



RÉPERCUSSIONS DE L'ENTRETIEN DU DRAIN AGRICOLE DU RUISSEAU BEAVER SUR LE BROCHET VERMICULÉ (*ESOX AMERICANUS VERMICULATUS*), UNE ESPÈCE EN PÉRIL

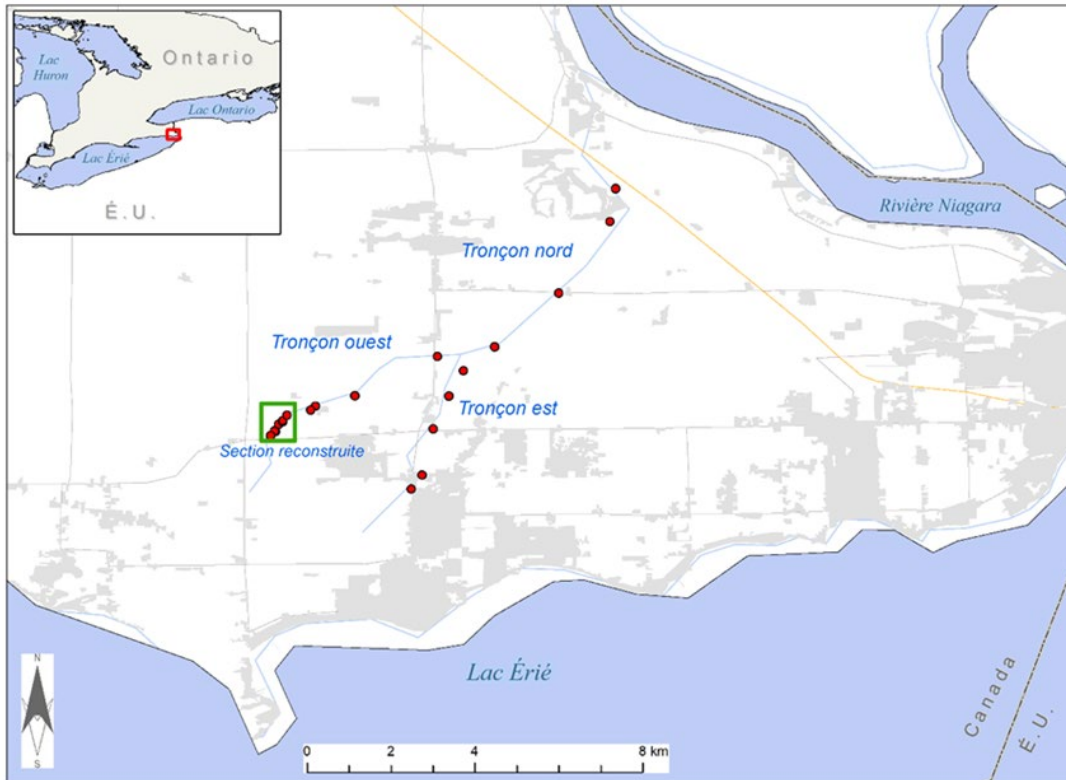


Figure 1. Lieu de l'étude : ruisseau Beaver à Fort Erie (Ontario). Le carré vert représente l'endroit où les activités d'entretien et de reconstruction du drain se sont déroulées.

Contexte

On a dû procéder à l'entretien du drain du ruisseau Beaver pour dégager les obstructions et améliorer le drainage de terres privées. Le ruisseau Beaver compte une importante population résidente de brochets vermiculés (*Esox americanus vermiculatus*), une espèce préoccupante au Canada en vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP). Les besoins particuliers en matière d'habitat du brochet vermiculé sont incompatibles avec les travaux de drainage habituels. Pêches et Océans Canada (MPO) a effectué des études sur la communauté de poissons, l'habitat et la population de brochets vermiculés dans le ruisseau Beaver avant et après les travaux d'entretien, afin de déterminer l'incidence de ces derniers et d'élaborer des techniques de surveillance pour les travaux futurs.

Le présent avis scientifique découle de l'examen par des pairs régional du 4 au 5 octobre, 2016 sur les Répercussions de l'entretien des drains agricoles sur le brochet vermiculé (*Esox americanus vermiculatus*), une espèce de poisson en péril, du ruisseau Beaver. Toute autre publication découlant de

cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

SOMMAIRE

- Le bassin hydrographique du ruisseau Beaver, situé dans le sud-ouest de l'Ontario, comprend environ 37,3 km² de terres principalement agricoles et ses eaux s'écoulent dans le ruisseau Black, un affluent de la rivière Niagara. Le ruisseau Beaver est considéré comme un drain municipal et peut donc faire l'objet d'un entretien périodique. Une importante population de brochets vermiculés (*Esox americanus vermiculatus*), une espèce en péril au Canada, est présente dans le ruisseau Beaver et pourrait être touchée par les travaux d'entretien de drains entrepris dans le bassin hydrographique.
- À l'automne 2011, le bras ouest du ruisseau Beaver a fait l'objet de travaux d'entretien et de reconstruction qui s'appuyaient sur les principes d'aménagement naturel des chenaux. Environ 2,8 ha d'habitat du poisson dans le ruisseau Beaver ont été touchés par ces travaux. L'état naturel du bras est du ruisseau Beaver a été préservé.
- Pour déterminer s'il y avait des répercussions sur la communauté de poissons du ruisseau, et plus particulièrement sur la population de brochets vermiculés, le MPO a effectué un suivi à long terme de la communauté et de l'habitat du ruisseau Beaver de 2009 à 2013 et en 2015.
- À deux occasions, une baisse de la population de brochets vermiculés a été observée dans le ruisseau Beaver au cours de la présente étude. Après la période d'échantillonnage de 2009, une première baisse de l'abondance a été observée lors de l'échantillonnage estival de 2010. La deuxième baisse a été observée lors d'une période de sécheresse importante en 2012. Ces baisses ont été observées dans toute la zone étudiée.
- Selon une étude sur l'âge et la croissance des brochets vermiculés dans le ruisseau Beaver et le ruisseau Jones (situé dans l'est de l'Ontario), on a déterminé que les brochets vermiculés avaient tous entre 0 (jeunes de l'année) et 8 ans, d'après l'examen de leur cleithrum. Selon les estimations fondées sur la longueur selon l'âge, les brochets vermiculés capturés dans le ruisseau Beaver en 2009 présentaient des taux de croissance beaucoup plus faibles que ceux capturés en 2011.
- La comparaison des structures recommandées pour la détermination de l'âge a montré que les écailles n'étaient pas suffisamment fiables pour l'estimation de l'âge des brochets vermiculés, contrairement au cleithrum. Lorsqu'on a déterminé l'âge à partir des écailles, les estimations étaient souvent sous-estimées. Les estimations fondées sur la longueur selon l'âge étaient fiables, et une relation importante entre le rayon du cleithrum et la longueur corporelle a été établie.
- On a réalisé une analyse génétique de la population à l'aide d'échantillons de tissus prélevés dans l'aire de répartition canadienne du brochet vermiculé afin de déterminer la structure de la population de l'espèce au Canada. Les résultats préliminaires ne montrent aucun signe de la structure de cette population. Par conséquent, les conclusions de l'étude menée dans le ruisseau Beaver devraient s'appliquer à l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce au Canada, lorsque les milieux sont semblables.
- Une étude sur les déplacements du brochet vermiculé dans le ruisseau Beaver réalisée à l'aide d'étiquettes à transpondeur passif intégré (TPI) a montré que le brochet vermiculé peut franchir une distance correspondant à celle de la zone de travaux d'entretien du drain

Région du Centre et de l'Arctique

(0,5 à 1 km), ce qui indique que l'espèce pourrait recoloniser la zone après les travaux. Toutefois, peu d'individus (13,3 % en 2009 et 5,6 % en 2010) se sont déplacés sur de telles distances.

