1,467721619	0,741678974

Figure 11: Ratio ADN nu/mt



6 Discussion

Les sites de prélèvements ne présentent pas de trace d'ADNe de touladi avant la période de fraie, sauf pour la station PE1870 pour laquelle une petite quantité d'ADNe a été dépisté. Cette observation a été corroborée par les deux sets de sonde/amorces utilisés (Lacoursière-Roussel et Set 2 de GDG).

Tous les sites ont eu des traces d'ADNe de touladi pendant le période de fraie et ce lors de deux journées au minimum. Les précautions prises lors des différentes manipulations sur le terrain et au laboratoire ont bien minimisé les risques de contaminations car les résultats des filtres négatifs n'ont pas révélé de trace d'ADNe de touladi.

Les résultats d'analyse démontrent que la période de fraie est la période adéquate pour le dépistage d'ADNe de touladi, et que le choix des dates de prélèvement est judicieux.

Dans la station de prélèvement au pont contre-courant, on observe un pic du ratio d'ADN nucléaire et mitochondrial lors de la journée du 6 octobre, ce qui pourrait montrer les signes d'un pic dans les activités de fraie de touladi. De plus, il a été judicieux de procéder à des prélèvements de type composites afin d'augmenter les chances de détection.

L'interprétation de ces résultats demande toutefois d'être prudent, ceci en considérant de multiples facteurs tels que l'efficacité des captures sur le terrain, l'efficacité de l'extraction de l'ADNe, la présence d'inhibiteurs, et la sensibilité de la méthode de détection [7].

7 Conclusions et Recommandations

Parallèlement aux pêches expérimentales dans le projet de suivi des populations de touladi et de la caractérisation des frayères dans le réservoir Péribonka, un volet d'analyse d'ADNe à partir d'échantillonnage d'eau a été réalisé.

En période de fraie, l'analyse par qPCR des filtres a montré qu'il y avait présence d'ADNe de touladi dans tous les sites de captures, incluant la station témoin. Le nombre de copies de gène dépisté durant cette période suggère que les prélèvements ont été faits durant le moment propice au fraie, avec un pic atteint le 8 octobre.

Au sujet de la station témoin, même si celle-ci n'est pas considérée comme une frayère potentielle, un nombre relativement élevé d'ADNe a été dépisté en période de fraie seulement (particulièrement le 5 octobre; aucune trace en période de pré-fraie), ce qui pourrait être le signe de la présence d'une frayère dans les environs de ce site. Il serait peut-être judicieux lors de futures analyses, de choisir une station témoin à un autre emplacement.

Les filtres négatifs n'ont révélé quant à eux aucune trace d'ADN, suggérant que toutes les précautions ont été prises afin d'éviter les auto-contaminations ou les contaminations croisées lors des prélèvements d'eau.

De plus, l'analyse des échantillons avant la fraie montre qu'il y a absence totale d'ADNe de touladi dans tous les sites de prélèvement, excepté dans le site PE 1870 où une faible quantité d'ADNe a été détecté. Ceci démontre que le choix de la période de prélèvement avant la fraie est adéquate.

Les résultats obtenus démontrent que l'analyse de l'ADNe est une méthode relativement efficace et prometteuse pour la gestion des populations de touladi. Le choix des dates de prélèvement est adéquat en période de pré-fraie et durant le fraie, les 2 sets utilisés (Lacoursière-Roussel et Set 2 de GDG) montrant une

constance dans les résultats obtenus. Lors d'études futures, des prélèvements d'échantillons composites sont recommandés, afin d'améliorer les chances de détection d'ADNe.

La méthodologie utilisée pour la détection d'une activité reproduction en milieu aquatique semble très prometteuse. Il s'agit ici d'un test préliminaire réalisé pour la première fois en conditions naturelles, et nous recommandons vivement la poursuite de ce projet afin de mieux évaluer l'activité des géniteurs, et ainsi, d'être en mesure de surveiller et de comprendre la dynamique des populations du poisson. Cette technologie pourrait être appliquée sur une plus grande échelle, et aussi sur d'autres populations de poissons, et pourrait être utilisée comme un moyen non-invasif de gestion de diverses populations d'intérêt (espèces menacées ou vulnérables, espèces d'intérêt écologique et sportif).

La compréhension de l'activité de reproduction pourrait permettre, entre-autres, de déterminer si une baisse d'une population est causée par une défaillance de reproduction chez les géniteurs, ou bien si cette baisse est plutôt attribuable à une autre cause comme le déplacement de la population ou une mortalité précoce.

8 Références

- 1 - Masayuki Ushio *et al.* (2018). Quantitative monitoring of multispecies fish environmental DNA using high-throughput sequencing); *Metabarcoding and Metagenomics* 2: 1–15
- 2 - <http://www.spygen.com/fr/>
- 3 - Jonas Bylemans *et al.* (2017). An environmental DNA-based method for monitoring spawning activity: a case study, using the endangered Macquarie perch (*Macquaria australasica*); *Methods in Ecology and Evolution* 8: 646–655
- 4 - Anaïs Lacoursiere-Roussel *et al.* (2016). Quantifying relative fish abundance with eDNA: a promising tool for fisheries management; *Journal of Applied Ecology*: Volume 53, Issue 4
- 5 - <https://www.idtdna.com/calc/analyze>
- 6 - Sune Agersnap *et al.* (2017). Monitoring of noble, signal and narrowclawed crayfish using environmental DNA from freshwater samples; *PLOS ONE* | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179261>
- 7 - Caren S. Goldberg *et al.* (2016). Critical considerations for the application of environmental DNA methods to detect aquatic species. *Methods in Ecology and Evolution* 7: 1299–1307

Analyse ADNe Pérignonka/Manouane
 Localisation des stations de prélèvement d'eau

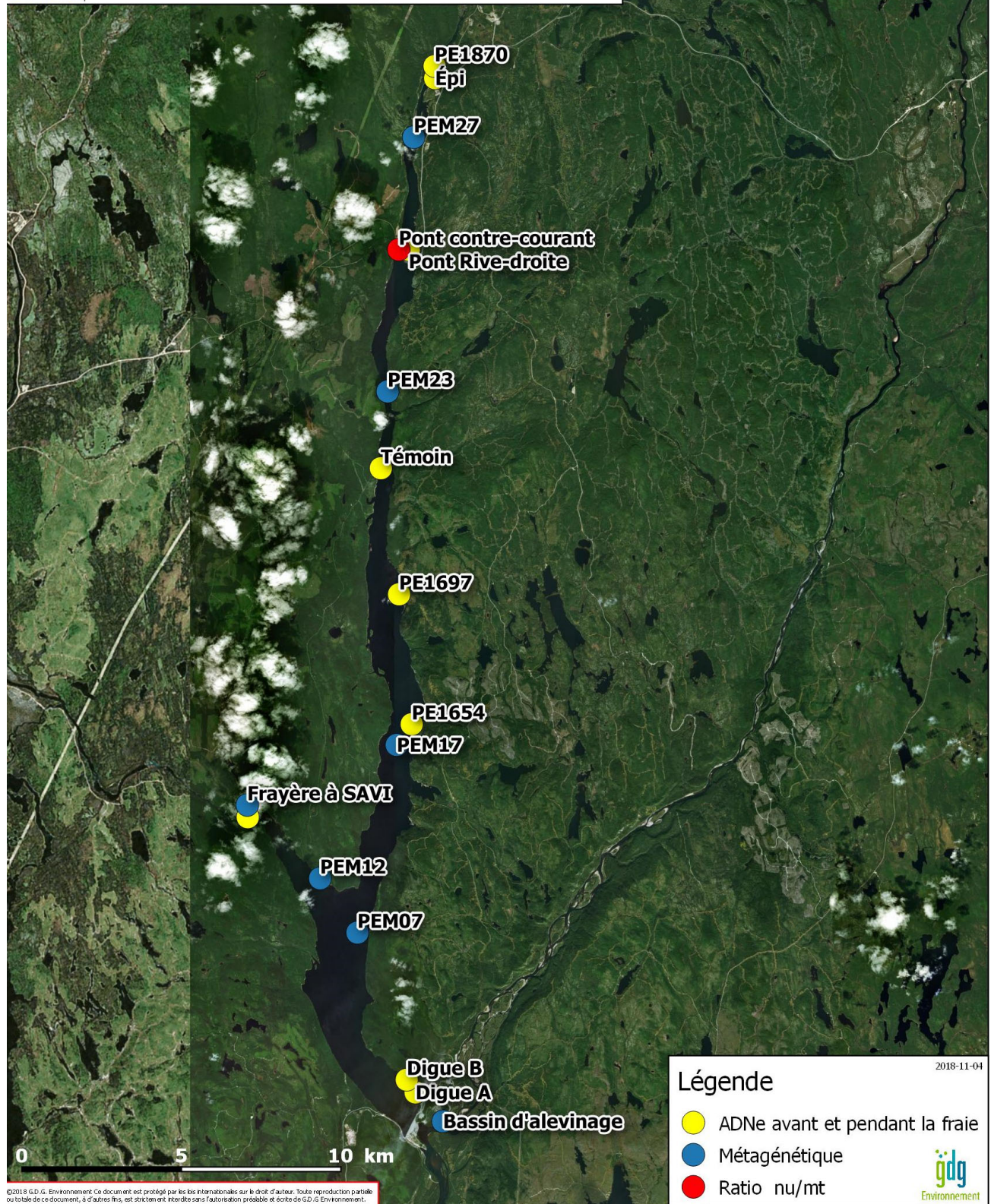


Figure 12: Courbe étalon produite avec le set sonde/amorces de Lacoursière-Roussel et al.(ADN mt).

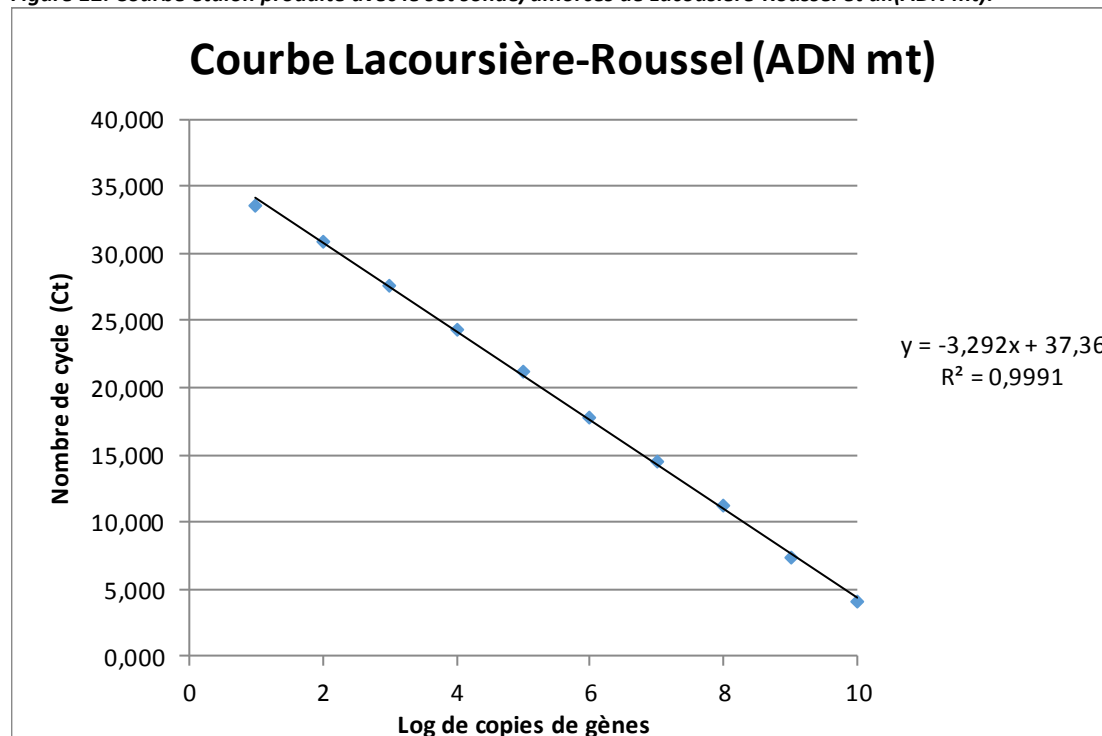


Figure 13: Courbe étalon produite avec le set sonde/amorces de GDG, Set 2 (ADN mt).

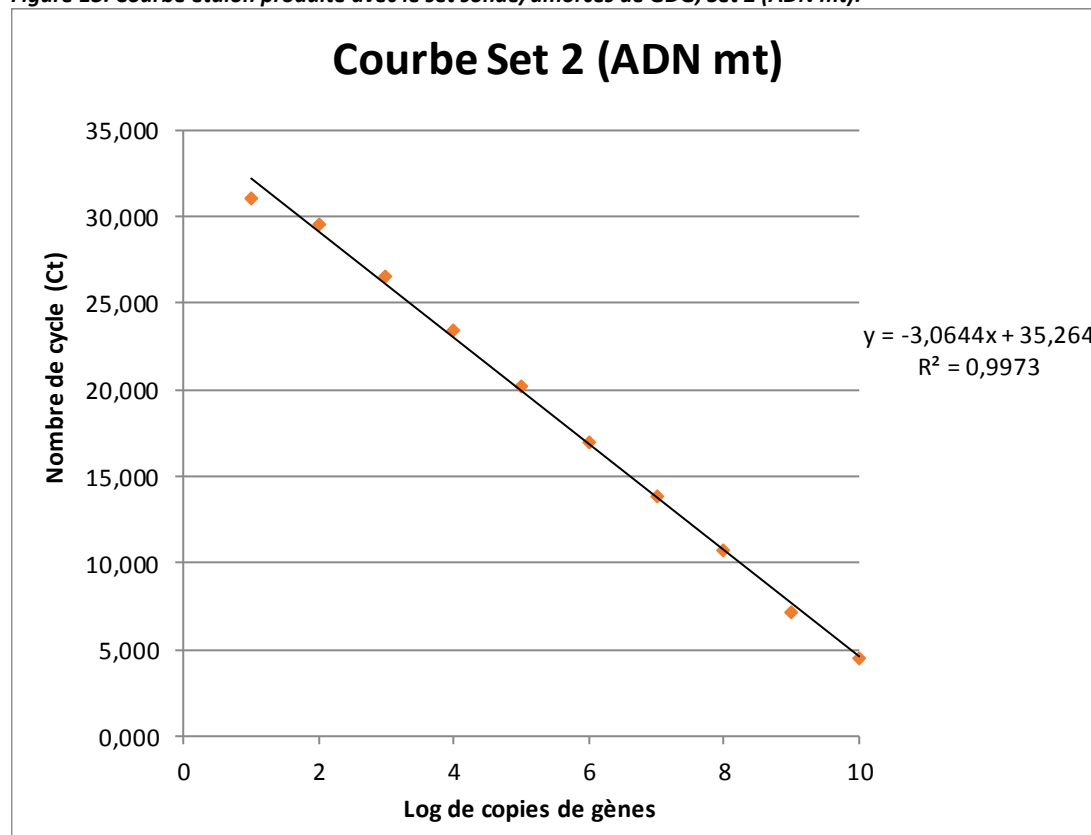


Figure 14: Courbe étalon produite avec le set sonde/amorces de GDG, Set 1 (ADN nu; fraie).

