



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2021/046

Région du Centre et de l'Arctique

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

¹William R. Glass, ¹Natalie A. Rook, ¹Edyta Ratajczyk et ²Nicholas E. Mandrak

¹Pêches et Océans Canada
867 chemin Lakeshore
Burlington, ON L7S 1A1

²University of Toronto Scarborough
1265 Military Trail
Toronto, ON M1C 1A4

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021
ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-33310-6 N° cat. Fs70-5/2021-046F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

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 + 33 p.

Also available in English :

Glass, W.R., Rook, N.A., Ratajczyk, E., and Mandrak, N.E. 2021. Effect of drain maintenance and reconstruction on the abundance and habitat of Grass Pickerel (*Esox americanus vermiculatus*) in Beaver Creek, Ontario. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2021/046. iv + 31 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
MÉTHODES.....	2
RÉSULTATS.....	5
DISCUSSION.....	13
EFFET DE L'ENTRETIEN DE DRAINS SUR L'HABITAT ET L'ABONDANCE DU BROCHET VERMICULÉ	13
TECHNIQUES DE SUIVI EFFICACES RELATIVES AUX ACTIVITÉS D'ENTRETIEN DE DRAINS.....	15
RÉFÉRENCES CITÉES	17
ANNEXE 1. DONNÉES SUR LA COMMUNAUTÉ DE POISSONS PAR ANNÉE.....	19
ANNEXE 2. RÉSULTATS COMPLETS DE L'ANOVA FACTORIELLE BACI	21

RÉSUMÉ

On a apporté beaucoup de modifications à de nombreux bassins hydrographiques du sud de l'Ontario pour faciliter le prélèvement des eaux de surface des champs agricoles. Les cours d'eau modifiés sont souvent classés comme des drains municipaux et sont soumis à un entretien périodique en vertu de la *Loi sur le drainage*. L'entretien des drains municipaux (agricoles) comprend le retrait des sédiments accumulés et de la végétation aquatique connexe, et peut également inclure la canalisation du cours d'eau et le retrait de la végétation riveraine. Malgré les perturbations périodiques dues à leur entretien, les drains agricoles abritent de nombreuses espèces de poissons dans le sud de l'Ontario, y compris des espèces en péril. Le ruisseau Beaver, un affluent de la rivière Niagara dans le sud-ouest de l'Ontario, est classé comme un drain municipal et abrite une population de brochet vermiculé (*Esox americanus vermiculatus*), une espèce en péril au Canada. À l'automne 2011, une section du ruisseau Beaver a fait l'objet d'un entretien du drain. Afin d'atténuer les effets potentiellement néfastes des activités de drainage sur la population de brochet vermiculé, on a également entrepris des travaux de reconstruction intégrant des éléments d'aménagement naturel des chenaux. La communauté de poissons du ruisseau Beaver a été échantillonnée dans le tronçon touché par des travaux d'entretien, dans un tronçon de référence adjacent qui n'a pas fait l'objet de travaux d'entretien et dans un tronçon en aval où les deux tronçons précédents ont convergé, de 2009 à 2013 et de nouveau en 2015. On a mené une série d'analyses de type avant-après-contrôle-impact (BACI) pour déterminer l'effet des activités d'entretien et de reconstruction sur la population de brochet vermiculé et sur l'habitat physique et chimique du ruisseau Beaver. On a également effectué des analyses BACI selon trois échelles temporelles afin de déterminer le calendrier de suivi le plus efficace pour les prochains projets de drainage. Les résultats de cette étude indiquent que la reconstruction intégrant des éléments d'aménagement naturel des chenaux a eu un effet positif sur les captures par unité d'effort (CPUE) de brochets vermiculés dans les nouvelles fosses et a atténué les effets de la canalisation sur les caractéristiques de l'habitat telles que la vitesse du cours d'eau. La diversité de la communauté des poissons du ruisseau n'a pas été touchée par les activités d'entretien et de reconstruction. La modification de la durée du suivi peut influencer la capacité à détecter les effets des activités de drainage. Dans la présente étude, il était nécessaire d'effectuer un suivi au moins trois ans avant les travaux de drainage, ainsi qu'au moins quatre ans après ceux-ci afin de déterminer les effets des activités de drainage.

INTRODUCTION

Par le passé, le paysage du sud de l'Ontario a été fortement modifié par l'agriculture et d'autres activités humaines. De même, on a modifié de nombreux cours d'eau et milieux humides situés dans des régions agricoles pour faciliter l'évacuation des eaux de surface et pour prévenir l'inondation des terres agricoles (Walters et Shrubsole 2003). Ces cours d'eau modifiés sont souvent classés comme des drains municipaux et, à ce titre, ils font l'objet d'un entretien périodique en vertu de la *Loi sur le drainage* pour assurer une capacité et un débit d'eau adéquats. Habituellement, l'entretien des drains municipaux (agricoles) comprend le retrait des sédiments accumulés et de la végétation aquatique connexe en vue d'améliorer le débit de l'eau par le redressement et la canalisation du cours d'eau (*Loi sur le drainage*). Malgré les modifications auxquelles les drains agricoles sont soumis, ils fournissent un habitat pour certains poissons (Stammler *et al.* 2008). Ainsi, les activités d'entretien de drains peuvent avoir des répercussions sur des populations de poissons. L'entretien de drains agricoles entraîne souvent une modification des régimes d'écoulement (Bukaveckas 2007), une réduction de la couverture riveraine (Hupp 1992), une augmentation de la charge de sédiments en suspension (Simon 1989) et une diminution de la variabilité des niveaux d'eau dans le cours d'eau en question (Walser et Bart 1999). La canalisation des cours d'eau élimine également la complexité du substrat, en particulier pour des particules de substrat plus grandes comme les galets, et réduit la prévalence des fosses (Lau *et al.* 2006). Ces modifications physiques de la morphologie des cours d'eau réduisent la diversité de la communauté de poissons, ce qui affecte particulièrement les espèces sensibles à l'environnement (Lau *et al.* 2006). L'intégration d'éléments d'aménagement naturel des chenaux lors de la reconstruction suivant les activités d'entretien des drains, y compris la remise en état des fosses et des radiers et de la complexité du substrat, pourrait améliorer la quantité d'habitat convenable pour les espèces aquatiques (examiné dans le document de Newbury et Gaboury 1993).