- Les déplacements sur de longues distances (0,9 à 3,1 km) effectués par des brochets vermiculés dans le ruisseau Beaver étaient irréguliers (non cyclique) et aucun signe de migration n'a été observé au cours de l'étude des déplacements. Les déplacements sur de longues distances ont été effectués la plupart du temps par des poissons de grande taille et en bonne santé.
- On a effectué une modélisation par simulation pour déterminer l'incidence de la quantité d'habitat sur la taille de la population de brochets vermiculés dans le ruisseau Beaver, et pour fournir des estimations de la taille minimale d'une population viable et de la superficie minimale pour assurer la viabilité de la population. Lorsqu'elles étaient disponibles, les données propres au ruisseau Beaver ont été utilisées pour l'estimation des paramètres du modèle. Toutefois, il était nécessaire d'utiliser des données tirées de publications scientifiques pour estimer la fécondité, la mortalité et les besoins en matière de superficie par individu.
- D'après les estimations de la superficie de l'habitat propres au stade du cycle vital, calculées à partir des données sur le niveau de l'eau de 2010-2011 et d'une analyse de la zone inondée basée sur le système d'information géographique (SIG), le modèle de population a prédit que le nombre de brochets vermiculés adultes dans le principal affluent est limité par la quantité d'habitat requise pour les poissons d'âge 1+. L'habitat des jeunes de l'année devient limité lorsque la quantité d'habitat disponible est inférieure à 60 000 m². L'habitat de fraie n'est pas limité, à moins qu'une grande superficie par femelle soit nécessaire au succès de la fraie ou que la superficie de l'habitat inondé soit inférieure à 100 000 m² pendant la période de fraie.
- La taille minimale d'une population viable requise pour l'atteinte d'une probabilité de persistance de 99 % sur 100 ans, si la probabilité de catastrophe (soit une réduction ponctuelle de 50 % de la population) est de 15 % par génération, correspond à 1 653 brochets vermiculés d'âge 3+. Pour se maintenir, une population de cette taille nécessite 14 853 m² d'habitat pour les individus d'âge 1+, 4 921 m² d'habitat pour les jeunes de l'année et 7 992 m² d'habitat pour la fraie.
- On a effectué des analyses avant-après-contrôle-impact (BACI) à plusieurs échelles temporelles afin de déterminer l'incidence des travaux d'entretien et de reconstruction du drain sur l'habitat, l'abondance du brochet vermiculé et la communauté de poissons en général. Des effets importants ont été observés sur l'abondance du brochet vermiculé et sur les conditions de l'habitat, notamment concernant la conductivité, la couverture végétale, la température de l'eau et la profondeur de l'eau. C'est dans la section reconstruite que les effets ont été les plus néfastes.
- Après les travaux d'entretien et de reconstruction du drain, la section reconstruite du ruisseau Beaver a été recolonisée par le brochet vermiculé. L'abondance du brochet vermiculé, mesurée par les captures par unité d'effort (CPUE), a augmenté dans la section reconstruite après les travaux d'entretien et de reconstruction. On ne sait pas si cette augmentation des CPUE est due au déplacement d'individus provenant d'autres endroits du ruisseau vers la section reconstruite ou à l'augmentation de la production de brochets vermiculés dans la section reconstruite.

Région du Centre et de l'Arctique

- La création de fosses plus profondes a probablement atténué les effets de la sécheresse de 2012 et a protégé la population de brochets vermiculés présente dans la section reconstruite d'un épisode de mortalité.
- Puisque les brochets vermiculés se déplacent rarement sur de longues distances, les travaux de drainage devraient être effectués à l'extérieur des zones où l'abondance du brochet vermiculé est élevée (de préférence en aval), dans la mesure du possible.
- Les futures activités d'entretien du drain dans les zones fréquentées par le brochet vermiculé devraient s'appuyer sur les principes d'aménagement naturel des chenaux. Les travaux de reconstruction devraient inclure la création de fosses plus profondes afin de fournir un habitat et un refuge où la vitesse du courant est faible, lors de l'abaissement du niveau d'eau, ainsi que des zones peu profondes à faible débit où des macrophytes aquatiques submergés peuvent s'établir. Lors de travaux d'entretien et de reconstruction, on devrait tenter de conserver le caractère complexe des chenaux, un habitat de plaine inondable fonctionnel et des liens entre la plaine inondable et le chenal principal. Ces éléments ont été intégrés au plan de reconstruction du ruisseau Beaver. Toutefois, on ignore quels auraient été les effets sur la population de brochets vermiculés et l'habitat en l'absence de ces éléments d'aménagement naturel des chenaux.
- La présence d'une population source et sa capacité de dispersion lors de la recolonisation d'une zone reconstruite à la suite de travaux menés dans le cours d'eau devraient être prises en compte lors de la planification des travaux d'entretien et de reconstruction futurs.
- Chaque fois que l'occasion se présente, on devrait intégrer aux prochains projets de drainage des activités de suivi menées avant et après les travaux afin d'accroître le nombre d'études de cas disponibles en vue de réduire les incertitudes liées aux effets néfastes de ces activités et de prendre des décisions éclairées concernant les effets de l'entretien de drains sur les espèces de poissons en péril. On devrait mener des activités de suivi le plus longtemps possible avant et après les travaux de drainage afin de détecter les changements relatifs à l'habitat et à l'abondance de l'espèce. La présente étude a démontré que le fait de modifier la durée du suivi peut influencer la capacité de détection des effets néfastes des travaux d'entretien et de reconstruction du drain sur la population de poissons et l'habitat.
- Les projets de suivi devraient inclure des activités d'échantillonnage normalisées aux différents sites, d'une année à l'autre. Également, il faudrait mettre en œuvre un plan d'étude comportant des analyses statistiques rigoureuses.