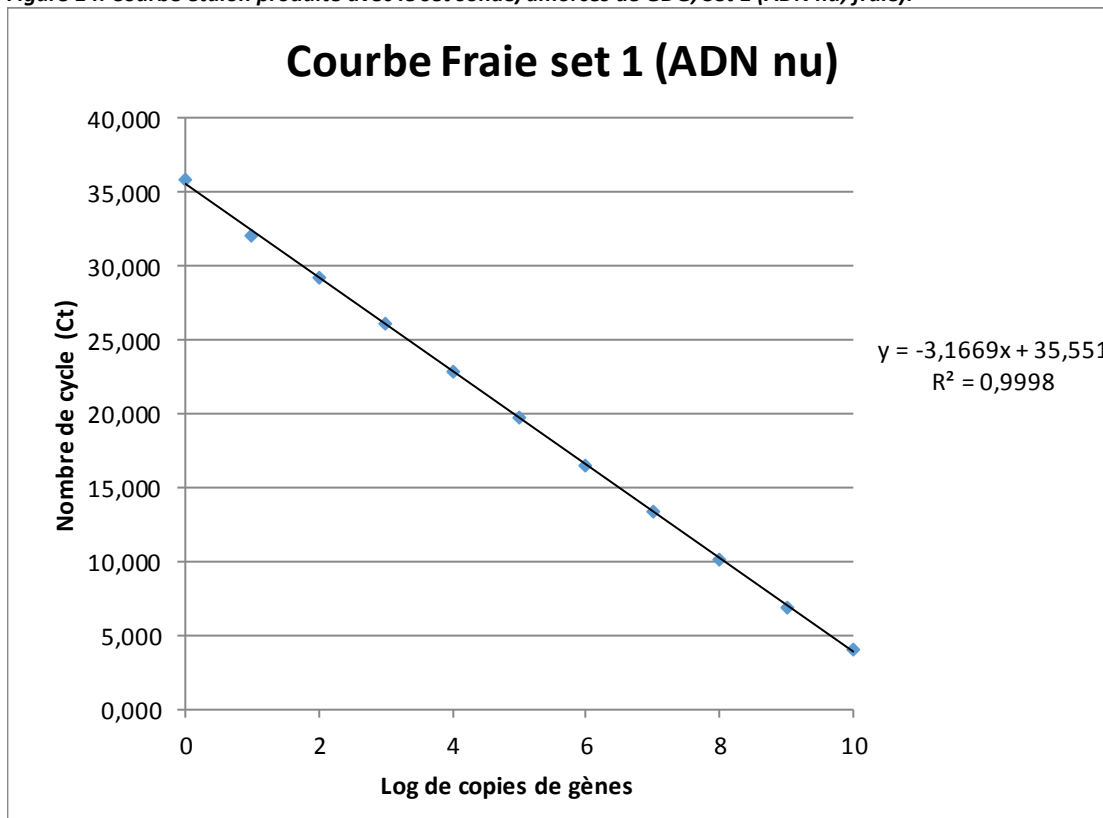


Figure 15: Graphiques des variations du nombre de gènes par site et par date. Set Lacoursière-Roussel.

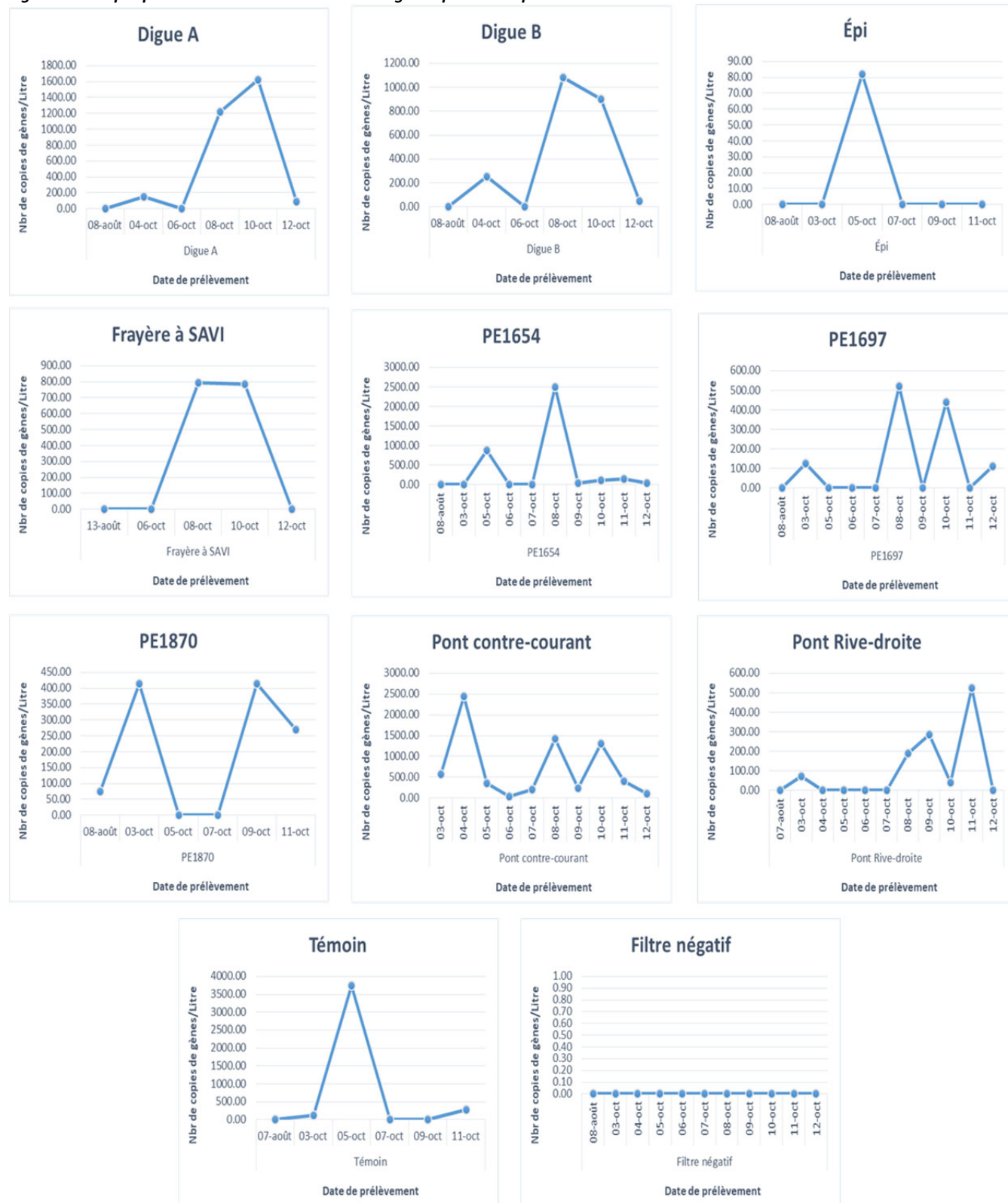


Figure 16: Graphiques des variations du nombre de gènes par site et par date avec normalisation de l'échelle. Set Lacoursière-Roussel.



Figure 17: Graphiques des variations du nombre de gènes par site et par date. Set 2 GDG.

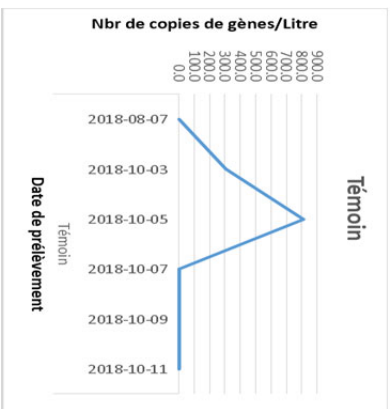
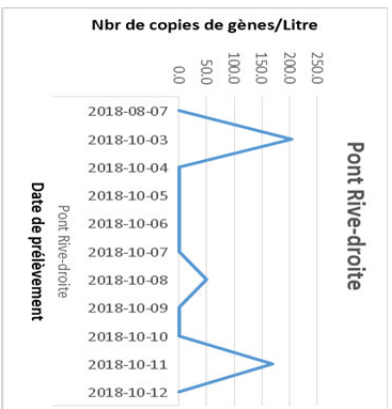
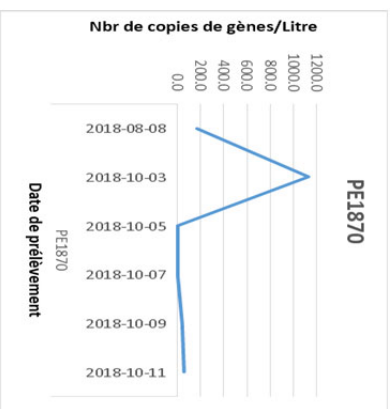
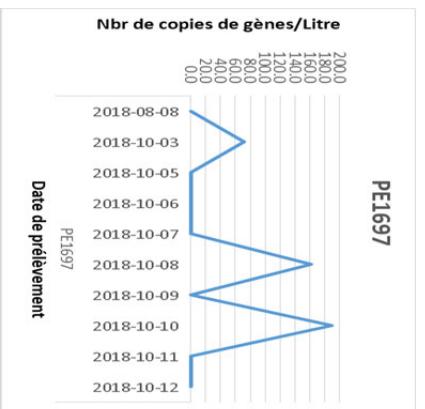
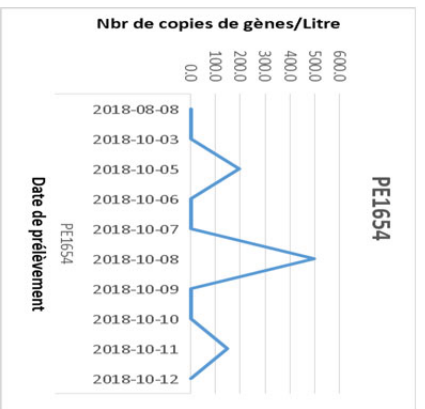
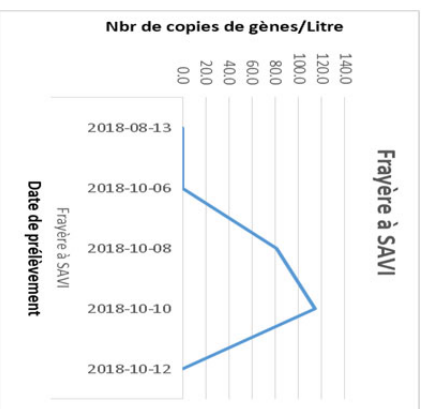
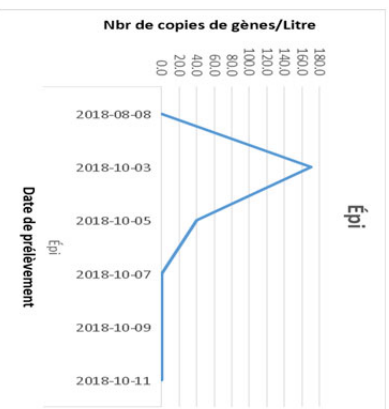
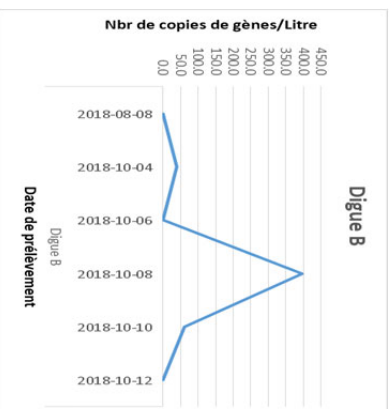
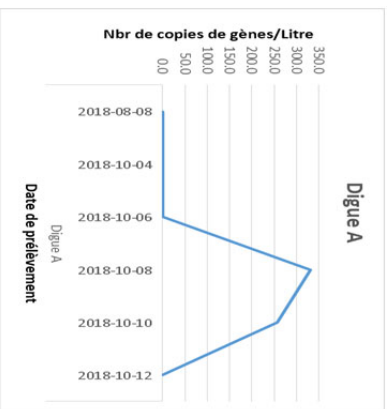
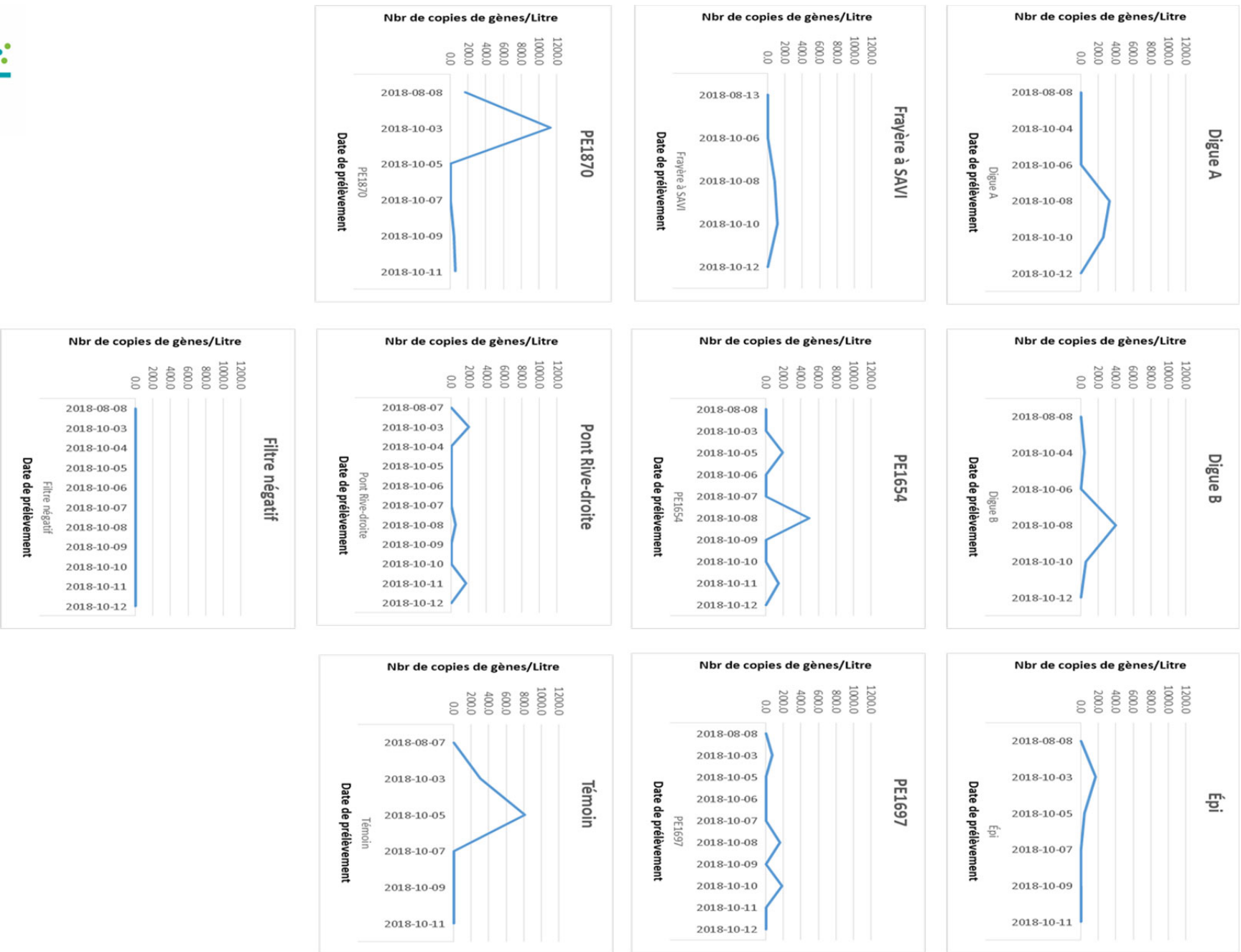