Le brochet vermiculé (*Esox americanus vermiculatus*), qui a été inscrit à l'Annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* à titre d'espèce préoccupante au Canada, est une espèce de petite taille appartenant à la famille des ésocidés. Le brochet vermiculé se situe à la limite septentrionale de son aire de répartition canadienne et est présent dans le sud de l'Ontario et au Québec (Scott et Crossman 1998). Il s'agit d'un prédateur visuel qui préfère les eaux à débit lent et à végétation abondante (Scott et Crossman 1998). L'espèce est souvent présente dans les drains agricoles à l'échelle de son aire de répartition du sud de l'Ontario (COSEPAC 2005). Les menaces qui pèsent sur le brochet vermiculé au Canada comprennent le retrait de la végétation, la baisse des niveaux d'eau et la perte ou la dégradation de l'habitat de milieux humides (COSEPAC 2005). La modification de l'habitat de milieux humides causée par l'entretien de drains a été définie comme l'une des plus grandes menaces possibles pesant sur le brochet vermiculé au Canada (COSEPAC 2005).

Le bassin hydrographique du ruisseau Beaver dans le sud-ouest de l'Ontario s'étend sur 37,3 km² de terres essentiellement agricoles (UEM 2011) et ses eaux se jettent dans le ruisseau Black, puis dans la rivière Niagara. Le ruisseau Beaver est classé comme un drain municipal et, à ce titre, il fait l'objet d'activités d'entretien. Cependant, il ne semble pas avoir fait l'objet de travaux d'entretien récents; on présume donc qu'il est dans un état naturel (UEM 2011). Le bassin hydrographique abrite également une importante population résidente de brochets vermiculés qui pourrait être touchée par les travaux d'entretien et de canalisation. Le bras ouest du ruisseau Beaver a fait l'objet d'un entretien du drain et d'une reconstruction artificielle du chenal du ruisseau, par l'intégration d'éléments d'aménagement naturel du chenal, à l'automne 2011. Le bras est du ruisseau a été maintenu dans un état naturel. Voici les objectifs de la présente étude :

-
1. déterminer l'effet des travaux d'entretien du drain et de reconstruction du chenal sur la population et l'habitat du brochet vermiculé du ruisseau Beaver;
 2. élaborer des techniques de suivi efficaces visant à détecter les répercussions de l'entretien de drains sur les populations de brochets vermiculés.

MÉTHODES

L'étude a été menée dans trois tronçons du ruisseau Beaver situé dans la ville de Fort Erie, en Ontario : le tronçon est, qui est demeuré à l'état naturel (tronçon de référence), le tronçon ouest, qui a fait l'objet d'un entretien du drain à l'automne 2011 (tronçon touché) et le tronçon nord où convergent le tronçon touché et le tronçon de référence (Figure 1). Le tronçon nord pourrait être touché par les activités d'entretien parce qu'il est situé en aval du site des travaux. Le tronçon touché comprend un segment de 988 m où l'on a effectué des travaux d'entretien du drain et un segment accompagné où l'on a mené des travaux de reconstruction selon des éléments d'aménagement naturel des chenaux (section reconstruite). Des activités d'échantillonnage ont été effectuées de 2009 à 2013, puis à nouveau en 2015. On a réalisé des captures sur le terrain dans des fosses adjacentes à des passages routiers. Les sites ont été choisis en raison de leur habitat semblable et de leur accessibilité. En 2009 et 2010, on a mené des activités d'échantillonnage à quatre sites dans le tronçon de référence (passages routiers des chemins Nigh, Gorham, Garrison et de la rue Bertie). Au cours des années suivantes, les sites des chemins Nigh et Gorham ont été remplacés par un site unique situé à un croisement sur un terrain privé entre le chemin Garrison et la rue Bertie. Les emplacements des échantillons ont été modifiés en raison de problèmes d'accès. Le tronçon touché a été échantillonné aux passages routiers des chemins Garrison, House et Stevensville, et le tronçon nord a été échantillonné aux sites des chemins Winger, Bowen et College et de la rue Eagle. Dans le tronçon touché, la reconstruction, qui a été réalisée à l'automne 2011, a permis de créer cinq fosses dans le chenal principal du ruisseau (dont l'une a remplacé la fosse existante du chemin Garrison) et deux fosses hors de ce chenal.

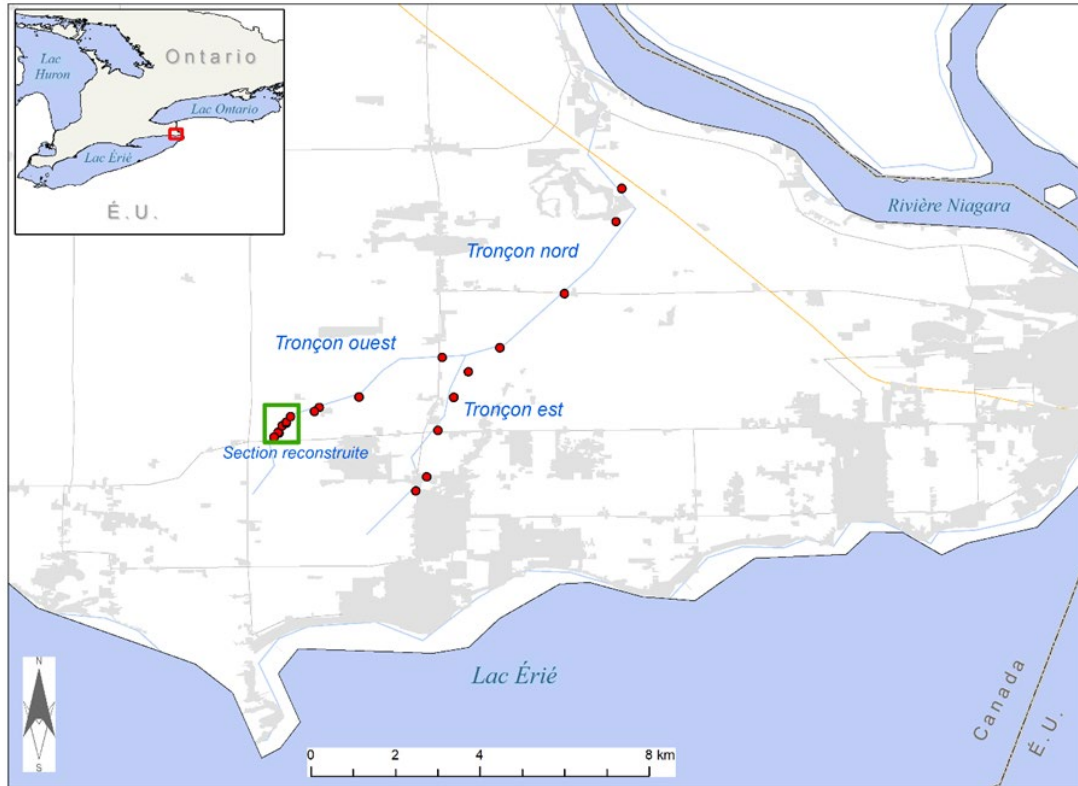


Figure 1. Lieu de l'étude : ruisseau Beaver à Fort Erie (Ontario). Le carré vert indique la section où les activités d'entretien et de reconstruction du drain ont été menées.