INTRODUCTION

Bon nombre des cours d'eau du sud de l'Ontario sont considérés comme des drains municipaux et sont donc assujettis à des activités d'entretien en vertu de la *Loi sur le drainage* (1990) pour qu'on puisse assurer une capacité et un débit d'eau adéquats en vue d'empêcher l'inondation des terres agricoles et des infrastructures rurales. Habituellement, les activités d'entretien de drains comprennent le retrait des sédiments accumulés et de la végétation aquatique connexe par l'entremise de travaux de dragage et de la canalisation des cours d'eau, en vue d'améliorer le débit d'eau. Malgré tout, les poissons utilisent quand même les drains municipaux (Stammler *et al.* 2008); toute activité d'entretien peut donc avoir une incidence sur les communautés de poissons et leur habitat. Parmi les effets des travaux de drainage sur l'habitat des poissons, nous retrouvons la modification des régimes d'écoulement (Bukaveckas 2007), la réduction de la végétation riveraine (Hupp 1992), l'augmentation des sédiments en suspension (Simon 1989) et la réduction de la complexité du substrat (Lau *et al.* 2006). Ces changements

de l'habitat peuvent entraîner une réduction de la diversité de la communauté de poissons, touchant particulièrement les espèces écosensibles (Lau *et al.* 2006).

Le brochet vermiculé (*Esox americanus vermiculatus*) est une espèce souvent présente dans les drains agricoles (municipaux) de toute son aire de répartition au Canada, ce qui comprend le sud de l'Ontario et le Québec (COSEPAC 2005). Le brochet vermiculé est un prédateur présent dans des eaux à végétation abondante et à faible courant qui contiennent souvent des débris ligneux (Scott et Crossman 1998). En raison des préférences en matière d'habitat de l'espèce et de sa tendance à occuper des drains municipaux dans l'ensemble de son aire de répartition canadienne, les travaux de drainage constituent l'une des plus grandes menaces possible pesant sur le rétablissement du brochet vermiculé au Canada (COSEPAC 2005).

Le bassin hydrographique du ruisseau Beaver, situé dans le sud de l'Ontario, comprend environ 37,3 km² de terres principalement agricoles (UEM 2011) et ses eaux s'écoulent dans le ruisseau Black, un affluent de la rivière Niagara. Le ruisseau Beaver est considéré comme un drain municipal (depuis 1903), mais il ne semble pas avoir fait l'objet de travaux de drainage récents. L'état naturel du ruisseau Beaver a donc été préservé (UEM 2011). Le ruisseau Beaver abrite une importante population de brochets vermiculés, donc toute activité d'entretien peut avoir des effets néfastes sur la population. À l'automne 2011, des travaux d'entretien et de reconstruction ont été effectués dans une section de 988 m du bras ouest du ruisseau Beaver. Ces travaux ont donc eu des répercussions sur 2,8 ha d'habitat du poisson, depuis la zone des travaux jusqu'à la décharge en aval. On a intégré des éléments d'aménagement naturel des chenaux à la conception de la reconstruction afin d'atténuer les répercussions des travaux d'entretien du drain sur le brochet vermiculé. On a créé cinq fosses dans le chenal du ruisseau, ainsi que deux fosses hors du chenal, dans les plaines inondables, afin d'améliorer le stockage de l'eau et de créer un habitat saisonnier supplémentaire pour les poissons.

Pêches et Océans Canada (MPO) a effectué des études sur la communauté de poissons, l'habitat et la population de brochets vermiculés dans le ruisseau Beaver avant et après les travaux de drainage, afin de déterminer leur incidence et d'élaborer des techniques de suivi pour les prochains projets.

Le présent rapport résume les conclusions et l'avis formulés durant la réunion d'examen par les pairs du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) qui s'est déroulée à Burlington, en Ontario, les 4 et 5 octobre 2016. Trois documents de recherche ont été présentés : un résumé de l'activité d'échantillonnage dans le ruisseau Beaver (Colm et Mandrak 2021); une étude sur l'âge et la croissance du brochet vermiculé fondée sur deux populations nordiques (Colm *et al.* 2020); une étude sur les effets des travaux d'entretien et de reconstruction du drain sur la communauté de poissons, l'habitat et la population de brochet vermiculé dans le ruisseau Beaver (Glass *et al.* 2021). Ces documents de recherche présentent les renseignements résumés ci-dessous de façon détaillée. Des présentations sur les déplacements des brochets vermiculés dans le ruisseau Beaver, la modélisation de la population présente dans le ruisseau Beaver et la génétique de cette population au Canada ont également été effectuées. De plus, des modifications ont été apportées dans le guide d'atténuation en ce qui concerne les activités ayant une incidence sur le brochet vermiculé (Coker *et al.* 2010) et le guide a été mis à jour (Coker *et al.* 2021). Des comptes rendus documentant les discussions et les conclusions de la réunion sont également disponibles (DFO 2017).

ÉVALUATION

Méthodes

Conception de l'étude

L'étude a été menée dans trois tronçons du ruisseau Beaver : le bras est qui a été maintenu dans son état naturel; le bras ouest où les travaux d'entretien et de reconstruction du drain ont été effectués dans un segment de 988 m à l'automne 2011, en y intégrant des éléments d'aménagement naturel des chenaux; le bras nord, en aval de la confluence des bras est et ouest (Figure 1).

L'échantillonnage dans la communauté de poissons a été effectué par le personnel du MPO de 2009 à 2013 et en 2015. En 2009 et 2010, des échantillons ont été prélevés à quatre sites différents dans le bras est (aux traversées routières des chemins Nigh, Gorham et Garrison, et de la rue Bertie; Tableau 1). Au cours des années subséquentes, au lieu de prélever des échantillons sur les traversées routières des chemins Nigh et Gorham, on les a prélevés à un seul site, soit une traversée sur un terrain privé entre le chemin Garrison et la rue Bertie (appelée terrain de Ben dans le Tableau 1), en raison de problèmes d'accès. Pour le bras ouest, des échantillons ont été prélevés aux traversées routières des chemins Garrison, House et Stevensville. Pour le bras nord, des échantillons ont été prélevés aux traversées routières des chemins Winger, Bowen et College, et de la rue Eagle (Tableau 1). Dans le bras ouest, lors des travaux de reconstruction de l'automne 2011, on a créé cinq fosses dans le bras principal du ruisseau (dont une a remplacé la fosse existante du chemin Garrison) ainsi que fosses hors du chenal (Figure 1). L'échantillonnage a été effectué dans les fosses, à des sites faciles d'accès adjacents aux traversées routières, à l'aide de sennes de 9,1 m caractérisées par des mailles de 3,2 mm. Les poissons ont été identifiés, comptés et relâchés au site où ils ont été prélevés après le retrait de toutes les sennes. Les variables relatives à l'habitat mesurées au moment de l'échantillonnage comprenaient : la température de l'eau (°C); la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$); l'oxygène dissous (mg/l); le pH; la turbidité (uTN); la profondeur d'après le disque de Secchi (m); la profondeur de l'échantillonnage (m; la moyenne de trois mesures dans la zone échantillonnée); la couverture des chenaux (%); le substrat (% de la composition par type); la végétation riveraine (% de la composition par type); la végétation aquatique (% de la composition par type).