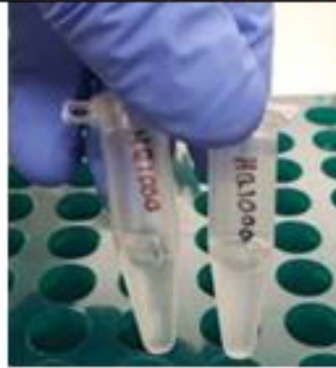



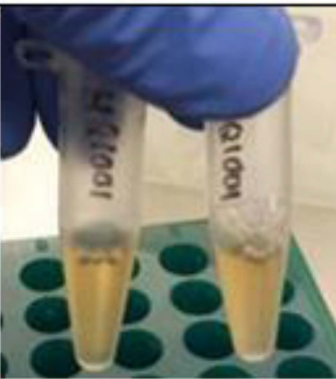








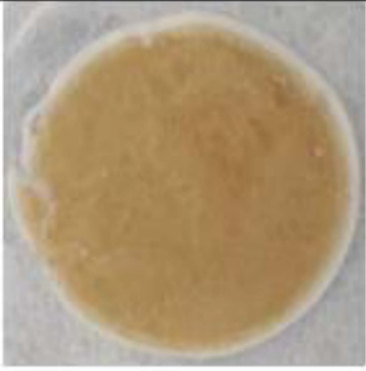
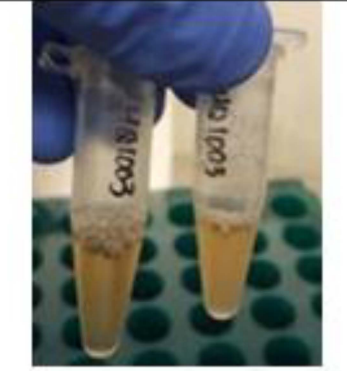

Figure 18: Graphiques des variations du nombre de gènes par site et par date avec normalisation de l'échelle. Set 2 GDG.






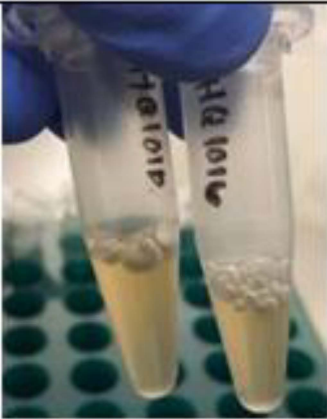



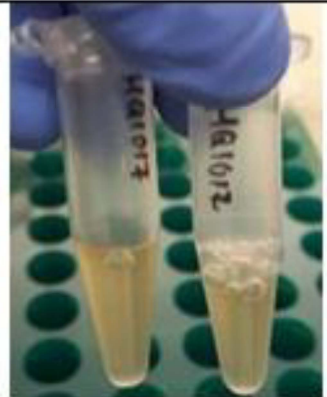

ADN ENVIRONNEMENTAL

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (QUIAshredder)	Elution
HQ1000	3219	 <p>HQ1000</p> <p>SPÉC. COLLECTÉ : _____ DATE : _____</p> <p>PROFONDEUR : _____</p> <p>MODE DE CAPTURE : _____</p> <p>AECOM</p>			
HQ1001	Pont contre-courant	 <p>HQ1001</p> <p>SPÉC. COLLECTÉ : _____ DATE : _____</p> <p>PROFONDEUR : _____</p> <p>MODE DE CAPTURE : _____</p> <p>AECOM</p>			

Num. éch.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

<p>HQ1002</p>	<p>Pont rive-droite</p>				
<p>HQ1003</p>	<p>PE1870</p>				

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUT Ashredder)	Elution
HQ1014	PE1870	 <p>HQ1014</p> <p>AECOM</p>			
HQ1015	Epi	 <p>HQ1015</p> <p>AECOM</p>			



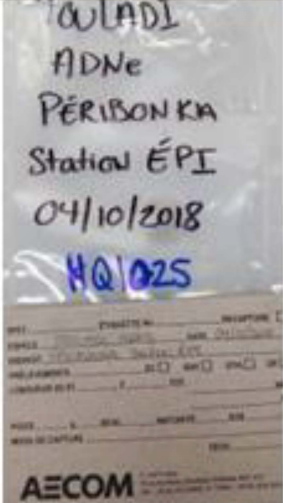


Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (QUIAshredder)	Elution
HQ1016	Pont rive-droite	 <p>HQ1016</p> <p>Site: Pont</p> <p>Date: 7/10/2019</p> <p>AECOM</p>			
HQ1017	Témoïn	 <p>HQ1017</p> <p>Site: Témoïn</p> <p>Date: 7/10/2019</p> <p>AECOM</p>			

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (QUIAshredder)	Elution
HQ1018	PE1697				
HQ1019	PE1654				

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
HQ1020	Digue B	 <p>HQ1020</p> <p>Site: Digue A, moulin</p> <p>Date: 2.9.2015</p> <p>AECOM</p>			
HQ1021	Digue A	 <p>HQ1021</p> <p>Site: Digue B, moulin</p> <p>Date: 2.9.2015</p> <p>AECOM</p>			

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
HQ1022	Serpent 2				
HQ1023	Filtre négatif				

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1024	PE1870	 <p>TOULADI ADNe Station PE1870 04/10/2018 HQ1024</p> <p>AECOM</p>			
HQ1025	EPI	 <p>TOULADI ADNe Station EPI 04/10/2018 HQ1025</p> <p>AECOM</p>			

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1026	Pont Rive-droite	 <p>HQ1026 TOULADE ADNE PÉRIBONKIA Station PONT 04/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
--------	------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------


HQ1027	Pont contre-courant	 <p>TOULADE ADNE nucléaire Station Centre-Courant (Ech. composite) 04/10/2018 HQ1027</p> <p>AECOM</p>			
--------	---------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1028	témoin				
--------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

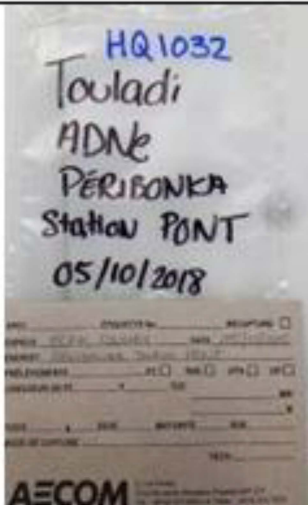

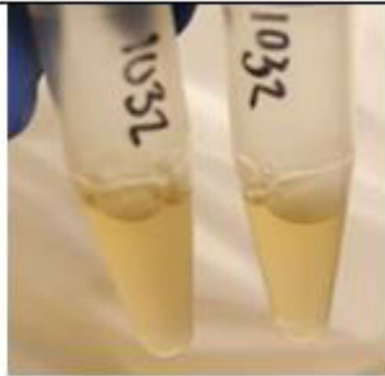

HQ1029	PE1697				
--------	--------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

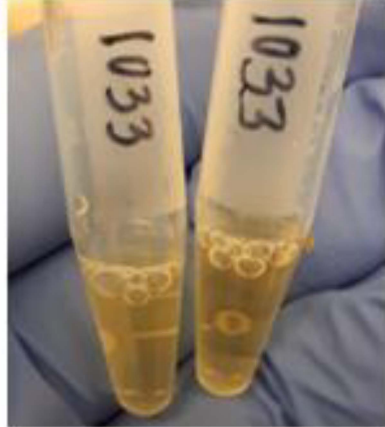

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1030	PE1654				
--------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1031	Filtre négatif				
--------	----------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. éch.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

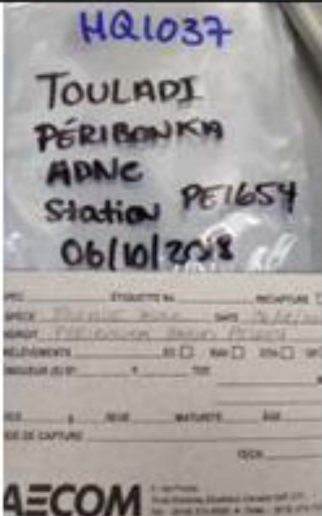

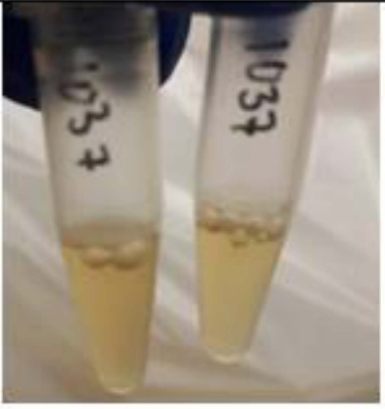

HQ1032	Pont Rive-droite				
--------	------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1033	Pont contre-courant				
--------	---------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI/Ashredder)	Elution
HQ1034	Digue A	 <p>HQ1034 Touladi ADNe PÉRIBONKA Station DIGUE A 05/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
HQ1035	Digue B	 <p>HQ1035 Touladi ADNe PÉRIBONKA Station DIGUE B 05/10/2018</p> <p>AECOM</p>			

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1036	Filtre négatif				
--------	----------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1037	PE1654				
--------	--------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1038	PE1697	 <p> HQ1038 TOULADI ADNe PÉRIBONKA Station #1697 06/10/2018 </p> <p>AECOM</p>			
--------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1039	Témoin	 <p> HQ1039 TOULADI ADNe PÉRIBONKA Station TÉMOIN 06/10/2018 </p> <p>AECOM</p>			
--------	--------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. éch.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1044	Filtre négatif				
HQ1045	Pont Rive - droite				

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1046	Pont contre-courant				
--------	---------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1047	Digue B				
--------	---------	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1048	Digue A	 <p> HQ1048 TOULADI ADNE PÉRIBONKA Station DIGUE A 07/10/2018 </p> <p> <small> SPEC: _____ DATE: _____ PROJECT: _____ ANALYSTS: _____ LOCATION: _____ DATE: _____ TIME: _____ METHOD: _____ AECOM </small> </p>			
--------	---------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

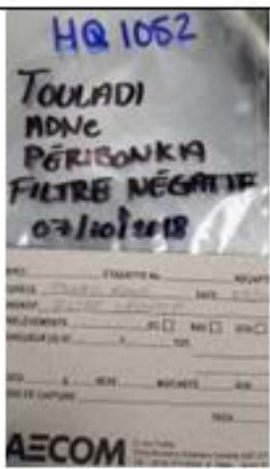



HQ1049	PE 1697	 <p> HQ1049 TOULADI ADNE PÉRIBONKA Station PE 1697 07/10/2018 </p> <p> <small> SPEC: _____ DATE: _____ PROJECT: _____ ANALYSTS: _____ LOCATION: _____ DATE: _____ TIME: _____ METHOD: _____ AECOM </small> </p>			
--------	---------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

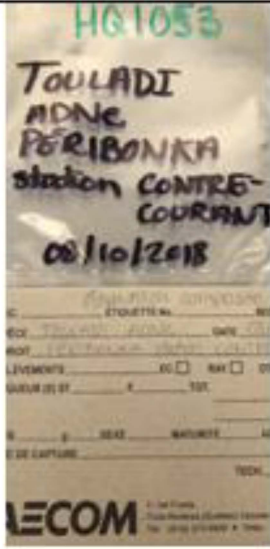


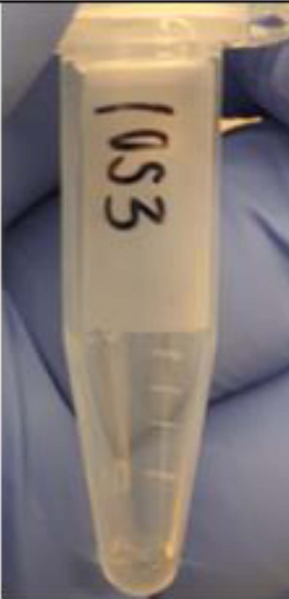
Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1050	PE1654				
--------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

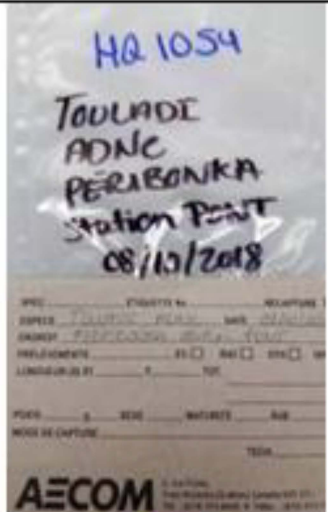



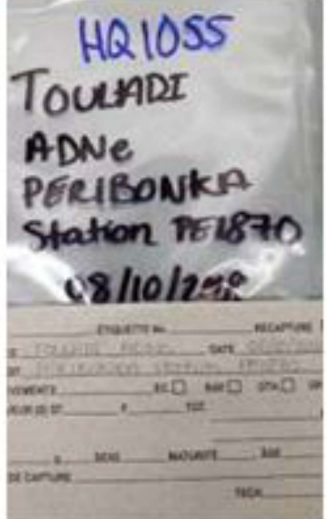



HQ1051	Rivière serpent 2				
--------	-------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. éch.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1052	Filtre négatif				
--------	----------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

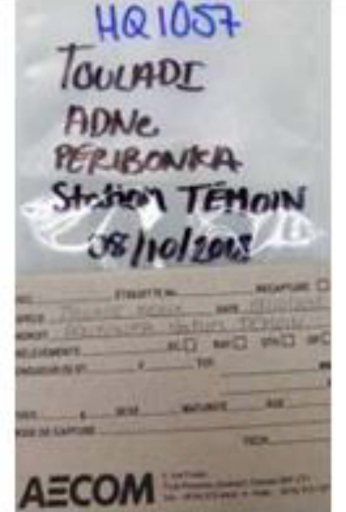


HQ1053	Pont contre-courant				
--------	---------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (QUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1054	Pont Rive-droite	 <p> HQ 1054 TOULADI ADNE PERIBONKA Station PONT 08/10/2018 </p> <p> <small> TAGUETTE N° _____ RECAPTURE DATE TOULADI _____ DATE QUINCY _____ STATION PERIBONKA _____ NOUVEAU <input type="checkbox"/> 40 <input type="checkbox"/> 60 <input type="checkbox"/> 80 <input type="checkbox"/> 100 VOLUME (L) _____ DATE DE CAPTURE _____ </small> </p> <p>AECOM</p>			
HQ1055	PE1870	 <p> HQ 1055 TOULADI ADNE PERIBONKA Station PE1870 08/10/2018 </p> <p> <small> TAGUETTE N° _____ RECAPTURE DATE TOULADI _____ DATE QUINCY _____ STATION PERIBONKA _____ NOUVEAU <input type="checkbox"/> 40 <input type="checkbox"/> 60 <input type="checkbox"/> 80 <input type="checkbox"/> 100 VOLUME (L) _____ DATE DE CAPTURE _____ </small> </p>			