À chaque site, la communauté de poissons a fait l'objet d'un échantillonnage à l'aide d'une senne avec poche de 9,1 m caractérisée par un maillage de 3,2 mm. On a réalisé entre trois et douze calées de senne par site lors de chaque échantillonnage, et on a identifié les poissons selon leur espèce, on les a comptés, puis relâchés au même endroit lorsque toutes les calées avaient été effectuées. Les calées de senne étaient généralement effectuées de manière à éviter le chevauchement spatial des calées précédentes lors du même événement d'échantillonnage, et les captures de poissons pour chaque calée ont été traitées séparément. L'échantillonnage effectué dans chacun des tronçons du ruisseau est résumé dans le Tableau 1. Les sites ont été échantillonnés entre une et six fois par année, pendant la période estivale caractérisée par des eaux libres, soit entre mai et août. Les variables relatives à l'habitat, notamment la température de l'eau (°C), la conductivité (μS), la profondeur d'après le disque de Secchi (m), la couverture végétale aquatique (%), la profondeur de l'eau (m) et la vitesse de l'eau (m/s) ont également été mesurées lors de l'étude de la communauté de poissons.

Tableau 1. Échantillonnage dans chacun des tronçons du ruisseau Beaver, avant et après les travaux d'entretien et de reconstruction du drain selon l'intégration d'éléments d'aménagement naturel des chenaux. Dans le tableau, « E » représente les activités d'échantillonnage et « C », les calées de senne.

Tronçon	Données regroupées avant l'entretien		1 an avant l'entretien		1 an après l'entretien		Données regroupées après l'entretien	
	E	C	E	C	E	C	E	C
Tronçon de référence	29	79	7	16	14	31	24	63
Tronçon touché (y compris la section reconstruite)	30	108	8	27	22	72	41	123
Section reconstruite	10	37	2	7	11	33	22	64
Tronçon nord	40	184	9	26	20	58	36	105

Les captures par unité d'effort (CPUE) ont été utilisées comme substitut de l'abondance du brochet vermiculé à un site lors de chaque activité d'échantillonnage et ont été calculées comme le nombre moyen de brochets vermiculés capturés par calée de senne.

On a réalisé une série d'analyses BACI en utilisant l'analyse de la variance (ANOVA) factorielle dans Statistica v6.0 pour déterminer les effets des activités de drainage sur les CPUE et chacune des variables de l'habitat. On a présumé que les activités d'entretien et de reconstruction du drain avaient un effet sur la variable d'intérêt si la variable d'interaction de l'ANOVA factorielle était importante ($p < 0,05$). Pour déterminer l'étendue spatiale des effets de l'entretien et de la reconstruction du drain, on a mené des analyses BACI distinctes comparant le tronçon de référence avec le tronçon touché, le tronçon de référence avec la section reconstruite du tronçon touché et le tronçon de référence avec le tronçon nord. Afin de déterminer l'étendue temporelle des effets et d'orienter les décisions de suivi, on a également effectué des analyses selon trois échelles temporelles différentes : un an avant l'entretien et un an après la reconstruction; des échantillons regroupés avant l'entretien comparés à des échantillons prélevés un an après; tous les échantillons avant la reconstruction comparés à tous les échantillons 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. Les CPUE de chaque espèce par site ont été transformées en $\log+1$ pour faciliter la normalisation des données. L'analyse a été effectuée à l'aide de la fonction *Adonis* du package « Vegan » de l'environnement R (Oksanen *et al.* 2009). La fonction *Adonis* a été utilisée telle qu'elle a été développée pour évaluer les différences dans les communautés d'espèces traitées différemment. Comme pour l'analyse des variables de l'habitat et des CPUE du brochet vermiculé, on a mené cette analyse en comparant le tronçon de référence avec le tronçon touché, le tronçon de référence avec la section reconstruite du tronçon touché et le tronçon de référence avec le tronçon nord. L'analyse a également été menée selon les trois mêmes échelles temporelles pour qu'on puisse déterminer l'ampleur des effets temporels.

RÉSULTATS

L'échantillonnage par calée de senne effectué de 2009 à 2015 a permis de capturer 27 310 poissons de 37 espèces différentes avec 677 calées de senne provenant de toute 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 crysoleucas*; 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 étaient des brochets vermiculés. Cinq des brochets vermiculés capturés provenaient des fosses hors du chenal, qui ont été construites. Ces individus ont été capturés lors du premier échantillonnage dans les fosses situées hors du chenal. Tous les échantillonnages ultérieurs dans les fosses hors du chenal n'ont permis de capturer aucun individu; on a donc dû retirer des analyses BACI toutes les données provenant de ces fosses. Les captures de poissons par tronçon et par année figurent à l'Annexe 1; pour un résumé détaillé des poissons capturés lors de l'échantillonnage pour ce projet, voir le document de Colm et Mandrak (2021).

Les CPUE ont atteint un sommet de 29,13 brochets vermiculés par calée de senne dans le tronçon est (de référence) en 2009, puis un creux de 0,5 brochet vermiculé par calée de senne dans le tronçon reconstruit en 2013. Dans tous les cas, les CPUE étaient maximales au cours de la première année de la période d'étude et minimales en 2013, pour tous les tronçons à l'exception du tronçon nord pour lequel les CPUE étaient minimales en 2015 (Tableau 2, Figure 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	Partie 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