Tous les brochets vermiculés capturés ont été placés dans un bac séparé lors de leur examen. Tous les individus ont été mesurés (longueur totale) à l'aide d'un ichtyomètre et pesés au moyen d'une balance Ohaus d'une capacité de 3 kg. On a prélevé des échantillons d'écailles du côté gauche du corps des individus, sur la surface dorsolatérale et derrière la nageoire dorsale, afin de déterminer l'âge d'un sous-échantillon de brochets vermiculés. Des échantillons de nageoires ont également été prélevés sur des individus en 2013 et en 2015, dans le cadre d'une analyse génétique menée dans l'ensemble de l'aire de répartition. Tous les brochets vermiculés dont la longueur totale était supérieure à 120 mm ont été examinés à l'aide d'un lecteur portatif d'étiquettes à TPI pour voir s'ils avaient été marqués avec une telle étiquette. Lorsqu'une étiquette était détectée, le code a été enregistré. Si le poisson n'était pas muni d'une étiquette et présentait une longueur totale d'au moins 160 mm ou pesait au moins 20 g, il était alors anesthésié puis marqué d'une étiquette.

Des postes avec multiplexeur ont été installés à huit sites d'échantillonnage (Tableau 1) pour l'enregistrement des brochets vermiculés munis d'une étiquette à TPI. Ces postes consistaient en un réseau de trois ou quatre antennes installées dans le fond du ruisseau et reliées à un

lecteur ou un enregistreur. Lorsque des individus munis d'une étiquette à TPI passaient au-dessus du réseau d'antennes, leur code unique était enregistré.

Tableau 1. Sites d'échantillonnage dans le ruisseau Beaver.

Nom du site	Bras	Latitude	Longitude	Poste avec multiplexeur	Enregistreur de niveau d'eau
Chemin College	Nord	42,95520	-79,01582	Non	Non
Rue Eagle	Nord	42,94807	-79,01698	Non	Oui
Chemin Bowen	Nord	42,93282	-79,02800	Oui	Oui
Chemin Winger	Nord	42,92125	-79,04175	Oui	Oui
Terrain de Ben	Est	42,91614	-79,04842	Oui	Oui
Rue Bertie	Est	42,91075	-79,05157	Non	Non
Chemin Garrison, est	Est	42,90371	-79,05490	Oui	Oui
Chemin Nigh	Est	42,89380	-79,05730	Non	Non
Chemin Gorham	Est	42,89075	-79,05960	Non	Non
Chemin Stevensville	Ouest	42,91959	-79,05395	Oui	Oui
Bertie Street (emprise)	Ouest (section reconstruite)	42,91080	-79,07170	Non	Non
Chemin House	Ouest	42,90859	-79,08007	Oui	Oui
Amont du chemin House	Ouest	42,90770	-79,08115	Non	Non
Fosse 5	Ouest (section reconstruite)	42,90306	-79,08874	Non	Non
Fosse hors du chenal 2	Ouest (section reconstruite)	42,90325	-79,08895	Non	Non
Fosse 4	Ouest (section reconstruite)	42,90465	-79,08805	Non	Non
Fosse 3	Ouest (section reconstruite)	42,90525	-79,08715	Non	Non
Fosse hors du chenal 1	Ouest (section reconstruite)	42,90545	-79,08715	Non	Non
Fosse 2	Ouest (section reconstruite)	42,90660	-79,08625	Oui	Non
Chemin Garrison, ouest	Ouest (section reconstruite)	42,90225	-79,08974	Oui	Oui

Âge et croissance

En 2009, 153 brochets vermiculés ont été capturés dans le ruisseau Beaver lors de deux activités d'échantillonnage menées en juin; cet échantillon représentait toutes les classes d'âge et de taille présentes aux sites. En 2011, les jeunes de l'année ont été ciblés et 110 individus ont été capturés dans le ruisseau Beaver tout au long de l'été à plusieurs sites. Les échantillons ont été conservés dans une solution d'éthanol à 95 % et ils ont ensuite été mesurés et pesés. Le sexe des individus a aussi été déterminé et des échantillons de tissus ont été prélevés, dont le cleithrum (et des écailles en 2009).

De plus, des brochets vermiculés ont été pêchés en 2011 dans les tronçons inférieurs du ruisseau Jones, à Mallorytown, en Ontario, à l'aide d'un bateau de pêche à l'électricité Smith-Root utilisé dans le cadre d'un autre projet. L'âge déterminé à partir du cleithrum et les paramètres de croissance des échantillons du ruisseau Jones ont été comparés à ceux des échantillons prélevés dans le ruisseau Beaver.

Région du Centre et de l'Arctique

Pour chaque échantillon, on a excisé le cleithrum, on a retiré les tissus mous le recouvrant avec de la trypsine, soit une enzyme de digestion, puis on l'a nettoyé avec de l'eau et du savon. On a repéré et compté les anneaux de croissance selon la méthode de Casselman (1996). On a retiré les écailles de la surface dorsolatérale, derrière la nageoire dorsale, du côté gauche du poisson. Afin de compter les anneaux de croissance, on a placé les écailles sur des lames pour les observer au microscope.

On a effectué une régression linéaire sur le cleithrum et sur la longueur des individus capturés en 2011 et on a calculé la fonction de croissance de von Bertalanffy pour les échantillons recueillis en 2009 et en 2011 dans le ruisseau Beaver et en 2011 dans le ruisseau Jones. Les longueurs moyennes selon l'âge ont été comparées entre les échantillons prélevés dans le ruisseau Beaver en 2009 et 2011, et ceux prélevés dans le ruisseau Jones en 2011. Les taux de croissance des jeunes de l'année prélevés à l'été 2011 dans le ruisseau Beaver ont été déterminés par régression linéaire à partir de la longueur des individus et de la date julienne lors de la première saison de croissance.

Génétique des populations

Dans toute l'aire de répartition de l'espèce au Canada, on a prélevé des échantillons de tissus de nageoires chez des individus de la population de brochets vermiculés. Au total, 45 échantillons ont été prélevés à 12 endroits différents. Ces échantillons ont été conservés dans une solution d'éthanol à 95 %. On a extrait de l'ADN des tissus, puis on l'a amplifié et séquencé en utilisant des méthodes de séquençage de nouvelle génération. On a identifié des locus contenant des polymorphismes mononucléotidiques (SNP) et on a utilisé le programme d'analyse structurale bayésienne STRUCTURE v.2.3 (Pritchard *et al.* 2000) pour déterminer si la structure génétique des populations était présentée à partir de la matrice des SNP.

Déplacements

On a analysé les données des brochets vermiculés munis d'étiquette à transpondeur passif intégré pour déterminer les déplacements entre trois sites (chemin Stevensville, terrain de Ben, chemin Bowen; un par bras du cours d'eau) munis de postes avec multiplexeur. La proportion des individus se déplaçant entre les sites (détectés à plus d'un site), la distribution temporelle des déplacements et la direction des déplacements ont été calculées pour 2009 et 2010.