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1056	Epi				
--------	-----	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------


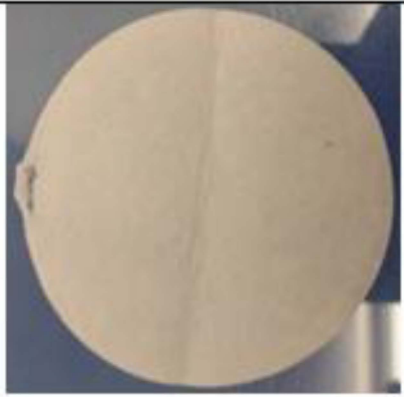
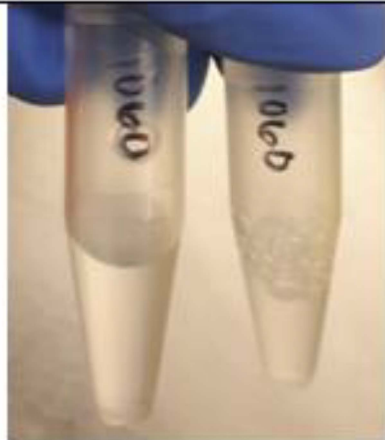

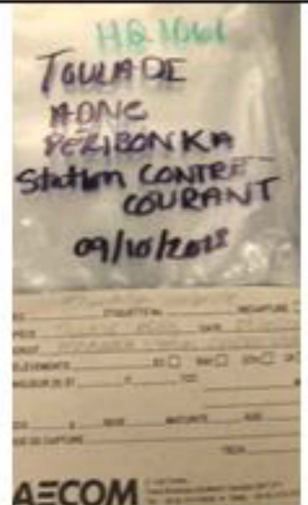
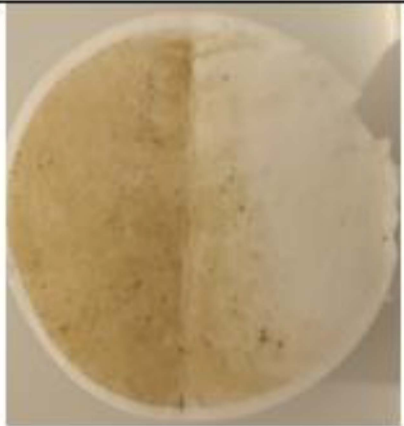


HQ1057	Témoin				
--------	--------	------------------------------------------------------------------------------------	--	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1058	PE1654	 <p>HQ1058 TOULADI ADNE PÉRIBONKA Station 1654 08/10/2018</p> <p>EC: _____ PRODUIT No: _____ RECAPTURE <input type="checkbox"/> RECY: TOULADI ADNE DATE: 08/10/2018 DRON: PÉRIBONKA Station PE1654 SÉVÉRITÉ: AC <input type="checkbox"/> AM <input type="checkbox"/> DM <input type="checkbox"/> GP <input type="checkbox"/> GÉNÉRALIST: F _____ FOR _____ M S: 0 _____ NATURE: AGE _____ CODE CAPTURE: _____ TECH: _____</p> <p>AECOM 2 rue Flandre 93100 La Courneuve (France) Tél: +33 (0)1 49 30 00 00 Fax: +33 (0)1 49 30 00 01</p>			
--------	--------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1059	PE1697	 <p>HQ1059 TOULADI ADNE PÉRIBONKA Station PE1697 08/10/2018</p> <p>EC: _____ PRODUIT No: _____ RECAPTURE <input type="checkbox"/> RECY: TOULADI ADNE DATE: 08/10/2018 DRON: PÉRIBONKA Station PE1697 SÉVÉRITÉ: AC <input type="checkbox"/> AM <input type="checkbox"/> DM <input type="checkbox"/> GP <input type="checkbox"/> GÉNÉRALIST: F _____ FOR _____ M S: 0 _____ NATURE: AGE _____ CODE CAPTURE: _____ TECH: _____</p> <p>AECOM 2 rue Flandre 93100 La Courneuve (France) Tél: +33 (0)1 49 30 00 00 Fax: +33 (0)1 49 30 00 01</p>			
--------	--------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. éch.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1060	Filtre négatif				
HQ1061	Pont contre-courant				

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1062	Pont Rive-droite				
--------	------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1063	Digue A				
--------	---------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------



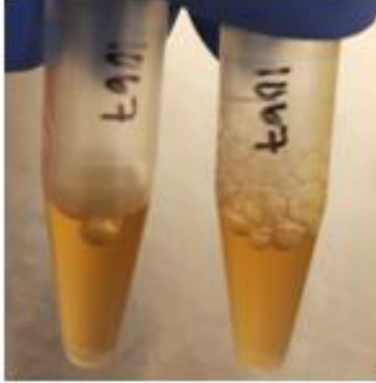

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1064	Digue B	 <p>HQ1064 TOULADI ADNE PERIBONKA A Station DIGUE B 09/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
--------	---------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------



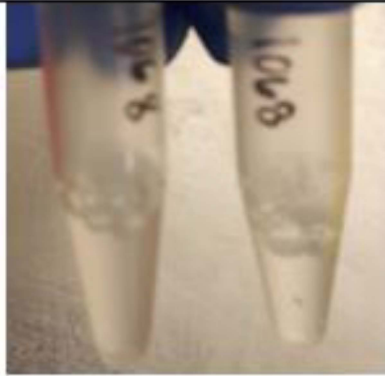

HQ1065	PE1697	 <p>HQ1065 TOULADI ADNE PERIBONKA Station PE1697 09/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
--------	--------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. éch.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OU Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1066	PE1654				
--------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

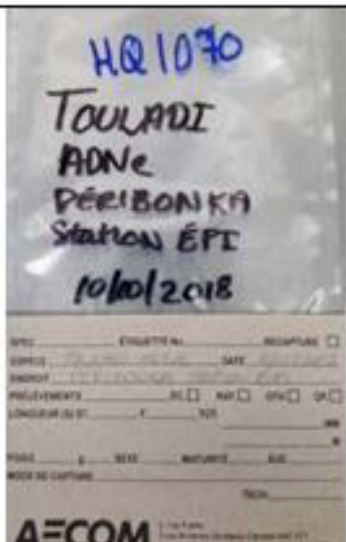


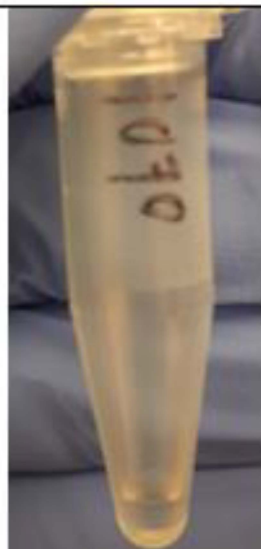
HQ1067	Rivière serpent 2				
--------	-------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (QUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1068	Filtre négatif	 <p>HA 1068 TOULADI ADNE PERIBONKA FILTRE NEGATIF 09/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
--------	----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1069	PE1870	 <p>HQ1069 TOULADI ADNE PERIBONKA Station PE 1870 10/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
--------	--------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (QUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1070	Epi	 <p>HQ1070 TOULADI ADNe PÉRIBONKA Station ÉPI 10/10/2018</p> <p>PROJECT NO. _____ DATE _____ INSTRUMENT _____ PRELIMINARY <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> LOCATION IN ST. _____ SCALE _____ MODE OF CAPTURE _____</p> <p>AECOM</p>			
--------	-----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1071	Pont contre-courant	 <p>HQ1071 TOULADI ADNe PÉRIBONKA Station CONTRE-COURANT 10/10/2018</p> <p>PROJECT NO. _____ DATE _____ INSTRUMENT _____ PRELIMINARY <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> LOCATION IN ST. _____ SCALE _____ MODE OF CAPTURE _____</p> <p>AECOM</p>			
--------	---------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1072	Pont Rive-droite	 <p>HQ1072 TOULADI ADNe PÉRIBANKE Station PONT 10/10/2018</p> <p>NO. _____ ENQUÊTEUR _____ RÉCAPTURE <input type="checkbox"/> DATE _____ HEURE _____ PROF. _____ M. <input type="checkbox"/> M. <input type="checkbox"/> M. <input type="checkbox"/> M. <input type="checkbox"/> COURSE NO. _____ M. _____ NO. _____ HEURE _____ M. _____ NO. DE CAPTURE _____ TECH. _____</p> <p>AECOM</p>			
HQ1073	Témoin	 <p>HQ1073 TOULADI ADNe PÉRIBANKE Station TÉMOIN 10/10/2018</p> <p>NO. _____ ENQUÊTEUR _____ RÉCAPTURE <input type="checkbox"/> DATE _____ HEURE _____ PROF. _____ M. <input type="checkbox"/> M. <input type="checkbox"/> M. <input type="checkbox"/> M. <input type="checkbox"/> COURSE NO. _____ M. _____ NO. _____ HEURE _____ M. _____ NO. DE CAPTURE _____ TECH. _____</p> <p>AECOM</p>			

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1074	PE1697				
--------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1075	PE1654				
--------	--------	------------------------------------------------------------------------------------	--	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1076	Filtre négatif				
--------	----------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

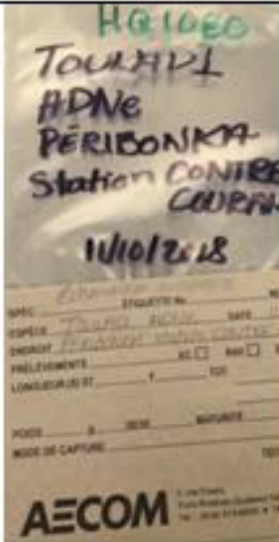

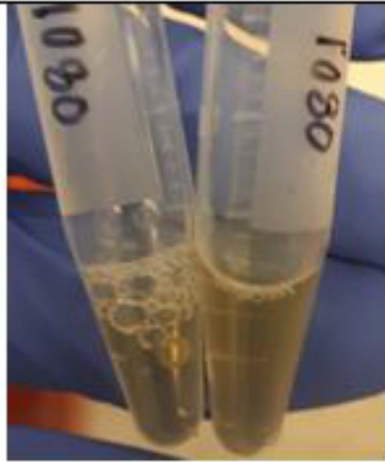

HQ1077	Digue A				
--------	---------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------



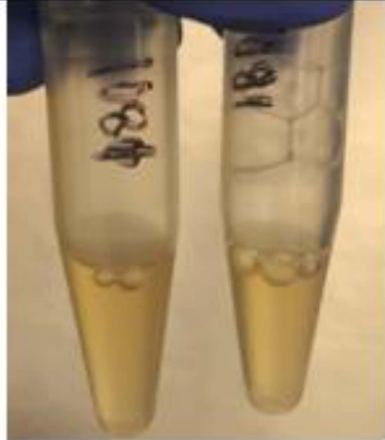

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (QUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1078	Digue B	 <p>HQ1078 TOULADI ADNE PÉRIBONKA A Station DIGUE B 11/10/2018</p> <p>SPC: _____ Échantillon No: _____ RECAPTURE <input type="checkbox"/> PAYS: TOULADI ADNE SAE 11/10/2018 ÉQUIPE: PÉRIBONKA STATION DIGUE B ÉLÉMENTS: <input type="checkbox"/> AC <input type="checkbox"/> AM <input type="checkbox"/> STN <input type="checkbox"/> SA <input type="checkbox"/> LONGUEUR ALUT: _____ F: _____ TOUT: _____ PAYS: _____ SAE: _____ DATE: _____ AECOM</p>			
--------	---------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1079	Pont Rive-droite	 <p>HQ1079 TOULADI ADNE PÉRIBONKA Station PONT 11/10/2018</p> <p>SPC: _____ Échantillon No: _____ RECAPTURE <input type="checkbox"/> PAYS: TOULADI ADNE SAE 11/10/2018 ÉQUIPE: PÉRIBONKA STATION PONT ÉLÉMENTS: <input type="checkbox"/> AC <input type="checkbox"/> AM <input type="checkbox"/> STN <input type="checkbox"/> SA <input type="checkbox"/> LONGUEUR ALUT: _____ F: _____ TOUT: _____ PAYS: _____ SAE: _____ DATE: _____ AECOM</p>			
--------	------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------





<p>HQ1080</p>	<p>Pont contre- courant</p>				
---------------	-------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<p>HQ1081</p>	<p>PE1697</p>				
---------------	---------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. <u>sch.</u>	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (<u>OU</u> Ashredder)	Elution
------------------	---------	-----------	--------	--------------------------------	---------

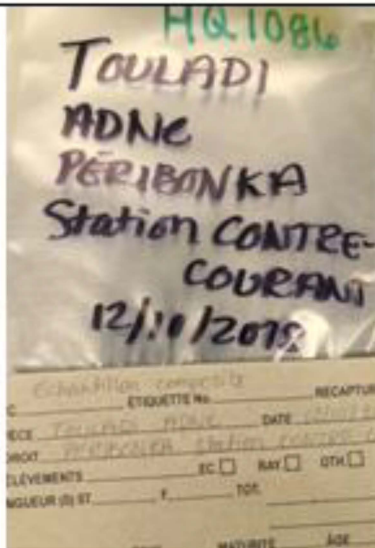

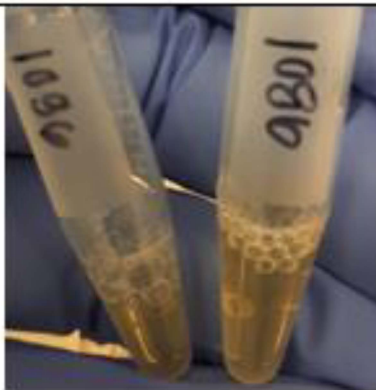
HQ1082	PE1654	 <p>HQ1082 TOULADI ADNE PÉRIBONKA Station PE1654 11/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
HQ1083	Rivières serpent 2	 <p>HQ1083 TOULADI ADNE 2 filtres? PÉRIBONKA Station FRAYÈRE SERPENT 11/10/2018</p> <p>AECOM</p>			

Num. éch.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1084	Filtre négatif				
--------	----------------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1085	PE1870				
--------	--------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

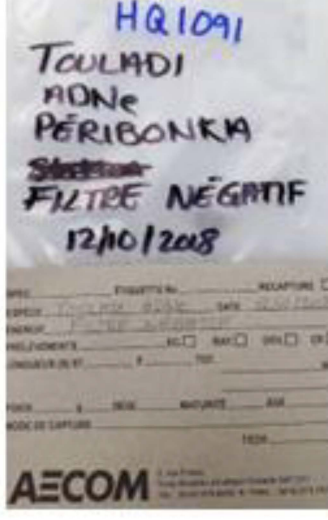

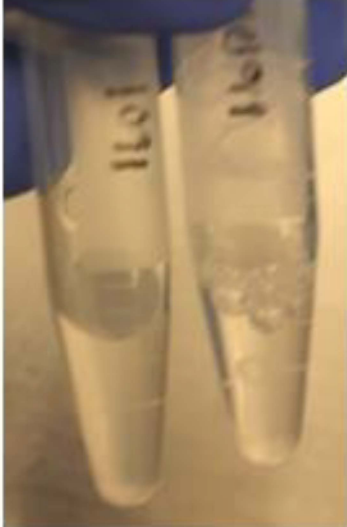

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OU Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1086	Pont contre-courant	 <p>HQ1086 TOULADI ADNE PERIBONKA Station CONTRE-COURANT 12/10/2018</p> <p>ETIQUETTE No. RECAPHOT DATE EC <input type="checkbox"/> BA <input type="checkbox"/> OTH <input type="checkbox"/></p>		 <p>1086 9801</p>	 <p>1084</p>
--------	---------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------