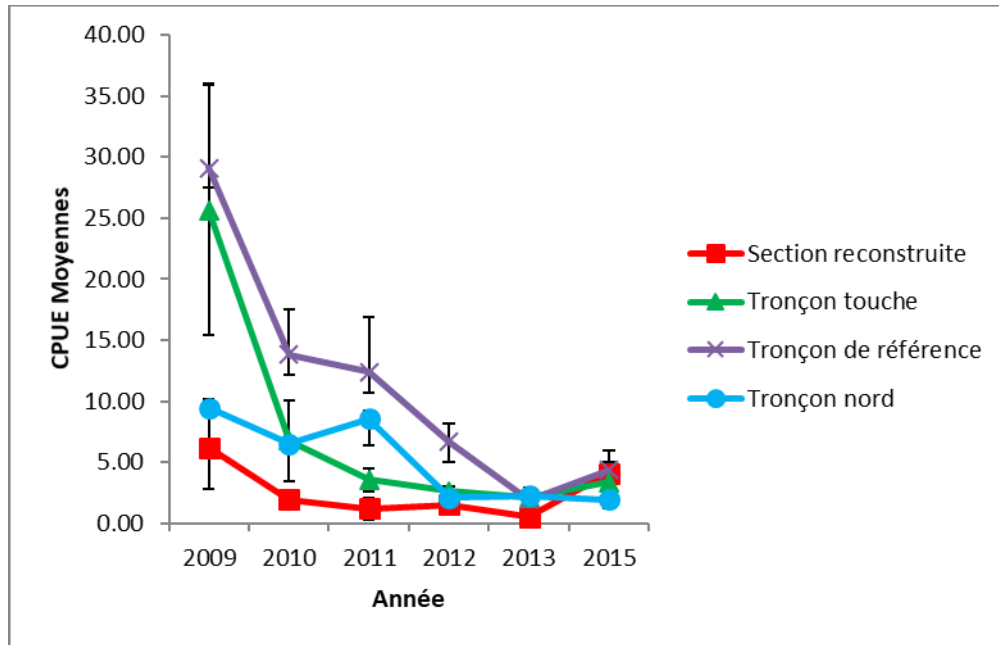


Figure 2. CPUE moyennes pour les brochets vermiculés capturés dans chaque tronçon échantillonné, par année. Les activités d'entretien et de reconstruction du drain ont été menées après la période d'échantillonnage de 2011.

La température moyenne de l'eau du ruisseau a montré une grande variabilité entre les années et les tronçons (Figure 3). La valeur maximale de la température moyenne de l'eau (26,25 °C) a été observée dans le tronçon reconstruit en 2012, tandis que la valeur minimale (15,46 °C) a été observée dans le même tronçon l'année suivante.

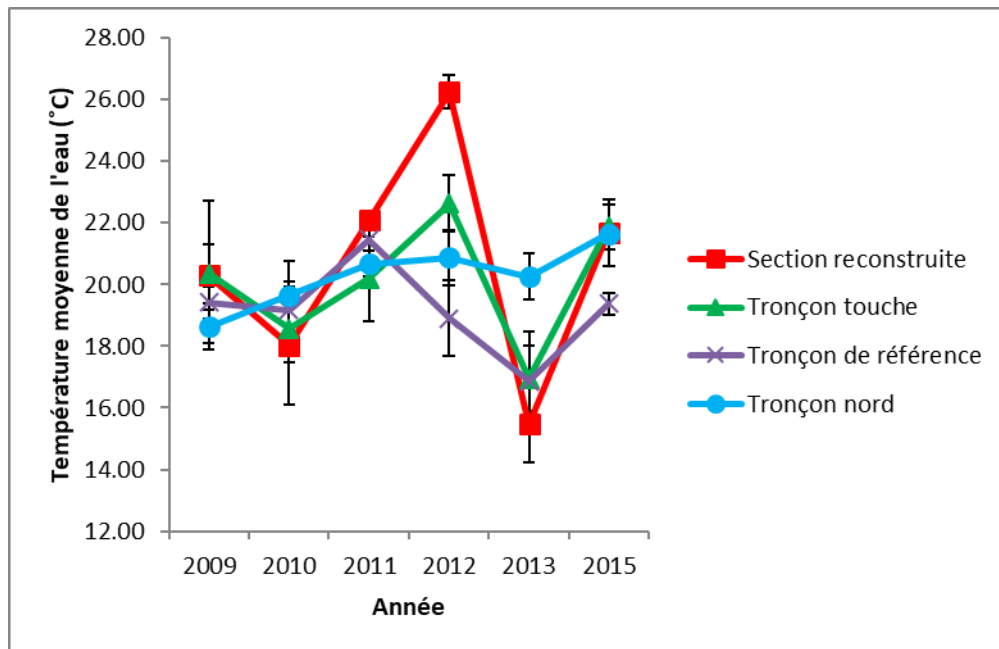


Figure 3. Température moyenne de l'eau pour chaque tronçon échantillonné, par année. Les activités d'entretien et de reconstruction du drain ont été menées après la période d'échantillonnage de 2011.

La conductivité était plus élevée dans le tronçon de référence que dans les autres tronçons échantillonnés, variant de 1 111,3 μS à 1 545,3 μS . Cette conductivité élevée dans le tronçon de référence par rapport aux autres tronçons (Figure 4) a été observée pendant toutes les années où l'échantillonnage a été effectué, sauf la première année suivant la construction. En 2012, la conductivité moyenne dans le tronçon reconstruit était la plus élevée (1 585,7 μS), suivie de celle dans le tronçon de référence (1 545,3 μS).

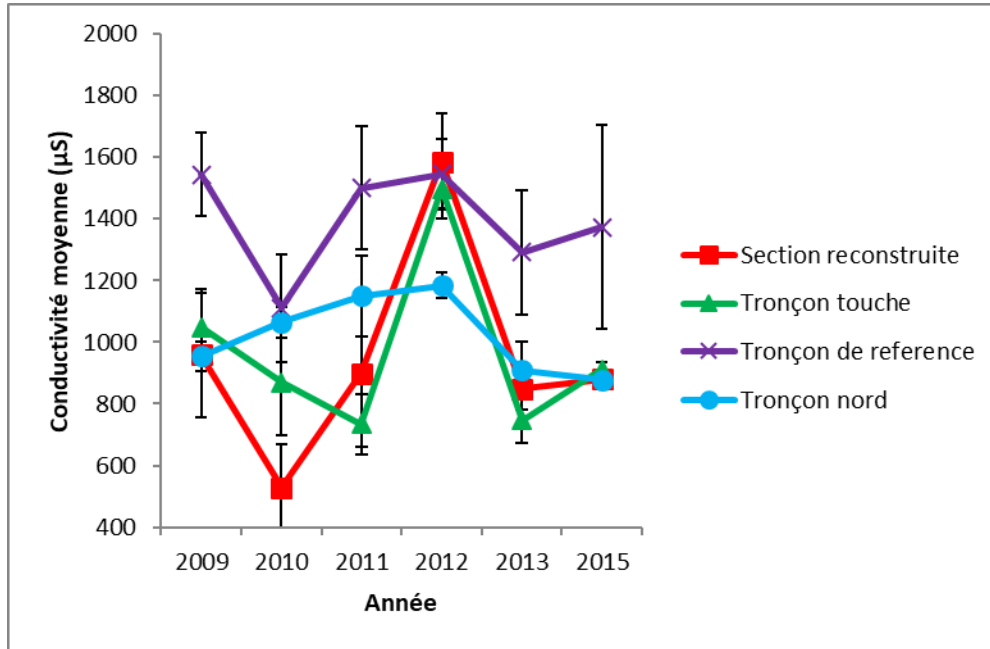


Figure 4. Conductivité moyenne pour chaque tronçon échantillonné, par année. Les activités d'entretien et de reconstruction du drain ont été menées après la période d'échantillonnage de 2011.