Modélisation de la population

On a élaboré un modèle de population pour démontrer l'incidence de la disponibilité de l'habitat sur la taille de la population de brochets vermiculés du ruisseau Beaver. On a utilisé un modèle matriciel structuré selon l'âge en supposant que l'âge maximal des brochets vermiculés dans le ruisseau Beaver était de 7 ans et que la maturité sexuelle était atteinte entre 2 et 4 ans. On a estimé la fécondité d'après une population du Wisconsin (Kleinert et Mraz 1966), et les estimations de la survie en fonction de la taille, d'après un calendrier de mortalité fondé sur la longueur (Lorenzen 2000). La variation et la dépendance à la densité ont été intégrées au modèle à l'aide de simulations stochastiques. On a également intégré au modèle trois types d'habitats indépendants (habitat de fraie, habitat des jeunes de l'année et habitat des individus d'âge 1+), estimés à partir des données sur le niveau de l'eau de 2010-2011 et de l'analyse de la zone inondée fondée sur le SIG.

On a réalisé des simulations au moyen d'une matrice Leslie pour projeter la taille de la population par période d'un an en vue de déterminer l'incidence des changements de la disponibilité de l'habitat sur la taille de la population. On a également estimé la taille minimale d'une population viable et la superficie minimale pour assurer la viabilité de la population.

Analyses avant-après-contrôle-impact

Les CPUE ont servi de substitut pour l'abondance du brochet vermiculé à un site durant chaque échantillonnage et ont été calculées comme étant le nombre moyen d'individus capturés par senne.

On a mené une série d'analyses BACI visant à déterminer les effets des travaux d'entretien et de reconstruction du drain à l'aide de l'analyse de la variance factorielle dans Statistica v6.0. Une variable d'interaction de l'analyse de la variance factorielle d'une valeur de $P < 0,05$ correspondait à un effet significatif sur la variable d'intérêt. On a réalisé des analyses BACI examinant les effets sur chacune des variables de l'habitat et sur l'abondance du brochet vermiculé. On a réalisé des analyses BACI distinctes afin de comparer le tronçon de référence (est) au tronçon touché par les travaux (ouest), le tronçon de référence à la section reconstruite du tronçon touché par les travaux et le tronçon de référence au tronçon nord. Afin de déterminer l'étendue temporelle des effets et de prendre des décisions de surveillance éclairées, on a également réalisé des analyses comparatives en utilisant des échelles temporelles différentes : les échantillons recueillis un an avant les travaux d'entretien ont été comparés à ceux recueillis un an après la reconstruction; les échantillons prélevés dans les fosses avant les travaux d'entretien ont été comparés à ceux recueillis un an après la reconstruction; tous les échantillons recueillis avant les travaux d'entretien ont été comparés à tous les échantillons recueillis après la reconstruction.

On a étudié la communauté de poissons par l'entremise d'analyses multivariées non paramétriques de la variance menées au moyen de matrices de distance. On a utilisé les CPUE pour représenter l'abondance de chaque espèce. Pour normaliser les données, on a effectué une transformation logarithmique ($\log+1$) des CPUE de chaque espèce, pour chaque site. Les analyses ont été réalisées avec la fonction *Adonis* du package « Vegan » de l'environnement R (Oksanen *et al.* 2010). On a effectué ces analyses en utilisant les mêmes comparaisons spatiales et temporelles que pour les autres analyses BACI.

Résultats

Au total, durant l'étude, on a capturé 27 310 individus de 37 espèces différentes à l'aide de 677 sennes dans l'ensemble de la zone échantillonnée du ruisseau Beaver. Les espèces les plus souvent capturées, peu importe le site ou l'année, étaient le méné émeraude (*Notropis atherinoides*; 36 % de tous les poissons capturés), le brochet vermiculé (18 %) et le méné jaune (*Notemigonus rymaleus*; 16 %). Les espèces les plus fréquemment détectées étaient le brochet vermiculé (91 % des activités d'échantillonnage), le méné jaune (75 %) et le crapet-soleil (*Lepomis gibbosus*; 74 %). Parmi les poissons capturés, 4 971 brochets vermiculés ont été pêchés. Cinq des brochets vermiculés ont été pêchés dans les fosses hors du chenal lors du premier échantillonnage réalisé après la fin des travaux de reconstruction. Aucun brochet vermiculé n'a été détecté dans ces fosses lors des échantillonnages subséquents. À deux occasions, une baisse de la population de brochets vermiculés a été observée dans le ruisseau Beaver au cours de la présente étude. Après la période d'échantillonnage de 2009, une première baisse de l'abondance a été observée lors de l'échantillonnage estival de 2010. La deuxième baisse a été observée lors d'une période de sécheresse importante en 2012. Ces baisses ont été observées dans toute la zone étudiée.

Âge et croissance

Lorsqu'on détermine l'âge d'un brochet vermiculé à partir d'écailles, on obtient toujours une sous-estimation par rapport à l'âge obtenu à partir du cleithrum. Dans la population du ruisseau Beaver, on a déterminé (à partir du cleithrum) que les individus capturés avaient entre

zéro (jeunes de l'année) et huit ans. Il y avait une relation linéaire positive importante entre la longueur de l'os (cleithrum) et la longueur du corps. La longueur selon l'âge reconstituée différait pour les individus recueillis en 2009 et 2011 dans le ruisseau Beaver et pour ceux recueillis dans le ruisseau Jones. Les individus plus âgés recueillis en 2011 affichaient des taux de croissance plus élevés que ceux recueillis en 2009 dans le ruisseau Beaver. Le taux de croissance des individus dans le ruisseau Jones était plus faible, surtout pour les poissons plus âgés, comparativement à ce qui avait été observé dans le ruisseau Beaver en 2009 ou en 2011. La forte abondance du brochet vermiculé observée en 2009 dans le ruisseau Beaver ainsi que le faible taux de croissance observé chez les individus pêchés cette année-là indiquent que la population de ce ruisseau croît en fonction de la densité.

Génétique des populations

Le relevé génétique des populations a permis d'isoler et de séquencer 5 188 locus d'une longueur de 56 paires de base. Chacun des locus était présent chez au moins 40 des 45 individus pour lesquels l'ADN a été séquencé avec succès et 1 001 polymorphismes mononucléotidiques ont été identifiés. Le programme STRUCTURE n'a fourni aucune preuve de la structure de population dans toutes les parties de l'aire de répartition du brochet vermiculé qui ont été échantillonnées et analysées à ce jour. On attend les résultats des analyses génétiques effectuées dans le bassin hydrographique de la rivière Severn.