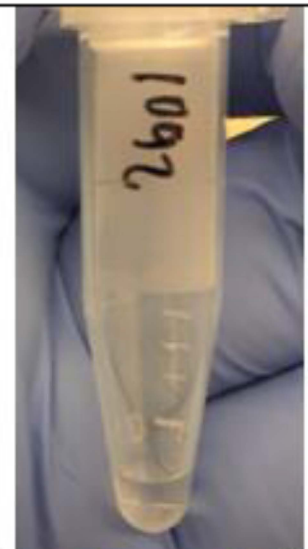
HQ1087	Pont Rive-droite	 <p>HQ1087 TOULADI ADNE PERIBONKA Station FONT 12/10/2018</p> <p>ETIQUETTE No. RECAPHOT DATE EC <input type="checkbox"/> BA <input type="checkbox"/> OTH <input type="checkbox"/></p> <p>AECOM</p>		 <p>1087 1801</p>	 <p>1801</p>
--------	------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1090	Témoin				
--------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1091	Filtre négatif				
--------	----------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. éch.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUI Ashredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	-------------------------	---------

HQ1092	Pont contre-courant	 <p>HQ1092 TOULADI ADNE PÉRIBONKA Station CONTRE-COURANT 13/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
--------	---------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1093	Pont Rive-droite	 <p>HQ1093 TOULADI ADNe PÉRIBONKA Station PONT 13/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
--------	------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

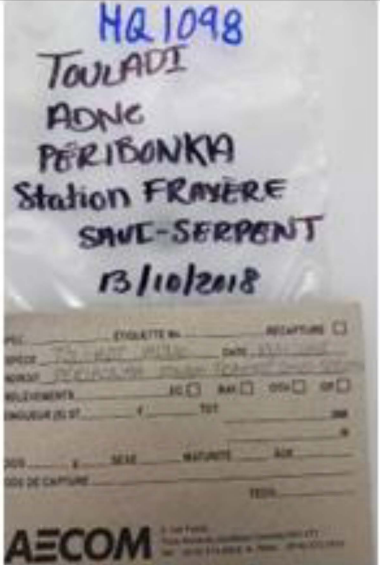
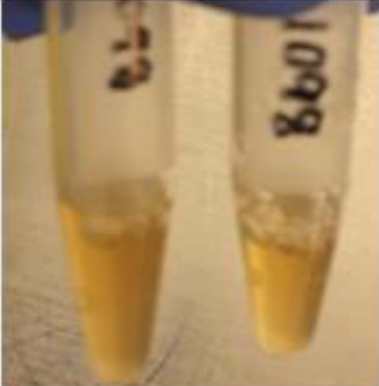

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
HQ1094	Digue A	 <p>HQ 1094 TOULADI ADNC PÉRIBONKA 3 Station DIGUE A 13/10/2018</p> <p>AECOM</p>			
HQ1095	Digue B	 <p>HQ 1095 TOULADI ADNC PÉRIBONKA A Station DIGUE B 13.10/2018</p> <p>AECOM</p>			

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1096	PE1697				
--------	--------	-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

HQ1097	PE1654				
--------	--------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Num. éch.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1098	Rivière serpent 2				
HQ1099	Filtre négatif				

Num. ech.	Station	Enveloppe	Filtre	Filtrat (OUIAshredder)	Elution
-----------	---------	-----------	--------	------------------------	---------

HQ1100

Epi

HQ1100

TOULOUSE
ADNE
PÉRI BOKKA
Station EPI
12/10/2018

SPC: _____ ÉCHANTILLON: _____ INCUBATION:

DATE: _____

PRÉLÈVEMENT: J AM ON ON

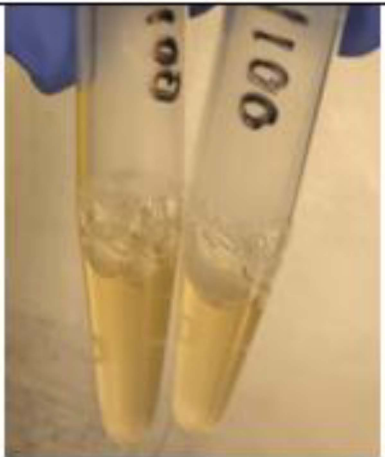
VOLUME DE LIQ: _____

FOUS: _____

MODE DE CAPTURE: _____

TECH: _____

AECOM



Annexe E Stations de pêches échantillonnées dans le réservoir de la Péribonka en 2018

Engin/Activité	Date		Site	Station/ID	Latitude	Longitude	Fin du transect ou de la ligne de collecteurs		Profondeur	Profondeur maximale	Vitesse 0,2	Vitesse (0,8)	Vitesse 0,6
	Début	Fin					Latitude	Longitude					
Prélèvement d'eau (ADN)	03-10-2018	11-10-2018	PE1870		49°48'14,59" N	-71°10'24,997" O							
Prélèvement d'eau (ADN)	03-10-2018	11-10-2018	Épi		49°48'02,416" N	-71°10'24,166" O							
Prélèvement d'eau (ADN)	03-10-2018	14-10-2018	Pont		49°45'10,217" N	-71°11'18,357" O							
Prélèvement d'eau (ADN)	03-10-2018	14-10-2018	Pont contre-courant		49°45'09,907" N	-71°11',20,847" O							
Prélèvement d'eau (ADN)	03-10-2018	11-10-2018	Témoin		49°41'29,508" N	-71°11'48,748" O							
Prélèvement d'eau (ADN)	03-10-2018	12-10-2018	PE1697		49°39'22,296" N	-71°11'20,306" O							
Prélèvement d'eau (ADN)	03-10-2018	12-10-2018	PE1654		49°37'11,082" N	-71°11'0,624" O							
Prélèvement d'eau (ADN)	04-10-2018	12-10-2018	Digue A		49°30'59,10" N	-71°10'54,63" O							
Prélèvement d'eau (ADN)	04-10-2018	12-10-2018	Digue B		49°31'11,91" N	-71°11'8,39" O							
Prélèvement d'eau (ADN)	04-10-2018	12-10-2018	Rivière Serpent		49°35'49,44" N	-71°15'16,77" O							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T1	49,5180715	71,1834855							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T2	49,5179728	71,1833232							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T3	49,5178695	71,1832433							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T4	49,5177747	71,1830575							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T5	49,5175813	71,1828127							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T6	49,517455	71,182667							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T7	49,517313	71,18247							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T8	49,5171652	71,1822407							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T9	49,517047	71,18209							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T10	49,516905	71,1819665							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T11	49,5167287	71,1816745							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T12	49,5166195	71,1815248							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T13	49,5164783	71,1813177							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T14	49,5163072	71,1811215							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T15	49,5161822	71,1809907							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T16	49,516103	71,180807							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T17	49,5158863	71,1805693							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T18	49,5157792	71,1803947							

Engin/Activité	Date		Site	Station/ID	Latitude	Longitude	Fin du transect ou de la ligne de collecteurs		Profondeur	Profondeur maximale	Vitesse 0,2	Vitesse (0,8)	Vitesse 0,6
	Début	Fin					Latitude	Longitude					
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T19	49,515683	71,180238							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T20	49,5154808	71,1800678							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T21	49,515407	71,1798627							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T22	49,5152915	71,1797158							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T23	49,5151205	71,1794692							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T24	49,5149885	71,1793437							
Transect	24-09-2018	24-09-2018	DIGUE_A	T25	49,5148803	71,1791607							
Transect	22-09-2018	22-09-2018	DIGUE_B	T1	49,5203295	71,1855175							
Transect	22-09-2018	22-09-2018	DIGUE_B	T2	49,5202078	71,185412							
Transect	22-09-2018	22-09-2018	DIGUE_B	T3	49,5201238	71,1853878							
Transect	22-09-2018	22-09-2018	DIGUE_B	T4	49,5200428	71,1851848							
Transect	22-09-2018	22-09-2018	DIGUE_B	T5	49,5199367	71,1850943							
Transect	22-09-2018	22-09-2018	DIGUE_B	T6	49,5198548	71,185032							
Transect	22-09-2018	22-09-2018	DIGUE_B	T7	49,519756	71,1848887							
Transect	22-09-2018	22-09-2018	DIGUE_B	T8	49,5196637	71,1847872							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T1	49,801006	71,1734768							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T2	49,8009807	71,1733378							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T3	49,8009168	71,1733938							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T4	49,8008795	71,1733283							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T5	49,8008455	71,1733072							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T6	49,8007808	71,1733422							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T7	49,800715	71,1733283							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T8	49,8006473	71,1733268							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T9	49,8005993	71,1733522							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T10	49,8004895	71,1734262							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T11	49,8004505	71,1733777							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	ÉPI	T12	49,8003773	71,173445							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T1	49,6195633	71,1835127							

Engin/Activité	Date		Site	Station/ID	Latitude	Longitude	Fin du transect ou de la ligne de collecteurs		Profondeur	Profondeur maximale	Vitesse 0,2	Vitesse (0,8)	Vitesse 0,6
	Début	Fin					Latitude	Longitude					
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T2	49,6196163	71,1835413							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T3	49,619657	71,183538							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T4	49,6196957	71,1835078							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T5	49,6197358	71,183483							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T6	49,6197638	71,1834593							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T7	49,6197855	71,1834255							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T8	49,6198193	71,1833857							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T9	49,6198562	71,1833252							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PE1654	T10	49,6198632	71,1832682							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T1	49,6565558	71,1888567							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T2	49,6565622	71,1888532							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T3	49,6565243	71,1888688							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T4	49,6564947	71,1888772							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T5	49,6564568	71,1888902							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T6	49,6564233	71,1889115							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T7	49,6563958	71,188897							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T8	49,6563962	71,1889352							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T9	49,656359	71,1889475							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T10	49,656331	71,1889568							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T11	49,6563028	71,188936							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T12	49,6562605	71,1889513							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T13	49,6562155	71,1889837							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T14	49,6561885	71,1890028							
Transect	19-09-2018	19-09-2018	PE1697	T15	49,6561955	71,1890028							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	T1	49,805185	71,1730502							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	T2	49,8052407	71,17304							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	T3	49,8048432	71,174257							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	T4	49,8053303	71,1732008							

Engin/Activité	Date		Site	Station/ID	Latitude	Longitude	Fin du transect ou de la ligne de collecteurs		Profondeur	Profondeur maximale	Vitesse 0,2	Vitesse (0,8)	Vitesse 0,6
	Début	Fin					Latitude	Longitude					
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	T5	49,8040547	71,1740422							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	T6	49,8039693	71,173832							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	T7	49,8042138	71,1733465							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	T8	49,8040223	71,172575							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	T9	49,8033698	71,1734218							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T1	49,7530285	71,1889885							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T2	49,7530073	71,1889283							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T3	49,7529505	71,1889052							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T4	49,7529328	71,1888925							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T5	49,752851	71,1887053							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T6	49,752767	71,1885422							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T7	49,7527618	71,1884342							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T8	49,7527503	71,1883282							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T9	49,7527992	71,1881212							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T10	49,7527577	71,1882147							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T11	49,7527538	71,1882687							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T12	49,752868	71,1880502							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T13	49,752969	71,1881885							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T14	49,7530508	71,1881365							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T15	49,7531057	71,1882845							
Transect	20-09-2018	20-09-2018	PONT RD	T16	49,7531563	71,1883893							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T1	49,7520355	71,1868937							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T2	49,752094	71,186911							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T3	49,7520725	71,186953							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T4	49,7521253	71,1869823							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T5	49,7521173	71,1870548							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T6	49,7521375	71,187125							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T7	49,7521722	71,1871933							

Engin/Activité	Date		Site	Station/ID	Latitude	Longitude	Fin du transect ou de la ligne de collecteurs		Profondeur	Profondeur maximale	Vitesse 0,2	Vitesse (0,8)	Vitesse 0,6
	Début	Fin					Latitude	Longitude					
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T8	49,7522202	71,1872847							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T9	49,7522677	71,1874073							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T10	49,7523238	71,187435							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T11	49,7525012	71,1874508							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T12	49,7524365	71,1874432							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T13	49,7525125	71,1873783							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T14	49,7525752	71,1870123							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T15	49,7524735	71,1867727							
Transect	21-09-2018	21-09-2018	PONT RG	T16	49,7522395	71,18625							
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	1	49.75235386	-71.18654248	49.75241496	-71.18675840					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	2	49.75260548	-71.18711606	49.75256642	-71.18737145					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	3	49.75247565	-71.18680081	49.75256047	-71.18695730					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	4	49.75197382	-71.18667190	49.75200668	-71.18673946					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	5	49.75211481	-71.18690961	49.75217683	-71.18709208					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	6	49.75259995	-71.18731471	49.75236920	-71.18739107					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	7	49.75323480	-71.18849463	49.75313589	-71.18827620					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	8	49.75309901	-71.18810956	49.75300840	-71.18803999					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	9	49.75294093	-71.18806388	49.75282685	-71.18816732					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	10	49.75280548	-71.18815206	49.75278494	-71.18831936					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	11	49.75278209	-71.18840016	49.75283431	-71.18854358					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	18-09-2018	15-10-2018	Pont	12	49.75285660	-71.18861834	49.75292944	-71.18874382					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Pont	1	49,517988	-71,183381	49,517973	-71,183386					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Pont	2	49,517606	-71,182807	49,517232	-71,182346					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Pont	3	49,517202	-71,182406	49,51686	-71,181811					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Pont	4	49,516793	-71,181799	49,516489	-71,181364					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Pont	5	49,516382	-71,18132	49,516033	-71,180688					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	13-10-2018	PE1870	1	49,805361	-71,173429	49,805358	-71,173756					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	13-10-2018	PE1870	2	49,805199	-71,173135	49,8052	-71,17346					