La moyenne de la couverture végétale aquatique totale a constamment été la plus faible dans les tronçons touché et reconstruit, et ce, pour toutes les années d'observation (Figure 5). Elle variait de 14,2 % dans le tronçon touché en 2015 à une valeur maximale de 78,7 % dans le tronçon de référence en 2012.

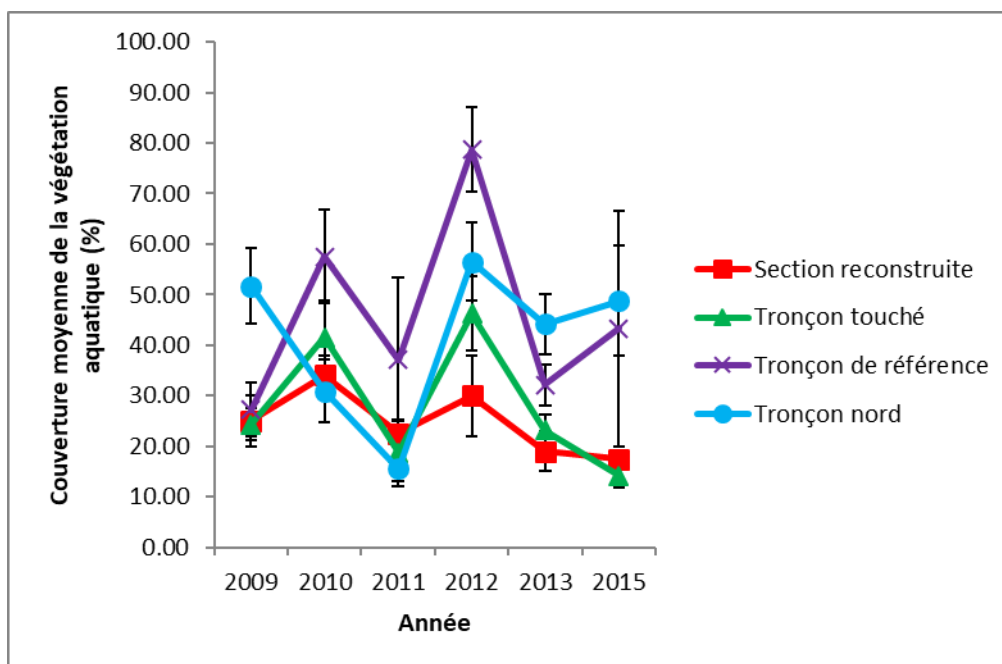


Figure 5. Pourcentage moyen de couverture de la végétation aquatique pour chacun des tronçons échantillonnés, par année. Les activités d'entretien et de reconstruction du drain ont été menées après la période d'échantillonnage de 2011.

La profondeur moyenne d'après le disque de Secchi a été constamment la plus faible dans les tronçons touché et reconstruit, et ce, toutes années confondues (Figure 6). La valeur minimale de la profondeur moyenne d'après le disque de Secchi (0,04 m) a été observée dans la partie reconstruite du tronçon touché en 2011 et la valeur maximale (0,59 m) a été observée dans le tronçon nord en 2015.

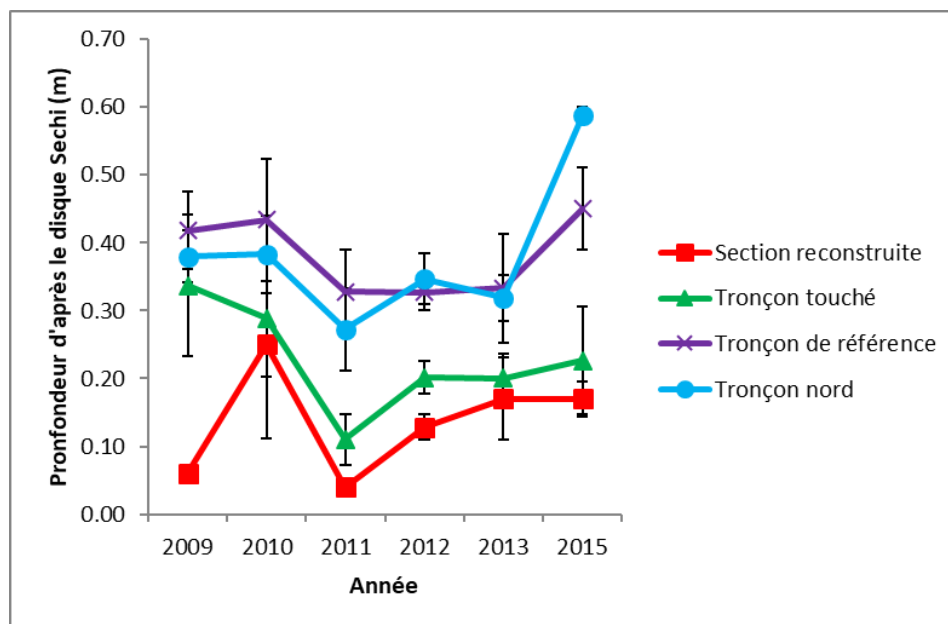


Figure 6. Profondeur moyenne d'après le disque de Secchi dans chaque tronçon échantillonné, par année. Les activités d'entretien et de reconstruction du drain ont été menées après la période d'échantillonnage de 2011.

La profondeur moyenne de l'eau observée était plus faible dans les tronçons touché et reconstruit (Figure 7) par rapport au tronçon nord et au tronçon de référence pour toutes les années échantillonnées. La profondeur moyenne dans la partie reconstruite du ruisseau Beaver a augmenté au cours de la première année suivant la construction, lorsque les nouvelles fosses ont été créées.