Déplacements

On a détecté une faible proportion d'individus à deux sites ou plus (13,3 % en 2009 et 5,6 % en 2010), ce qui indique qu'ils avaient entrepris des déplacements sur de longues distances (de 0,9 à 3,1 km entre les détections) pendant la période d'étude. Les déplacements des individus étaient non cycliques et asynchrones, il n'y a donc aucun signe indiquant que le brochet vermiculé du ruisseau Beaver entreprend des migrations. La plupart du temps, les déplacements sur de longues distances ont été effectués par des individus dont la taille et l'état de santé dépassaient la moyenne de la population.

Modélisation de la population

D'après les estimations de la superficie de l'habitat propres au stade du cycle vital, calculées à partir des données sur le niveau de l'eau de 2010-2011 et d'une analyse de la zone inondée basée sur le système d'information géographique (SIG), le modèle de population a prédit que le nombre de brochets vermiculés adultes dans le principal affluent est limité par la quantité d'habitat requis pour les poissons d'âge 1+. Les résultats du modèle indiquent que cette zone d'habitat peut soutenir la présence à long terme d'une population moyenne de 6 000 individus matures. L'habitat des jeunes de l'année devient limité lorsque la quantité d'habitat disponible est inférieure à 60 000 m². L'habitat de fraie n'est pas limité à moins qu'une grande superficie par femelle soit nécessaire au succès de la fraie ou que la superficie de l'habitat inondé soit inférieure à 100 000 m² pendant la période de fraie.

La taille minimale d'une population viable requise pour l'atteinte d'une probabilité de persistance de 99 % sur 100 ans, si la probabilité de catastrophe (soit une réduction ponctuelle de 50 % de la population) est de 15 % par génération, correspond à 1 653 brochets vermiculés d'âge 3+. Pour se maintenir, une population de cette taille nécessite 14 853 m² d'habitat pour les individus d'âge 1+, 4 921 m² d'habitat pour les jeunes de l'année et 7 992 m² d'habitat pour la fraie.

Analyses avant-après-contrôle-impact

Les CPUE ont atteint un sommet de 29,13 brochets vermiculés par senne dans le tronçon est (de référence) en 2009, puis un creux de 0,5 brochet vermiculé par senne dans le tronçon reconstruit en 2013. Dans tous les cas, les CPUE maximales ont été atteintes au cours de la

Répercussions de l'entretien de drains agricoles sur le brochet vermiculé

Région du Centre et de l'Arctique

première année de la période d'étude. Les valeurs de CPUE les plus faibles ont été atteintes en 2013 dans tous les tronçons, sauf celui du nord. Dans ce dernier, les valeurs les plus faibles de la CPUE ont été observées en 2015 (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre moyen de brochets vermiculés pêchés par senne dans chacun des tronçons échantillonnés. Les travaux d'entretien et de reconstruction du drain ont été effectués à l'automne 2011, soit après l'échantillonnage de cette année-là.

Année	Tronçon de référence	Section reconstruite	Tronçon touché par les travaux	Tronçon nord
2009	29,1	6,2	25,6	9,5
2010	13,8	1,9	6,8	6,5
2011	12,4	1,2	3,6	8,6
2012	6,7	1,5	2,6	2,1
2013	1,9	0,5	2,1	2,3
2015	4,3	4,1	3,3	1,9

Les comparaisons des analyses de la variance ont révélé que les travaux d'entretien et de reconstruction du drain ont eu des effets importants sur plusieurs variables (Tableaux 3 à 5). C'est dans la section reconstruite du ruisseau Beaver que les effets ont été les plus importants.

Tableau 3. Valeurs de la variable d'interaction P pour chacune des comparaisons BACI entre le tronçon de référence et la section reconstruite.

Paramètre	Valeurs regroupées, avant/après	Valeurs regroupées, avant/1 an après	1 an avant/1 an après
Abondance	0,004*	0,054	0,317
Température	0,018*	0,000*	0,038*
Conductivité	0,075	0,015*	0,138
Couverture végétale	0,105	0,029*	0,245
Profondeur d'après le disque de Secchi	0,589	0,703	0,345
Profondeur de l'eau	0,002*	0,009*	0,423
Vitesse du courant	0,204	0,357	0,422

Le symbole « * » indique une interaction importante, ce qui signifie que les travaux d'entretien et de reconstruction du drain ont eu des effets importants sur ce paramètre précis du tronçon.

Tableau 4. Valeurs de la variable d'interaction P pour chacune des comparaisons BACI entre le tronçon de référence et le tronçon touché par les travaux.

Paramètre	Valeurs regroupées, avant/après	Valeurs regroupées, avant/1 an après	1 an avant/1 an après
Abondance	0,122	0,392	0,164
Température	0,049*	0,014*	0,060
Conductivité	0,240	0,045*	0,010*
Couverture végétale	0,218	0,125	0,507
Profondeur d'après le disque de Secchi	0,797	0,716	0,194
Profondeur de l'eau	0,291	0,870	0,792
Vitesse du courant	0,057	0,152	0,131

Le symbole « * » indique une interaction importante, ce qui signifie que les travaux d'entretien et de reconstruction du drain ont eu des effets importants sur ce paramètre précis du tronçon.

Répercussions de l'entretien de drains agricoles sur le brochet vermiculé

Région du Centre et de l'Arctique

Tableau 5. Valeurs de la variable d'interaction *P* pour chacune des comparaisons BACI entre le tronçon de référence et le tronçon nord.

Paramètre	Valeurs regroupées, avant/après	Valeurs regroupées, avant/1 an après	1 an avant/1 an après
Abondance	0,019*	0,163	0,832
Température	0,029*	0,125	0,230
Conductivité	0,521	0,746	0,955
Couverture végétale	0,920	0,307	0,977
Profondeur d'après le disque de Secchi	0,258	0,382	0,420
Profondeur de l'eau	0,491	0,269	0,395
Vitesse du courant	0,256	0,420	0,417

Le symbole « * » indique une interaction importante, ce qui signifie que les travaux d'entretien et de reconstruction du drain ont eu des effets importants sur ce paramètre précis du tronçon.

Si l'on compare les données de CPUE regroupées avant et après les travaux (Tableau 3), l'abondance du brochet vermiculé a augmenté considérablement dans la section reconstruite par rapport à celle du tronçon de référence.

Par rapport au tronçon de référence, la température de l'eau a augmenté dans la section reconstruite, dans l'ensemble du tronçon touché par les travaux (ouest) et dans le tronçon nord (Tableaux 3 à 5). La conductivité a également augmenté dans la section reconstruite et dans l'ensemble du tronçon touché par les travaux par rapport au tronçon de référence (Tableaux 3 et 4). En outre, la profondeur de l'eau a augmenté dans la section reconstruite en raison de la création de nouvelles fosses, tandis que la couverture végétale a diminué considérablement (Tableau 3).

Selon les observations effectuées pendant l'étude, les travaux d'entretien et de reconstruction du drain n'ont eu aucun effet sur l'ensemble de la communauté de poissons du ruisseau Beaver.

Sources d'incertitude

On a cerné de nombreuses sources d'incertitude tout au long des études menées ciblant la population de brochets vermiculés du ruisseau Beaver.