Engin/Activité	Date		Site	Station/ID	Latitude	Longitude	Fin du transect ou de la ligne de collecteurs		Profondeur m	Profondeur maximale m	Vitesse 0,2 m/s	Vitesse (0,8) m/s	Vitesse 0,6 m/s
	Début	Fin					Latitude	Longitude					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	13-10-2018	PE1870	3	49,805074	-71,173833	49,804949	-71,174089					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	13-10-2018	PE1870	4	49,804911	-71,17383	49,804696	-71,174021					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	13-10-2018	PE1870	5	49,803163	-71,173578	49,802986	-71,17401					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	13-10-2018	Épi	1	49,800995	-71,173432	49,800772	-71,173337					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	13-10-2018	Épi	2	49,800706	-71,173402	49,800391	-71,173483					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	15-10-2018	PE1654	1	49,619858	-71,183194	49,619525	-71,183482					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	15-10-2018	PE1654	2	49,619886	-71,183162	49,619533	-71,183569					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	15-10-2018	PE1654	3	49,619524	-71,183575	49,619591	-71,183636					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	15-10-2018	PE1697	1	49,656546	-71,18882	49,656066	-71,189014					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	15-10-2018	PE1697	2	49,656593	-71,18883	49,656031	-71,189054					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	22-09-2018	15-10-2018	PE1697	3	49,65656	-71,18887	49,656122	-71,189044					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Digue A	1	49,517988	-71,183381	49,517973	-71,183386					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Digue A	2	49,517606	-71,182807	49,517232	-71,182346					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Digue A	3	49,517202	-71,182406	49,51686	-71,181811					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Digue A	4	49,516793	-71,181799	49,516489	-71,181364					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Digue A	5	49,516382	-71,18132	49,516033	-71,180688					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Digue B	1	49,520269	-71,185529	49,519987	-71,185173					
Ligne de Collecteurs d'oeufs	24-09-2018	15-10-2018	Digue B	2	49,519952	-71,185157	49,519606	-71,184661					
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-1	49,805327	-71,17344			2,2		0,83	0,31	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-2	49,805221	-71,173274			2,05		0,35	0,31	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-3	49,805154	-71,173552			1,85			0,23	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-4	49,805323	-71,173592			3,3		0,18	0,33	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-5	49,804442	-71,173136			1,65			0,66	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-6	49,804337	-71,173026			1,4			1,15	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-7	49,803866	-71,173799			3,7		0,73	0,51	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-8	49,803595	-71,173752			1,6			0,32	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-9	49,803159	-71,173398			1			0,92	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-10	49,803011	-71,174075			3,4		0,71	0,56	

Engin/Activité	Date		Site	Station/ID	Latitude	Longitude	Fin du transect ou de la ligne de collecteurs		Profondeur	Profondeur maximale	Vitesse 0,2	Vitesse (0,8)	Vitesse 0,6
	Début	Fin					Latitude	Longitude					
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-11	49,803217	-71,173984			3,3		0,6	0,7	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	PE1870	1870-12	49,803555	-71,173261			2,2		0,52	0,55	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-1	49,800985	-71,173393			1,95				0,02
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-2	49,800879	-71,173349			1,8				0,06
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-3	49,800858	-71,173333			0,8				0,04
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-4	49,800798	-71,173319			0,9				0,06
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-5	49,800715	-71,173349			1,1				0,05
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-6	49,80066	-71,173343			1,82				0,02
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-7	49,800583	-71,173371			1,8				0,02
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-8	49,800529	-71,173386			1,8				0,05
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-9	49,800459	-71,173411			1,4				0,07
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	EPI	épi-10	49,800394	-71,173459			2,6		0,31	0,33	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-1	49.75217038	-71.18590303			3,75		0,03	0,1	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-2	49.75238990	-71.18658146			2,95		0	0,1	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-3	49.75258771	-71.18734983			3		0,53	0,59	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-4	49.75188740	-71.18648658			3,45		0,02	0,02	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-5	49.75217407	-71.18707147			1,95		0	0,02	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-6	49.75240415	-71.18740054			2,05		0,12	0,02	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-7	49.75317386	-71.18835205			2,6		0	0	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-8	49.75305609	-71.18816044			2		0,01	0,01	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-9	49.75297747	-71.18811954			1,3		0,29	0,35	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-10	49.75280070	-71.18821861			1,78		0,05	0	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-11	49.75279139	-71.18844140			1,2		0,14	0,06	
Vitesse	21-09-2018	21-09-2018	Pont	pont-12	49.75300538	-71.18895463			1,75		0,02	0	
Filet monté à 25%	03-10-2018	11-10-2018	PE1870	F01	49.80411178	-71.17403442			6,5				
Filet monté à 25%	03-10-2018	09-10-2018	ÉPI	F02	49.80086831	-71.17374072			5,7				
Filet monté à 25%	03-10-2018	09-10-2018	Pont	F03	49.75264957	-71.18606027			8,2				
Filet monté à 25%	03-10-2018	09-10-2018	Pont	F04	49.75350981	-71.18798032			2,2				

Engin/Activité	Date		Site	Station/ID	Latitude	Longitude	Fin du transect ou de la ligne de collecteurs		Profondeur m	Profondeur maximale m	Vitesse 0,2 m/s	Vitesse (0,8) m/s	Vitesse 0,6 m/s
	Début	Fin					Latitude	Longitude					
Filet monté à 25%	03-10-2018	14-10-2018	Pont	F05	49.75192521	-71.18763012			13				
Filet monté à 25%	03-10-2018	14-10-2018	Pont	F06	49.75238563	-71.18855020			13				
Filet monté à 25%	03-10-2018	12-10-2018	PE1697	F07	49.65666228	-71.18964471			23				
Filet monté à 25%	03-10-2018	12-10-2018	PE1697	F08	49.65596248	-71.18945880			14				
Filet monté à 25%	03-10-2018	12-10-2018	PE1654	F09	49.62027736	-71.18366908			19,3				
Filet monté à 25%	03-10-2018	12-10-2018	PE1654	F10	49.61983924	-71.18413478			14				
Filet monté à 25%	05-10-2018	14-10-2018	Pont	F11	49.75178179	-71.18717079			1,5				
Filet monté à 25%	05-10-2018	14-10-2018	Pont	F12	49.75265871	-71.18899553			7				
Filet monté à 25%	05-10-2018	05-10-2018	Pont	F13	49.74949689	-71.18763071							
Filet monté à 25%	06-10-2018	12-10-2018	DIGUE B	F14	49.51958137	-71.18555845			16				
Filet monté à 25%	06-10-2018	12-10-2018	DIGUE A	F15	49.51674803	-71.18241943			13,5				
Filet monté à 25%	06-10-2018	12-10-2018	DIGUE A	F16	49.51762260	-71.18349524			15,5				
Filet monté à 25%	06-10-2018	12-10-2018	DIGUE A	F17	49.51600179	-71.18134772			16				
Filet monté à 25%	06-10-2018	12-10-2018	DIGUE A	F18	49.51503167	-71.17981047			10				
Filet monté à 25%	06-10-2018	08-10-2018	DIGUE A	F19	49.51393481	-71.17998490			9				
Filet monté à 25%	07-10-2018	07-10-2018	Pont	F20	49.74904980	-71.18793664			15	20			
Filet monté à 25%	07-10-2018	07-10-2018	Pont	F21	49.75041060	-71.18913769			13	22			
Filet monté à 25%	07-10-2018	07-10-2018	Pont	F22	49.74816986	-71.18810839			23	31			
Filet monté à 25%	07-10-2018	07-10-2018	Pont	F23	49.74663589	-71.18812884			20	30			
Filet monté à 25%	07-10-2018	07-10-2018	Pont	F24	49.75164936	-71.18844048			18	21			
Filet monté à 25%	07-10-2018	07-10-2018	Pont	F25	49.75390384	-71.18634308			10	15			
Filet monté à 25%	11-10-2018	11-10-2018	Épi	F27	49.80011310	-71.17535583			2,5				
Filet monté à 25%	13-10-2018	13-10-2018	Pont	F28	49,752126	-71,189325			2	4,2			

**Annexe F Effort de pêche réalisé dans le réservoir de la Péribonka
lors des pêches nocturnes en 2018**

N° station	Site	Engin	Date de pose	Heure de pose	Heure de levée			Espèces capturées						Total capture	Durée	CPUE	
					L1	L2	L3	SAVI	SANA	CACA	CACO	ESLU	LOLO				COCL
F01	PE1870		03-oct	16:45	19:05	21:17			6					6	4,53	1,32	
F01	PE1870		05-oct	16:48	19:55	22:55			2				2	4	8	6,12	1,31
F01	PE1870		07-oct	16:15	20:25	22:50			5		1			2	8	6,58	1,22
F01	PE1870		09-oct	16:22	19:10	22:12			6		1		4	2	13	5,83	2,23
F01	PE1870		11-oct	15:17	17:45	20:30	22:26			6				1	7	7,15	0,98
F02	Épi		03-oct	16:00	18:02	20:15						2		1	3	4,25	0,71
F02	Épi		05-oct	16:57	19:50	22:01			3						3	5,67	0,53
F02	Épi		07-oct	16:20	20:20	22:50			1					1	2	6,50	0,31
F02	Épi		09-oct	16:28	19:19	21:32						1			1	5,67	0,18
F03	PontRGAmont		03-oct	16:18	20:35						1	1		4	6	4,28	1,40
F03	PontRGAmont		09-oct	16:40	20:05	22:10			1					1	2	5,50	0,36
F04	PontRDAmont		03-oct	16:22	18:50	21:07						1			1	4,75	0,21
F04	PontRDAmont		09-oct	16:49	18:59	21:18									0	4,48	0,00
F05	PontRGAval		03-oct	16:26	20:45	22:33				1				2	4	6,12	0,65
F05	PontRGAval		05-oct	16:01	19:20	21:35	23:38				1		2	2	5	7,62	0,66
F05	PontRGAval		07-oct	16:22	20:00	22:30	01:03		1		1				2	8,68	0,23
F05	PontRGAval		09-oct	16:50	19:54	22:10					1			1	2	5,33	0,38
F05	PontRGAval		11-oct	15:55	17:50	19:58	22:00			1					1	6,83	0,15
F05	PontRGAval		13-oct	17:24	19:50	22:02									0	4,63	0,00
F05	PontRGAval		14-oct	17:30	19:37	21:50									0	4,33	0,00
F06	PontRDAval		03-oct	16:31	20:55	22:45			4				1		5	6,23	0,80
F06	PontRDAval		05-oct	16:03	19:16	21:30	23:45						1		1	7,70	0,13
F06	PontRDAval		07-oct	16:18	19:40	22:05	00:45		8						8	8,45	0,95
F06	PontRDAval		09-oct	16:58	19:40	21:42	00:40		8						8	6,10	1,31
F06	PontRDAval		11-oct	15:50	17:00	19:20	21:36		7	2			1		10	6,77	1,48
F06	PontRDAval		13-oct	17:10	19:20	21:42			12	2					14	4,53	3,09
F06	PontRDAval		14-oct	17:20	19:25	21:35			1			1	3		5	4,25	1,18
F07	PE1697		03-oct	17:09	19:15	21:40		1,0		1					2	4,52	0,44
F07	PE1697		05-oct	17:28	19:31	23:10				1					1	5,70	0,18
F07	PE1697		06-oct	16:28	19:05	22:40									0	6,20	0,00
F07	PE1697		07-oct	16:25	19:10	23:25				1		1			2	7,00	0,29
F07	PE1697		08-oct	16:49	18:58	22:05				1					1	5,27	0,19
F07	PE1697		08-oct	16:33	19:21	22:50				3	1				4	6,28	0,64
F07	PE1697		12-oct	16:30	18:58	21:22									0	4,87	0,00
F08	PE1697		03-oct	17:15	19:21	21:45									0	4,50	0,00
F08	PE1697		05-oct	17:35	19:37	23:18				1					1	5,72	0,17
F08	PE1697		06-oct	16:25	18:51	22:48									0	6,38	0,00
F08	PE1697		07-oct	16:30	19:22	23:38						1			1	7,13	0,14
F08	PE1697		09-oct	17:00	19:03	22:10									0	5,17	0,00
F08	PE1697		09-oct	16:37	19:27	22:58									0	6,35	0,00
F08	PE1697		12-oct	16:35	19:02	21:34									0	4,98	0,00
F09	PE1654		03-oct	17:24	19:30	21:50									0	4,43	0,00
F09	PE1654		05-oct	17:13	19:47	23:10									0	5,95	0,00
F09	PE1654		06-oct	16:10	19:10	22:38									0	6,47	0,00
F09	PE1654		07-oct	16:15	19:03	23:31		1,0				1			2	7,27	0,28
F09	PE1654		08-oct	16:31	19:00	22:04						1			1	5,55	0,18
F09	PE1654		09-oct	16:50	19:23	22:52				1	0				1	6,33	0,16
F09	PE1654		12-oct	16:40	19:04	21:20						1			1	4,67	0,21
F10	PE1654		03-oct	17:27	19:42	22:00				1			1		2	4,55	0,44
F10	PE1654		05-oct	17:19	19:53	22:50		1,0		1		1	1		4	5,52	0,73
F10	PE1654		06-oct	16:14	19:03	22:32									0	6,30	0,00
F10	PE1654		07-oct	16:20	19:10	23:36				2					2	7,27	0,28
F10	PE1654		08-oct	16:37	19:06	22:10		1,0		0					1	5,55	0,18
F10	PE1654		09-oct	16:54	19:30	23:00									0	6,10	0,00
F10	PE1654		12-oct	16:45	19:10	21:30						2			2	4,75	0,42
F11	PontRGAval		05-oct	16:04	19:22	21:38	23:50					1		2	4	7,77	0,51
F11	PontRGAval		13-oct	17:28	19:50	22:03							1		1	4,58	0,22
F11	PontRGAval		14-oct	17:35	19:38	21:53				1					1	4,30	0,23

N° station	Site	Engin	Date de pose	Heure de pose	Heure de levée			Espèces capturées						Total capture	Durée	CPUE	
					L1	L2	L3	SAVI	SANA	CACA	CACO	ESLU	LOLO				COCL
F12	PontRDaval		05-oct	16:10	19:20					1					1	3,17	0,32
F12	PontRDaval		09-oct	20:15	22:00	00:45			5				1		6	2,75	2,18
F12	PontRDaval		11-oct	15:45	17:15	19:44	21:50		4						4	6,83	0,59
F12	PontRDaval		13-oct	17:20	19:35	21:51									0	4,52	0,00
F12	PontRDaval		14-oct	17:25	19:31	21:41									0	4,27	0,00
F13	PontRGaval		05-oct	20:14	23:52					2					2	3,63	0,55
F14	DigueB		06-oct	17:14	19:33	23:00				2					2	5,77	0,35
F14	DigueB		08-oct	16:25	19:39	23:02			1			1			2	6,62	0,30
F14	DigueB		10-oct	16:31	18:57	21:25						1		1	2	4,90	0,41
F14	DigueB		12-oct	16:15	19:13	22:10				2			2	1	5	5,92	0,85
F15	DigueA		06-oct	17:20	19:37	23:10				1					1	5,83	0,17
F15	DigueA		08-oct	16:21	19:42	23:05									0	6,73	0,00
F15	DigueA		10-oct	16:36	19:02	21:34									0	4,97	0,00
F15	DigueA		12-oct	16:20	19:20	22:13									0	5,88	0,00
F16	DigueA		06-oct	17:28	19:42	23:15		1,0							1	5,78	0,17
F16	DigueA		08-oct	16:16	19:48	23:09									0	6,88	0,00
F16	DigueA		10-oct	16:40	19:07	21:38									0	4,97	0,00
F16	DigueA		12-oct	16:23	19:27	22:20									0	5,95	0,00
F17	DigueA		06-oct	17:31	19:45	23:23		1,0							1	5,87	0,17
F17	DigueA		08-oct	16:12	19:54	23:12									0	7,00	0,00
F17	DigueA		10-oct	16:43	19:11	21:44				1					1	5,70	0,18
F17	DigueA		12-oct	16:27	19:20	22:10									0	5,72	0,00
F18	DigueA		06-oct	17:34	19:48	23:10		1,0							1	5,60	0,18
F18	DigueA		08-oct	16:08	19:45	23:05		2,0							2	6,95	0,29
F18	DigueA		10-oct	16:46	19:15	21:50									0	5,67	0,00
F18	DigueA		12-oct	16:31	19:14	22:15		1,0							1	5,73	0,17
F19	DigueA		06-oct	17:36	19:53	23:20		1,0					1		2	5,73	0,35
F19	DigueA		08-oct	16:05	19:37	23:15									0	7,17	0,00
F20	Pont Prof		07-oct	14:49	21:40					1					1	6,85	0,15
F21	Pont Prof		07-oct	14:55	21:42									2	2	6,78	0,29
F22	Pont Prof		07-oct	15:04	21:35					2					2	6,52	0,31
F23	Pont Prof		07-oct	15:11	21:32					2					2	6,35	0,31
F24	Pont Prof		07-oct	15:29	21:48										0	6,32	0,00
F25	PontRDAmont		05-oct	16:37	19:00	21:50									0	5,22	0,00
F27	Épi		11-oct	15:22	17:50	20:25	22:20								0	6,97	0,00
F28	PontRDaval		13-oct	17:35	19:41	21:57									0	4,37	0,00
							Total:	11,0	52	63	8	19	22	25	200	542,19	