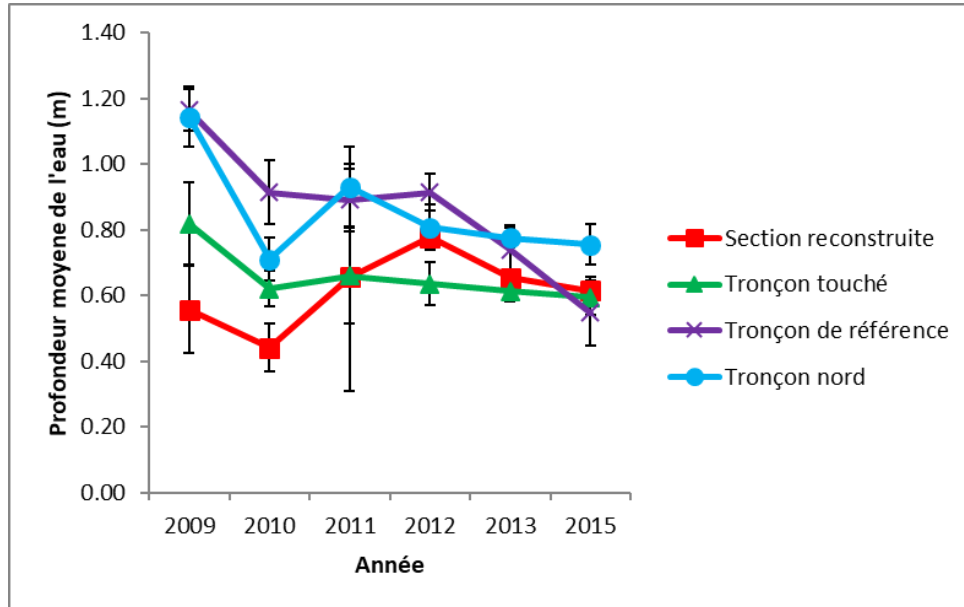


Figure 7. Profondeur moyenne de l'eau dans chacun des tronçons échantillonnés, par année. Les activités d'entretien et de reconstruction du drain ont été menées après la période d'échantillonnage de 2011.

La vitesse moyenne de l'eau a atteint un sommet pour tous les sites en 2011, suivi d'une absence constante de débit mesurable à tous les sites (Figure 8) pendant la période d'échantillonnage. Les données sur la vitesse de l'eau n'étaient pas accessibles pour 2009.

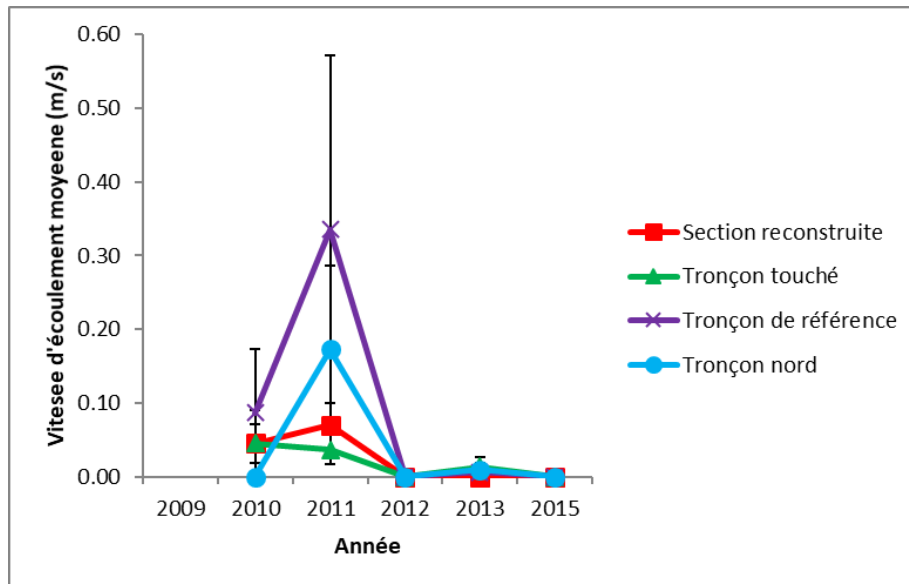


Figure 8. Vitesse moyenne de l'eau dans chaque tronçon échantillonné, par année. Les activités d'entretien et de reconstruction du drain ont été menées après la période d'échantillonnage de 2011.

Lorsqu'on a effectué des ANOVA pour examiner l'effet de l'entretien et de la reconstruction du drain, on a observé plusieurs effets significatifs (Tableau 3, Annexe 2). Une variable d'interaction statistiquement significative dans l'ANOVA BACI, indiquant un effet de l'entretien et de la reconstruction, a été le plus souvent mise en évidence lors de la comparaison de la section reconstruite avec le tronçon de référence. Un effet significatif de l'entretien sur la section reconstruite a été observé dans les CPUE de brochets vermiculés pour la comparaison des observations regroupées avant la reconstruction par rapport aux observations mises en commun après la reconstruction. L'entretien et la reconstruction ont entraîné une augmentation relative des CPUE de brochets vermiculés dans la section reconstruite. L'augmentation des CPUE a été particulièrement évidente au cours de la période d'échantillonnage de 2015. On a également observé un effet significatif sur les CPUE entre le tronçon de référence et le tronçon nord en comparant les échantillons regroupés avant l'entretien avec les échantillons regroupés après celui-ci. Les CPUE de brochets vermiculés dans le tronçon nord sont restées relativement inchangées entre 2012 et 2015, tandis qu'une baisse des CPUE a été observée dans le tronçon de référence entre 2012 et 2013, suivie d'une augmentation en 2015.

On a observé un effet significatif des activités d'entretien sur la température de l'eau pour les trois échelles temporelles en comparant le tronçon de référence avec la section reconstruite. Dans tous les cas, la température a augmenté dans la section reconstruite par rapport au tronçon de référence. On a constaté des effets semblables en comparant le tronçon de référence et le tronçon touché, avant et après les travaux, puis avant et 1 an après la reconstruction. Une augmentation significative de la température de l'eau a également été démontrée dans le tronçon nord par rapport au tronçon de référence à l'échelle temporelle des données regroupées avant et après les travaux.

La conductivité a augmenté considérablement dans la section reconstruite par rapport au tronçon de référence lorsque l'on compare la période d'échantillonnage avant la construction à la première année après la construction. Une conductivité élevée par rapport au tronçon de référence a également été observée dans l'ensemble du tronçon touché, pour les trois échelles temporelles.

En outre, on a observé un effet significatif des activités d'entretien et de reconstruction sur la couverture végétale, qui a été réduite dans la section reconstruite par rapport au tronçon de référence, selon la comparaison entre la période avant la construction et après la construction. La profondeur de l'eau dans la section reconstruite a été augmentée par rapport au tronçon de référence, selon les échelles temporelles avant et après la construction ainsi qu'avant et un an après la construction. On n'a observé aucun effet significatif des activités d'entretien sur la vitesse de l'eau dans les comparaisons.