Une source d'incertitude découle du fait que les échantillons utilisés pour l'étude sur l'âge et la croissance n'ont pas été recueillis aléatoirement dans la population du ruisseau Beaver. Les échantillons recueillis en 2009 ont été prélevés lors d'un seul échantillonnage effectué à deux sites et, lors de l'échantillonnage de 2011, les poissons plus petits et les jeunes de l'année avaient été ciblés pour l'étude. Il est donc impossible de savoir dans quelle mesure la distribution selon l'âge réel de la population de brochets vermiculés du ruisseau Beaver peut différer de celle des poissons échantillonnés.

Le peu d'échantillons prélevés pour l'analyse génétique de la population du bassin hydrographique de la rivière Severn représente une autre source d'incertitude. Il s'agit de la population de brochets vermiculés la plus septentrionale de la province et elle est isolée géographiquement des populations du sud du Canada représentées dans l'étude. L'isolement et les différentes conditions environnementales qui caractérisent l'habitat de cette population pourraient avoir entraîné des divergences génétiques au sein de celle-ci. Puisqu'aucun séquençage d'ADN n'a été effectué pour la population, il est impossible de savoir dans quelle mesure elle est différente de la population du ruisseau Beaver. L'applicabilité des avis issus de recherches menées dans le sud de l'Ontario pour la population du bassin hydrographique de la

rivière Severn est donc également inconnue. À l'été 2016, on a prélevé des échantillons de tissus sur des individus de la population du bassin hydrographique de la rivière Severn et on attend les résultats des analyses.

Seulement trois sites, soit un dans chaque bras du ruisseau Beaver, ont été inclus dans l'étude sur les déplacements. Les déplacements des brochets vermiculés au-delà de ces sites dans le ruisseau Beaver ne sont donc pas inclus dans l'analyse et demeurent inconnus. L'étude sur les déplacements répertoriait également les déplacements en amont et en aval du ruisseau Beaver. Cependant, les déplacements latéraux des brochets vermiculés (c.-à-d. depuis la plaine inondable jusqu'au chenal principal) demeurent inconnus.

Plusieurs incertitudes sont également liées au paramétrage du modèle de population. Le modèle suppose que tous les habitats inondés sont appropriés pour l'espèce, peu importe la qualité de l'habitat. Il est donc impossible de savoir quelle proportion de l'habitat de plaine inondable convient réellement à la fraie. Il est également impossible de connaître la superficie nécessaire pour la fraie du brochet vermiculé. De plus, la superficie d'habitat requise par individu utilisée dans le modèle était fondée sur une relation allométrique plutôt que sur des densités mesurées. Par conséquent, l'estimation de ces deux paramètres de la superficie requise constitue une autre source d'incertitude et la véritable superficie requise est inconnue. Enfin, l'estimation de la fécondité s'appuyait sur des données provenant d'une population de brochets vermiculés du Wisconsin. La fécondité de la population du ruisseau Beaver n'a pas été mesurée et demeure inconnue.

Après les travaux d'entretien et de reconstruction du drain, les CPUE de brochets vermiculés ont augmenté dans la section reconstruite présentant des éléments d'aménagement naturel des chenaux. Il est impossible de savoir si cette augmentation est due aux déplacements vers la section reconstruite ou à l'augmentation de la production de brochets vermiculés. En ce qui concerne les travaux d'entretien et de reconstruction effectués dans le ruisseau Beaver, il est également impossible de savoir si le recours à une section reconstruite sans élément d'aménagement naturel des chenaux aurait eu une incidence sur la population de brochets vermiculés.

CONCLUSIONS ET AVIS

Ce projet comprenait l'intégration d'éléments d'aménagement naturel des chenaux dans le but de maintenir la complexité du canal et d'améliorer les caractéristiques requises de l'habitat du brochet vermiculé. À la suite des travaux d'entretien et de reconstruction dans le ruisseau Beaver, la section reconstruite a été recolonisée par le brochet vermiculé. L'abondance du brochet vermiculé a augmenté dans la section reconstruite du ruisseau par rapport au tronçon de référence, où il n'y a eu aucune activité de drainage. La création de fosses plus profondes a probablement atténué les effets de la sécheresse de 2012 parce que les brochets vermiculés disposaient d'un refuge lorsque le niveau d'eau était bas.

Dans la mesure du possible, les prochains projets de drainage dans les zones où se trouve l'habitat du brochet vermiculé devraient intégrer des éléments d'aménagement naturel des chenaux en vue d'atténuer les effets des travaux de drainage sur l'habitat présentant les caractéristiques essentielles au maintien ou à l'augmentation des populations de brochets vermiculés. Ces caractéristiques de l'habitat comprennent : des fosses plus profondes qui servent de refuge en hiver ou lorsque le niveau d'eau est bas et qui fournissent un habitat à faible courant privilégié par l'espèce; l'accès à des eaux peu profondes (< 0,5 m) caractérisées par beaucoup de végétation aquatique ou de végétation terrestre inondée; un habitat de plaine inondable fonctionnel relié au chenal principal du cours d'eau. Lors de la conception de projets

d'entretien et de reconstruction, il faut également tenir compte de la capacité de dispersion de l'espèce et de la présence d'une population source pouvant recoloniser la zone touchée par les travaux de drainage.

Puisque les brochets vermiculés se déplacent rarement sur de longues distances, les travaux de drainage devraient être effectués à l'extérieur des zones où l'abondance du brochet vermiculé est élevée (de préférence en aval), dans la mesure du possible.

La recherche menée lors des travaux d'entretien et de reconstruction du drain dans le ruisseau Beaver constitue une étude de cas unique, aussi fiable soit-elle. Il faut mener d'autres études de cas pour prendre des décisions éclairées concernant les projets qui comprennent des travaux de drainage dans des zones abritant des populations d'espèces en péril. Chaque fois que l'occasion se présente, on devrait prévoir des activités de suivi avant et après les prochains travaux de drainage afin d'enrichir nos connaissances et de réduire les incertitudes liées aux effets néfastes que de tels travaux pourraient avoir sur les espèces de poissons en péril et leur habitat. On devrait réaliser ces activités de suivi le plus longtemps possible avant et après les travaux de drainage afin de détecter les changements relatifs à l'habitat et à l'abondance des poissons. Les résultats de cette étude ont démontré que le fait de modifier la durée du suivi peut nuire à la capacité de détection des effets néfastes des travaux d'entretien et de reconstruction sur la population de poissons et l'habitat.