Annexe G Données des touladis capturés dans le réservoir de la Péribonka en 2012, 2013, 2015 et 2018

Année	Site	Captures de touladi	ID Poisson	Date	# levée	Longueur totale	Sexe	Maturité	Tag AECOM	Recapture	Recapture intra-annuelle	Remarque
						mm	(M/F)	Stade	2018	(avec Tag)		
2012	Pont	1	1	16-oct		635	M	7		2927		
2012	Pont	2	2	16-oct		691	M	7		2928		
2012	Pont	3	3	16-oct		676	M	7		2723		géniteur 2009-lac Manouane
2012	Pont	4	4	17-oct		672	M	6		2929		
2012	Pont	5	5	17-oct		664	M	7		HQ0498		géniteur 2007-lac manouane
2012	Pont	6	2	17-oct			M	7		2928	2928	recapture intra-annuelle
2012	Pont	7	6	18-oct		685	M	6		2930		
2012	Pont	8	7	18-oct		683	M	7		2932		géniteur 2009-lac Manouane
2013	Pont	1	1	09-oct		684	M	7		2928		géniteur-souche et année ind
2013	Pont	2	2	09-oct		705	M	6		2930		
2013	Pont	3	3	09-oct		701	M	6		2932		géniteur 2009-lac Manouane
2013	Pont	4	4	09-oct		655	M	6		4003		
2013	Pont	5	5	09-oct		715	M	6		4004		
2013	Pont	6	6	09-oct		723	M	6		2723		géniteur 2009-lac Manouane
2013	Epi	7	7	09-oct		632	M	6		4051		
2013	Pont	8	8	09-oct		664	M	6		4053		
2013	Pont	9	9	09-oct		705	M	5		4054		
2013	Pont	10	10	10-oct		703	M	6		4006		
2013	Pont	11	10	11-oct			M	6		4006	4006	recapture intra-annuelle
2013	Pont	12	11	12-oct		650	M	7		4007		
2013	Pont	13	12	12-oct		653	F	5		4008		fémmelle
2013	Pont	14	13	12-oct		711	M	5		4009		
2013	Pont	15	14	12-oct		750	M	6		4010		
2013	Pont	16	15	12-oct		681	F	5		4011		fémmelle
2013	Pont	17	16	14-oct		721	M	7		4012		
2013	Pont	18	17	15-oct		682	M	7		4057		
2015	Pont	1	1	12-oct	L1	643	M	5	26			
2015	Pont	2	2	12-oct	L1	750	M	5	28			
2015	Pont	3	3	12-oct	L1	703	M	5	29			
2015	Pont	4	4	12-oct	L1	745	M	5	30			
2015	Pont	5	5	12-oct	L1	775	M	5	31			
2015	Pont	6	6	12-oct	L1	783	M	5	32			
2015	Pont	7	7	12-oct	L1	719	M	5	33			
2015	Pont	8	8	12-oct	L1	732	M	5	34			
2015	Pont	9	9	12-oct	L1	740	M	5	35			
2015	Pont	10	10	12-oct	L1	676	M	5	36			
2015	Pont	11	11	12-oct	L1	753	M	5	37			
2015	Pont	12	12	12-oct	L1	703	M	5	38			
2015	Pont	13	13	12-oct	L1	750	M	5	39			
2015	Pont	14	14	12-oct	L1	752	M	5		4010 tag rose/rouge		Recapture Envill
2015	Pont	15	15	12-oct	L1	709	M	5	40			
2015	Pont	16	16	12-oct	L1	748	M	5		HQ 2930		Recapture Envill
2015	Pont	17	17	12-oct	L1	665	M	5	41			
2015	Pont	18	4	12-oct	L2	745	M	5		AECOM 30	30	Recapture intra-annuelle
2015	Pont	19	6	14-oct	L1	783	M	5		AECOM 32	32	Recapture intra-annuelle
2015	Pont	20	18	14-oct	L2	682	M	5	42			
2015	Pont	21	6	14-oct	L3	783	M	5	43*		32	AECOM 32 devient AECOM 43 (tag 32 perdu dans le filet)- recapture intra-annuelle
2015	Pont	22	19	14-oct	L3	685	M	7		HQ 0498		Recapture Envill
2015	Pont	23	20	16-oct	L1	725	M	7		HQ 4003 rose/rouge		Recapture Envill
2015	Pont	24	19	16-oct	L1	685	M	7		HQ0498	498	Recapture Envill et recapture intra-annuelle
2015	Pont	25	9	18-oct	L1	740	M	7		AECOM 035	35	Recapture intra-annuelle
2018	PontRDaval	1	1	03-oct	L1	708	M	6	23			
2018	PontRDaval	2	2	03-oct	L1	670	M	6	22			
2018	PontRDaval	3	3	03-oct	L1	800	M	6	20			
2018	PontRDaval	4	4	03-oct	L1	809	M	6		KAWE1985_Rouge		Tagué aux pêches printanières 2018
2018	PontRGaval	5	2	03-oct	L2		M	6		AECOM 22	22	Recapture intra-annuelle
2018	PontRDaval	6	5	07-oct	L1	828	M	6	19			
2018	PontRDaval	7	6	07-oct	L1	802	M	6	18			
2018	PontRDaval	8	7	07-oct	L2	815	M	6	17			
2018	PontRDaval	9	8	07-oct	L2	858	F	5	15			fémmelle
2018	PontRDaval	10	9	07-oct	L2	848	M	6	13			
2018	PontRGaval	14	2	07-oct	L2		M	6		AECOM 22	22	Recapture intra-annuelle
2018	PontRDaval	11	10	07-oct	L3	750	M	6	KAWE2003_jaune			
2018	PontRDaval	12	11	07-oct	L3	787	M	6	KAWE2006_jaune			
2018	PontRDaval	13	12	07-oct	L3	797	M	6	KAWE2001_jaune			
2018	PontRDaval	15	13	09-oct	L1	800	M	6		HQ 2930		TagHQjaune, donc Recapture Envill; sperme récolté
2018	PontRDaval	16	14	09-oct	L1	803	M	6	1			
2018	PontRDaval	18	15	09-oct	L1	834	F	6	2			fémmelle et Oeufs récoltés
2018	PontRDaval	24	16	09-oct	L2	732	M	6	3			
2018	PontRDaval	25	17	09-oct	L2	762	M	6	5			
2018	PontRDaval	26	18	09-oct	L2	854	M	6	6			
2018	PontRDaval	20	19	09-oct	L1	712	M	6	8			

Année	Site	Captures de touladi	ID Poisson	Date	# levée	Longueur totale	Sexe	Maturité	Tag AECOM	Recapture	Recapture intra-annuelle	Remarque
						mm	(M/F)	Stade	2018	(avec Tag)		
2018	PontIRDAval	21	20	09-oct	L1	787	M	6		HQ 4003 rose/rouge		Recapture Enville
2018	PontIRDAval	22	21	09-oct	L1	800	M	6	9			bléssure ancien tag
2018	PontIRDAval	23	22	09-oct	L1	802	M	6	KAWÉ101_vert			
2018	PontIRDAval	19	1	09-oct	L1		M	6		AECOM 23	23	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	17	9	09-oct	L1		M	6		AECOM 13	13	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	27	7	09-oct	L2		M	6		AECOM 17	17	Recapture intra-annuelle
2018	DigueA	28	23	10-oct	L1	732	M	6	KAWÉ176_vert			manque 1 oeil
2018	PontIRDAval	29	25	11-oct	L1	706	M	6	51			
2018	PontIRDAval	30	10	11-oct	L1		M	6		KAWÉ2003_jaune	2003	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	31	26	11-oct	L2	700	M	6		HQ 0498_jaune		Recapture Enville, semble avoir frayé
2018	PontIRDAval	38	28	11-oct	L3	796	F	6	55			femelle
2018	PontIRDAval	32	29	11-oct	L2	821	M	6	53			
2018	PontIRDAval	33	15	11-oct	L2		F	6		AECOM 2	2	femelle, Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	34	18	11-oct	L2		M	6		AECOM 6	6	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	35	3	11-oct	L2		M	6		AECOM 20	20	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	36	11	11-oct	L2		M	6	54	KAWÉ2006_jaune	2006	Recapture intra-annuelle; *KAWÉ2006 devient AECOM 54- tag précaire
2018	PontIRDAval	37	20	11-oct	L2		M	6	52	HQ 4003 rose/rouge	4003	Recapture intra-annuelle; *HQ4003 devient AECOM 52- tag précaire
2018	PontIRDAval	39	17	11-oct	L3		M	6		AECOM 5	5	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	40	10	13-oct	L1		M	6		KAWÉ2003_jaune	2003	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	41	19	13-oct	L1		M	6		AECOM 8	8	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	42	3	13-oct	L1		M	6		AECOM 20	20	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	43		13-oct	L1		M	7		AECOM 56	56	Recapture intra-annuelle; tag original perdu et non identifié, impossible de retracer la première capture
2018	PontIRDAval	44	12	13-oct	L1		M	7		KAWÉ2001_jaune	2001	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	45	26	13-oct	L1		M	7		HQ 0498_jaune	498	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	46	1	13-oct	L1		M	7	57	AECOM 23	23	Recapture intra-annuelle; *AECOM23 devient AECOM 57- tag précaire
2018	PontIRDAval	47	5	13-oct	L2		M	6		AECOM 19	19	Recapture intra-annuelle
2018	PontIRDAval	48	11	13-oct	L2		M	6	54	KAWÉ2006_jaune	2006	Recapture intra-annuelle; *KAWÉ2006 devient AECOM 54- tag précaire
2018	PontIRDAval	49	30	13-oct	L2	852	M	6	58			