Tableau 3. Valeurs de la variable d'interaction P pour chacune des comparaisons BACI. Pour le tronçon de référence : A) section reconstruite, B) tronçon touché, C) tronçon nord.

A)	Tronçon de référence/section reconstruite		
	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 significative et, par conséquent, un effet significatif des activités d'entretien et de reconstruction du drain sur la variable propre à ce tronçon.

B)	Tronçon de référence/tronçon touché		
	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 significative et, par conséquent, un effet significatif des activités d'entretien et de reconstruction du drain sur la variable propre à ce tronçon.

C)	Tronçon de référence/tronçon nord		
	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 significative et, par conséquent, un effet significatif des activités d'entretien et de reconstruction du drain sur la variable propre à ce tronçon.

Un total de 27 310 poissons représentant 37 familles ont été capturés pendant la période d'échantillonnage dans les trois tronçons du ruisseau Beaver. Le plus grand nombre d'espèces a été trouvé dans le tronçon nord, et le moins grand nombre, dans le tronçon de référence et la section reconstruite avant l'entretien. L'entretien et la reconstruction n'ont pas eu d'effet significatif sur la communauté de poissons lorsque l'on compare la section reconstruite avec le tronçon de référence, le tronçon touché avec le tronçon de référence ou le tronçon nord avec le tronçon de référence (Tableau 4). Tous les tronçons, y compris le tronçon de référence, ont vu leur richesse en espèces augmenter en 2012.

Tableau 4 : Valeurs de la variable d'interaction P pour chacune des comparaisons avec la fonction Adonis des assemblages de poissons par rapport à une valeur de référence.

Tronçon de référence	Valeurs regroupées avant/après	Valeurs regroupées avant/1 an après	1 an avant/1 an après
Section reconstruite	0,453	0,071	0,910
Tronçon touché	0,605	0,109	0,259
Tronçon nord	0,673	0,605	0,525

Le symbole « * » indique une interaction significative et, par conséquent, un effet significatif des activités d'entretien et de reconstruction du drain.

DISCUSSION

EFFET DE L'ENTRETIEN DE DRAINS SUR L'HABITAT ET L'ABONDANCE DU BROCHET VERMICULÉ

L'entretien et la reconstruction du drain intégrant les principes de l'aménagement naturel des chenaux, effectués dans le ruisseau Beaver à l'automne 2011, ont eu une incidence sur les caractéristiques de l'habitat et les CPUE du brochet vermiculé. La majorité des effets ont été observés dans la section reconstruite du ruisseau, mais ils étaient également évidents dans tout le bras ouest du ruisseau ainsi qu'en aval du confluent des deux bras. Les modifications de l'habitat dues aux activités de drainage par rapport au tronçon de référence se sont manifestées pour un certain nombre de paramètres, notamment : augmentation de la conductivité, diminution de la végétation aquatique, augmentation de la profondeur et augmentation de la température de l'eau. Ces effets ont été les plus fréquents dans la section reconstruite du ruisseau Beaver, en particulier au cours de la première année suivant la reconstruction.

On s'attendait à une augmentation de la profondeur de l'eau dans la section du ruisseau visée par des travaux d'entretien, car la reconstruction a créé cinq fosses où il n'existait qu'une seule fosse peu profonde avant le dragage. Cet effet était évident pendant toute la durée de l'étude effectuée après la reconstruction. L'élimination de la végétation aquatique lors des activités d'entretien de drains est également une pratique courante (*Loi sur le drainage*); on s'attendait donc à la diminution observée de la couverture de végétation aquatique dans la section reconstruite. Cependant, l'effet sur la couverture de végétation a été de courte durée et n'était évident que lorsqu'on a comparé la première année après la construction avec la période d'échantillonnage avant la construction, ce qui indique que la végétation aquatique a commencé à se régénérer dans les années suivantes.

L'augmentation de la conductivité qui a été observée à la fois dans la section reconstruite et dans l'ensemble du tronçon touché peut être due à la mise en suspension de sédiments et de composés chimiques associés dans le lit du cours d'eau. Une augmentation du phosphore réactif soluble et de l'azote inorganique dissous a été observée par Licursi et Gomez (2008) à la suite du dragage d'un cours d'eau de plaine, entraînant une augmentation de la conductivité observée dans la période suivant le dragage. Cette augmentation de la conductivité devrait être de courte durée, car on n'a observé aucun effet sur la turbidité, mesurée par la profondeur d'après le disque de Secchi, découlant des activités d'entretien.

La température de l'eau a montré un effet significatif dans le tronçon reconstruit, ainsi qu'en aval du site d'entretien dans l'ensemble du tronçon touché et dans le tronçon nord. Dans les trois tronçons, la température de l'eau était élevée par rapport au tronçon de référence au cours de la première année suivant la reconstruction. La végétation riveraine bloque le rayonnement solaire entrant, ce qui contribue à maintenir la température du ruisseau à un niveau plus bas (Poole et Berman 2001). Ainsi, l'élimination de la végétation riveraine pendant la construction entraînerait une augmentation de la température de l'eau dans la section reconstruite du ruisseau et des tronçons en aval.

Bien que l'objectif de l'entretien du drain soit d'augmenter la capacité du drain à éliminer les eaux de surface des terres, aucun effet des activités d'entretien et de reconstruction n'a été observé sur la vitesse de l'eau dans le ruisseau Beaver. Il pourrait s'agir d'un effet positif des travaux de reconstruction visant à inclure les principes de l'aménagement naturel des chenaux. Bukaveckas (2007) a démontré que la vitesse de l'eau était plus faible dans les segments de cours d'eau remis à l'état naturel que dans les segments canalisés de cours d'eau similaires. De plus, les activités d'échantillonnage liées à ce projet ont été réalisées en été et des observations cohérentes d'absence de débit mesurable ont été enregistrées à tous les sites. Il

serait probablement plus efficace de faire des observations sur le terrain pendant la crue printanière pour élucider les conséquences des activités d'entretien et de reconstruction de drains sur le régime d'écoulement.