Il faudrait systématiquement mettre sur pied des études pour détecter les effets de tels travaux au moment de la planification d'un projet. L'étude en question intégrait des analyses BACI permettant de déterminer efficacement les effets des travaux d'entretien du drain. Lors de la mise en œuvre d'analyses BACI, les sites de référence qui ressemblent le plus aux sites potentiellement touchés devraient être sélectionnés et l'échantillonnage devrait être normalisé d'un site à l'autre et d'une année à l'autre. Cependant, il n'est pas toujours possible d'effectuer des analyses BACI. En l'absence d'analyses BACI, on pourrait envisager un échantillonnage aléatoire stratifié par région, un plan conçu selon une condition de référence ou un plan de suivi à plus long terme englobant toute la variabilité climatique et biologique avant le début des travaux d'entretien. Quel que soit le type de suivi mis en œuvre, il faut s'assurer que la conception de l'étude comprend des analyses statistiques rigoureuses.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Au cours des discussions, un participant a noté que des impacts ou des changements en amont peuvent avoir eu lieu qui auraient pu affecter le système en aval. Malheureusement, seules des informations anecdotiques limitées ont pu être fournies à l'époque. Dans le cadre du suivi, il a été déterminé que les activités de drainage avaient été achevées en 2011 dans deux drains d'amont, le drain Baer et le drain Schooley, qui débouchent à environ 2,5 km en amont du tronçon reconstruit dans le ruisseau Beaver. Dans le drain Baer, une section de 1 668 m a été nettoyée et un ponceau a été remplacé au chemin Matthews. Dans le drain Schooley, une section de 418 m a été nettoyée, une section a été déplacée du côté est vers le côté ouest du chemin Point Abino (723 m de nouveau drain créé et une longueur équivalente d'ancien drain rempli et abandonné) le reliant à Baer, et un nouveau ponceau a été installé sur le chemin Point Abino. Ces activités n'étaient pas connues avant la réunion de consultation scientifique et, par conséquent, n'ont pas été prises en compte dans les analyses. Les impacts de ces travaux sur l'habitat et la communauté de poissons du ruisseau Beaver et leur effet sur les résultats présentés sont inconnus.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Organisme/Affiliation
Adam van der Lee	MPO, Science
Andrew Drake	MPO, Science
Julia Colm	MPO, Science
Lynn Bouvier (présidente)	MPO, Science
Maja Cvetkovic (rapporteuse)	MPO, Science
Marten Koops	MPO, Science
William Glass	MPO, Science
Kathleen Buck	MPO, Programme de protection des pêches
Alain Kemp	MPO, Espèces en péril
Dave Balint	MPO, Espèces en péril
Shelley Dunn	MPO, Espèces en péril
Bahar SM	AHYDTECH Geomorphic
Jacqui Empson-Laporte	Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario
Scott Reid	Ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario
George Coker	Portt and Associates
Ian Smith	UEM Consulting
Nathan Lujan	University of Toronto
Nick Mandrak	University of Toronto

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de l'examen par des pairs régional du 4 au 5 octobre, 2016 sur les Répercussions de l'entretien des drains agricoles sur le brochet vermiculé (*Esox americanus vermiculatus*), une espèce de poisson en péril, du ruisseau Beaver. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

Bukaveckas, P. 2007. Effects of channel restoration on water velocity, transient storage, and nutrient uptake in a channelized stream. *Environ. Sci. Technol.* 41: 1570–1576.

Casselman, J.M. 1996. Age, growth and environmental requirements of pike, *Esox lucius*. In *Pike: biology and exploitation. Edited by J. Craig. Chapman and Hall, London, U.K.* pp. 69–101.

Coker, G.A., Ming, D.L., and Mandrak, N.E. 2010. [Review considerations and mitigation guide for habitat of the Grass Pickerel \(*Esox americanus vermiculatus*\)](#). *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2941: vi + 18 p.

Coker, G.A., Colm, J.E., Ming, D.L., and Mandrak, N.E. 2021. Updated Review considerations and mitigation guide for habitat of the Grass Pickerel (*Esox americanus vermiculatus*). *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3218: vi + 23 p.

Colm, J.E., Casselman, J.M., and Mandrak, N.E. 2020. Age, growth, and population assessment of Grass Pickerel (*Esox americanus vermiculatus*) in two northern populations. *Can. J. Zool.* 98: 527–539.

- Colm, J.E., et Mandrak, N.E. [Résumé des relevés ciblant le brochet vermiculé menés dans le ruisseau Beaver \(Ontario\) de 2009 à 2015](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/047. v + 122 p.
- COSEPAC (Comité sur la situation des espèces en péril au Canada). 2005. [Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le brochet vermiculé \(*Esox americanus vermiculatus*\) au Canada](#). Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa, ON. vi + 32 p.
- DFO. 2017. [Proceedings of the regional peer review of impacts of agricultural drain maintenance in Beaver Creek on Grass Pickerel \(*Esox americanus vermiculatus*\), a fish species at risk; October 4–5, 2016](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2017/027.
- Glass, W.R., Rook, N.A., Ratajczyk, E., et Mandrak, N.E. 2021. [Effets des travaux d'entretien et de reconstruction du drain sur l'abondance et l'habitat du brochet vermiculé \(*Esox americanus vermiculatus*\) dans le ruisseau Beaver, en Ontario](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/046. iv + 34 p.
- Hupp, C.R. 1992. Riparian vegetation recovery patterns following stream channelization: a geomorphic perspective. *Ecology* 73: 1209–1226.
- Kleinert, S.J., and Mraz, D. 1966. Life history of the Grass Pickerel (*Esox americanus vermiculatus*) in southeastern Wisconsin. Wisconsin Conservation Department Technical Bulletin No. 37. 40 p.
- Lau, J.K., Lauer, T.E., and Weinman, M.L. 2006. Impacts of channelization on stream habitats and associated fish assemblages in east central Indiana. *Am. Midl. Nat* 156: 319–330.
- Lorenzen, K. 2000. Allometry of natural mortality as a basis for assessing optimal release size in fish-stocking programmes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 2374–2381.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., and Wagner, H. 2010. *Vegan: Community Ecology Package*. R Package Version 1.17.
- Pritchard, J.K., Stephens, M., and Donnelly, P. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155: 945–959.
- Scott, W.B., and Crossman, E.J. 1998. *Freshwater fishes of Canada*. Galt House Publications, Oakville, ON. 966 p.
- Simon, A. 1989. The discharge of sediment in channelized alluvial streams. *Water Resour. Bull.* 25(6): 1177–1188.
- Stammler, K.L., McLaughlin, R.L., and Mandrak, N.E. 2008. Streams modified for drainage provide fish habitat in agricultural areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65: 509–522.
- UEM (Urban and Environmental Management Inc.). 2011. Technical memorandum project #09-605. Prepared for the town of Fort Erie, ON. 70 p.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Centre et de l'Arctique
Pêches et Océans Canada
501 University Crescent
Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6

Téléphone : (204) 983-5232

Courriel : csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-39181-6 N° cat. Fs70-6/2021-024F-PDF

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2021. Répercussions de l'entretien du drain agricole du ruisseau beaver sur le brochet vermiculé (*Esox americanus vermiculatus*), une espèce en péril. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/024.

Also available in English:

DFO. 2021. *Impacts of agricultural drain maintenance in Beaver Creek on Grass Pickerel (Esox americanus vermiculatus), a fish species at risk. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2021/024.*