**Annexe H Écailles et estimations de l'âge des touladis capturés dans
le réservoir de la Péribonka en 2018**

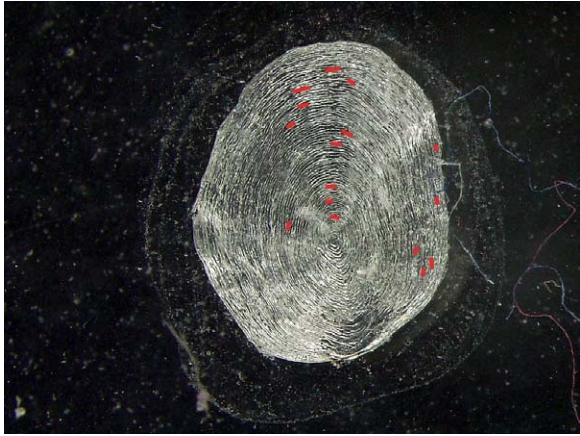


image0001_15

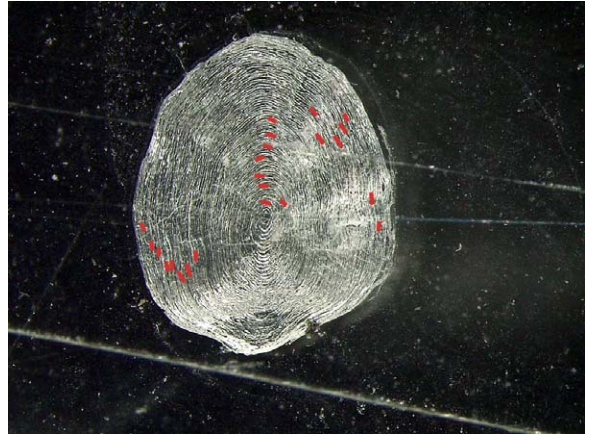


image0002_16

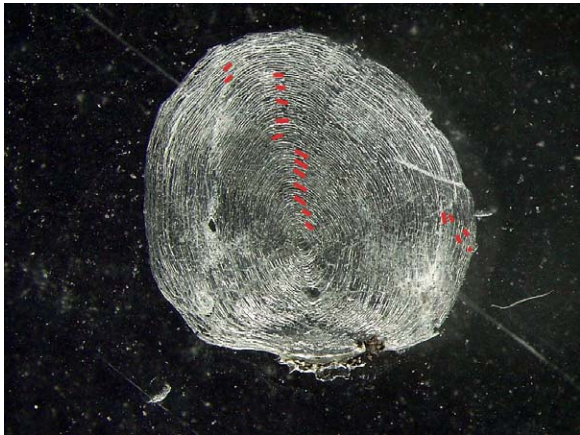


image0003_18

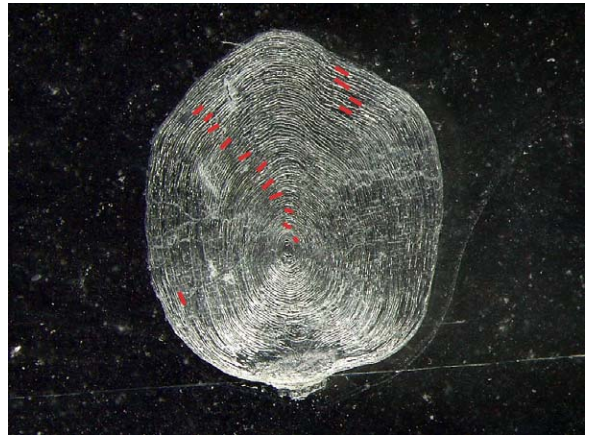


image0004_14

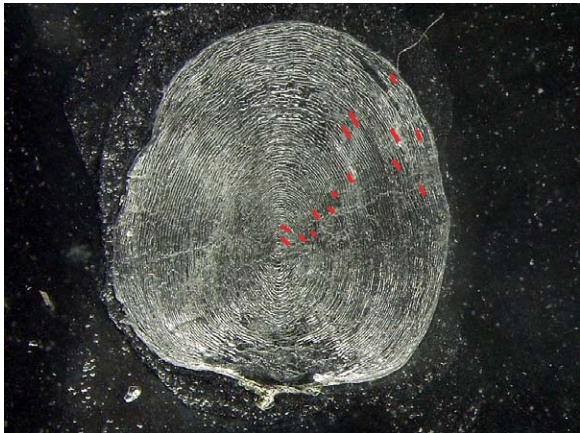


image0005_15

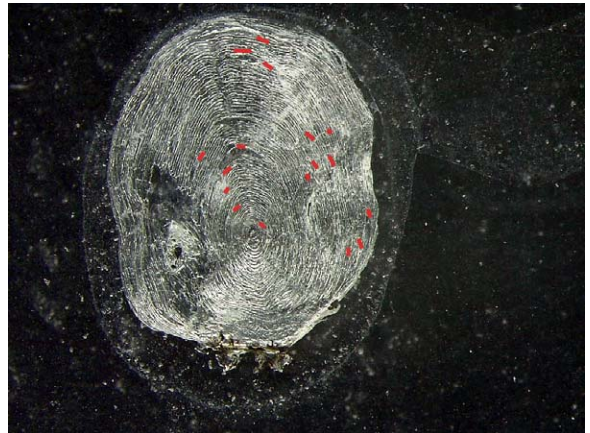


image0006_14

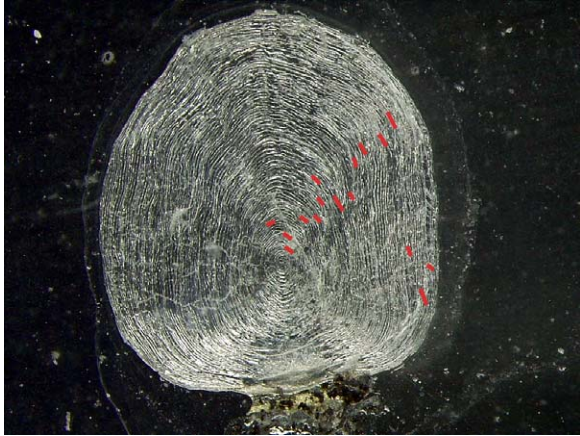


image0007_16



image0008_13



image0009_14



image0010_15

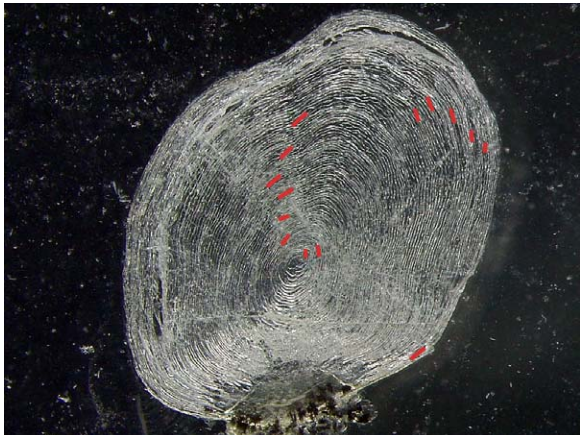


image0011_14

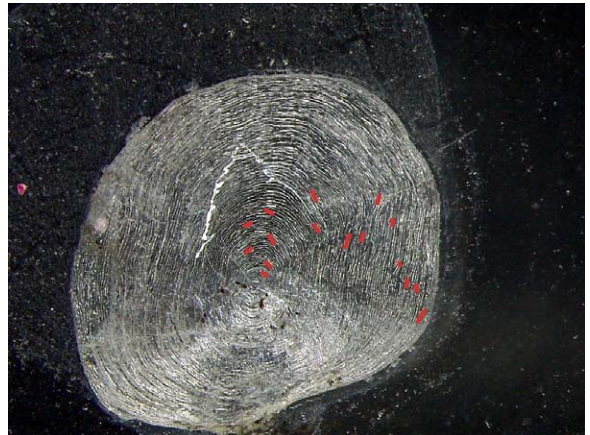


image0012_16

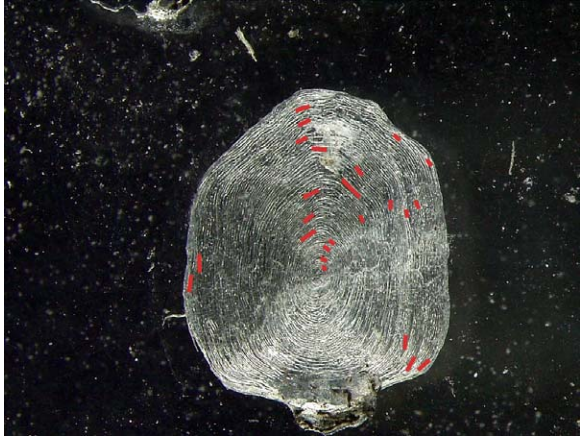


image0013_16

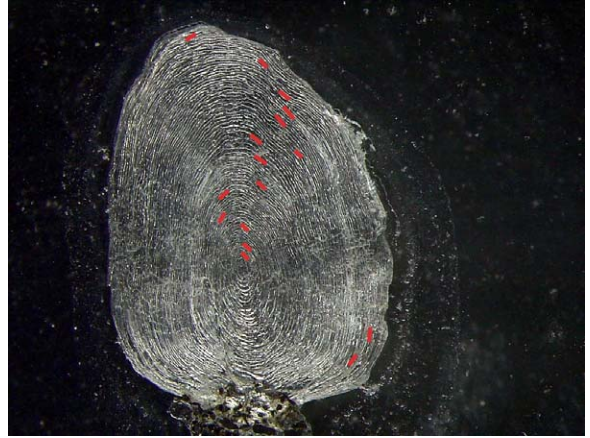


image0014_14

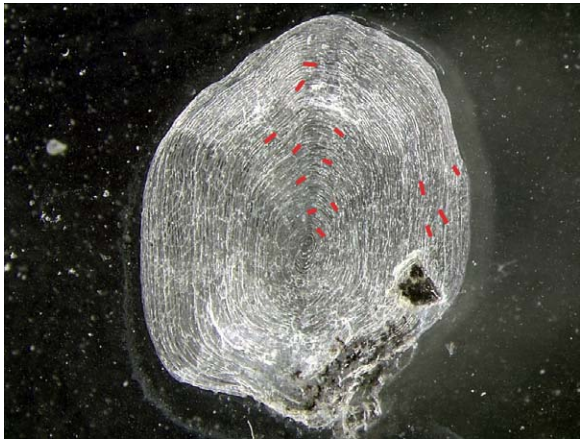


image0015_14

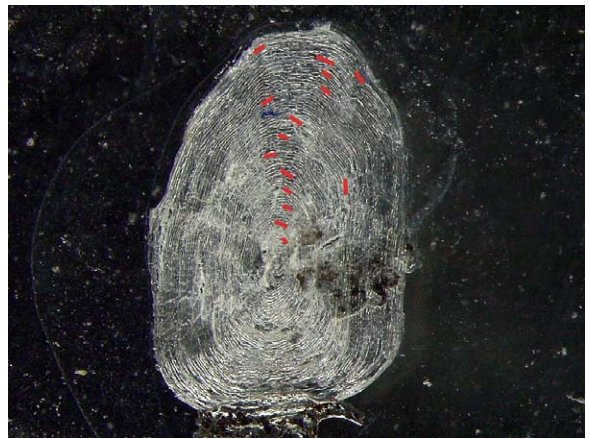


image0016_15



image0017_15

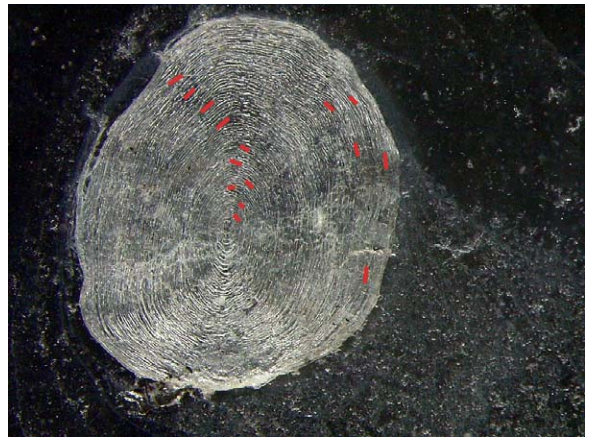


image0018_14



image0019_14

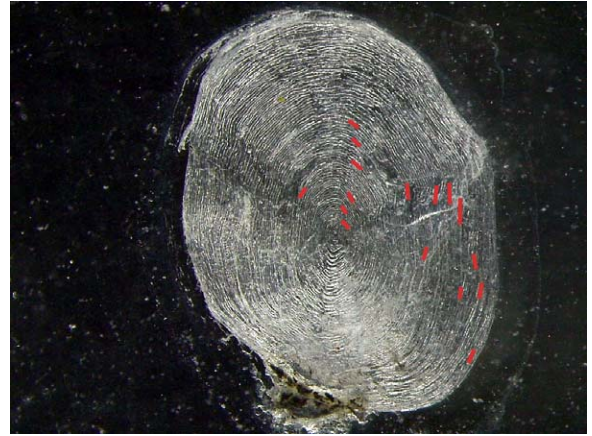


image0020_16

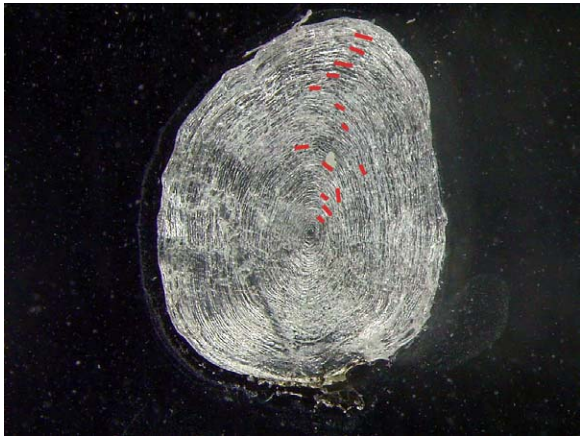


image0021_14

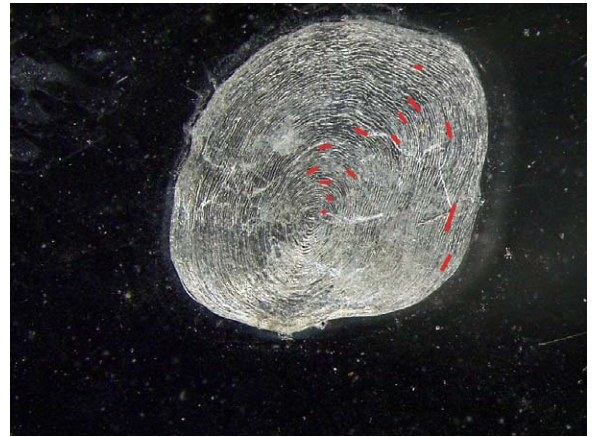


image0022_14

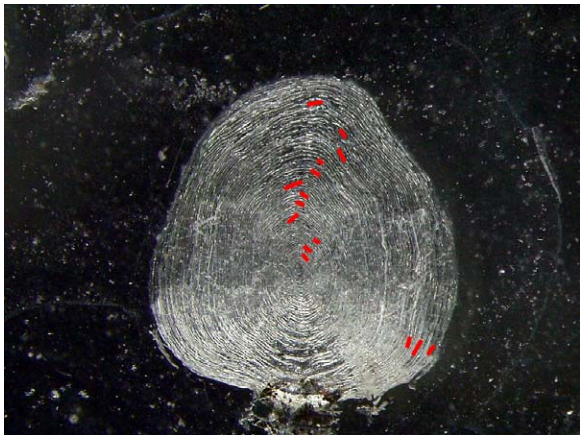


image0023_14



image0025_16

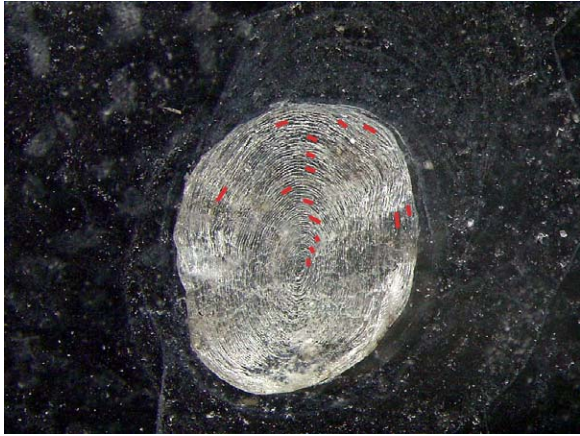


image0026_14

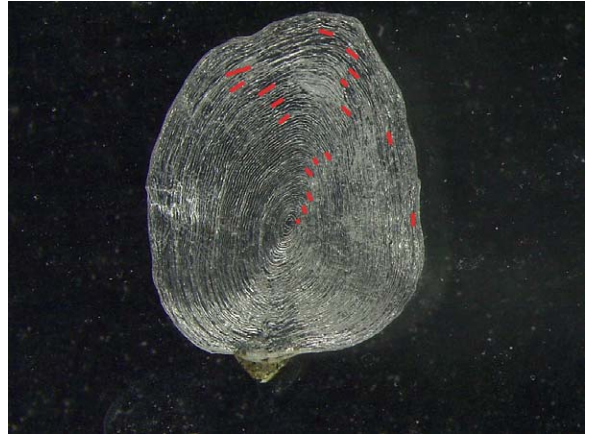


image0028_14

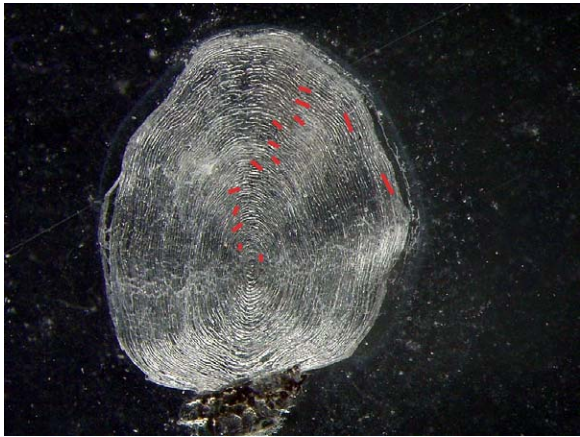


image0029_14

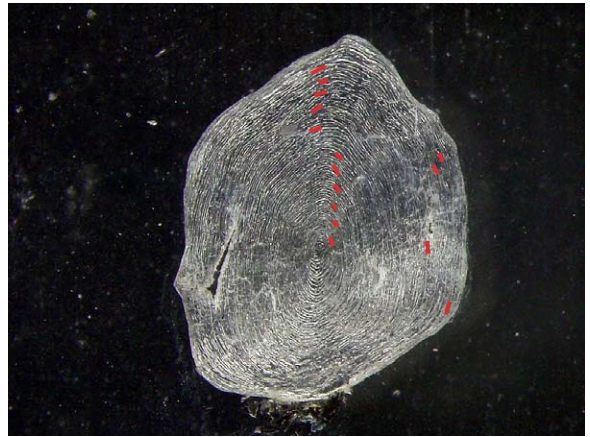


image0030_14

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://www.instagram.com/aecom).