L'abondance du brochet vermiculé dans tous les tronçons du ruisseau Beaver a connu des baisses importantes à deux périodes différentes de l'étude. La première baisse est survenue après la période d'échantillonnage de 2009. Les données relatives à l'âge et à la croissance indiquent que ce déclin pourrait avoir été causé par la dépendance à la densité (Colm *et al.* 2020). La deuxième baisse d'abondance s'est produite en 2012 et était probablement due à une sécheresse extrême et à des températures estivales plus élevées que la normale dans le sud de l'Ontario (Colm et Mandrak 2021). La sécheresse et les températures extrêmes ont entraîné une diminution de l'habitat disponible à mesure que le niveau d'eau du ruisseau Beaver a diminué, ce qui a probablement causé une certaine mortalité dans la population de brochet vermiculé. L'analyse BACI des CPUE de brochets vermiculés a montré que les activités d'entretien et de reconstruction ont eu un effet significatif à la fois sur la section reconstruite du ruisseau Beaver et sur tout le tronçon touché. Les CPUE dans la section reconstruite du ruisseau Beaver étaient plus élevées en 2012 que l'année précédente, malgré la sécheresse qui a provoqué une baisse importante de l'abondance dans d'autres parties du ruisseau, ce qui indique un effet positif lié à la création de fosses. Au cours de la dernière année d'échantillonnage, l'abondance du brochet vermiculé dans la section reconstruite du ruisseau Beaver a atteint une valeur maximale depuis la première année de l'étude (2009) et, contrairement à toutes les années précédentes, elle était aussi élevée que dans le tronçon de référence et plus élevée que dans le tronçon nord. On ne sait pas si l'augmentation des CPUE à la suite des activités d'entretien et de reconstruction du drain est due au déplacement des individus dans la section reconstruite, ou à l'augmentation de la production de brochets vermiculés.

Les communautés de poissons dans la section reconstruite, le tronçon touché et le tronçon nord n'ont pas différé de manière significative après l'entretien et la reconstruction lorsqu'on les compare au tronçon de référence. Cela indique que l'entretien et la reconstruction n'ont eu aucun effet sur ces communautés. Bien que les activités d'entretien puissent avoir une incidence négative sur la diversité des communautés de poissons des cours d'eau en raison de la perte d'habitat approprié (Lau *et al.* 2006), la reconstruction intégrant les éléments de l'aménagement naturel des chenaux semble avoir compensé l'effet de l'entretien.

L'augmentation de la richesse en espèces après l'entretien et la reconstruction qui a été observée en 2012 peut être attribuée à un effort d'échantillonnage plus important par rapport à 2011, ce qui augmenterait la probabilité de détecter des espèces rares. Pendant toutes les années où l'échantillonnage a eu lieu, le tronçon nord a présenté une communauté de poissons plus diversifiés que les tronçons est (de référence) et ouest (touché). Cette diversification plus importante est probablement attribuable au fait que le tronçon nord est un cours d'eau d'ordre supérieur (Whiteside et McNatt 1972); elle ne peut être attribuée aux activités d'entretien et de reconstruction, car les différences ont été constatées avant et après les travaux d'entretien.

Des recherches antérieures ont montré que les activités habituelles d'entretien de drains peuvent avoir des effets négatifs sur l'abondance et la diversité des poissons en raison de la perte ou de la dégradation de l'habitat (Lau *et al.* 2006). L'entretien et le dragage des drains agricoles entraînent une diminution de la qualité de l'habitat en raison de la perte d'hétérogénéité structurelle (Lau *et al.* 2006), de l'élimination de la végétation (*Loi sur le drainage*), de l'augmentation de la température de l'eau (Poole et Berman 2001), de l'augmentation des niveaux de P et de N (Licursi et Gomez 2008) et de l'augmentation de la vitesse d'écoulement (Brooker 1985). Ces effets négatifs de l'entretien des drains et de la canalisation du cours d'eau sont plus susceptibles d'avoir une incidence sur les espèces

sensibles à l'environnement que sur les espèces plus tolérantes (Lau *et al.* 2006). Le brochet vermiculé est sensible aux perturbations environnementales, comme la perte de végétation et la baisse du niveau de l'eau qui entraînent une mortalité hivernale (COSEPAC 2005), et il est susceptible de subir les répercussions découlant de l'entretien des drains agricoles. Bien que certains des effets négatifs potentiels de l'entretien et de la canalisation des drains (conductivité plus élevée, température de l'eau plus élevée, perte de végétation) aient été observés dans le ruisseau Beaver après les activités menées dans le cours d'eau à l'automne 2011, les CPUE de brochet vermiculé ont, en fait, été positivement influencées par les activités d'entretien et de reconstruction du drain. L'influence positive sur les CPUE était probablement due à la reconstruction d'un chenal avec des caractéristiques naturelles. La création de fosses plus profondes a probablement fourni des zones de refuge pendant la sécheresse de 2012, ayant possiblement protégé la population d'un important épisode de mortalité. La reconstruction de la morphologie de fosses et de radiers a également annulé l'augmentation prévue de la vitesse de l'eau qui serait normalement causée par la canalisation (Bukaveckas 2007), ce qui a entraîné la création de l'habitat caractérisé par une faible vitesse d'écoulement dont le brochet vermiculé a besoin (COSEPAC 2005). Une étude antérieure sur la diversité des poissons dans les cours d'eau chauds canalisés de l'Ohio a montré que la création de milieux de fosses et de radiers augmentait la diversité au niveau observé dans les systèmes naturels (Edwards *et al.* 1984). Les futures activités d'entretien des drains menées dans les zones qui soutiennent les populations de brochet vermiculé devraient intégrer des caractéristiques naturelles du chenal afin d'atténuer les effets de l'entretien du drain sur l'habitat qui soutient des fonctions vitales pour le maintien ou l'amélioration des populations de brochets vermiculés. Ces caractéristiques de l'habitat comprennent : des fosses plus profondes qui servent de refuges 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. La présence et la capacité de dispersion d'une population source pour la section reconstruite doivent également être prises en compte lors de la planification des activités d'entretien du drain (Bond et Lake 2003). Les projets d'entretien doivent être échelonnés sur plusieurs années afin d'éviter de réaliser les travaux d'entretien de l'ensemble du cours d'eau en une seule fois pour qu'on puisse s'assurer que la population source est suffisante pour la recolonisation de la zone touchée. Dans le cadre de la présente étude, les effets de l'entretien et de la reconstruction ont été perceptibles jusqu'à l'aval du tronçon nord, au-delà de la confluence du tronçon touché et du tronçon de référence. La distance en aval qui devrait être touchée par l'entretien et la reconstruction, ainsi que la capacité de dispersion des espèces en question, devraient être prises en compte lors de la conception des prochains projets d'entretien de drains.

TECHNIQUES DE SUIVI EFFICACES RELATIVES AUX ACTIVITÉS D'ENTRETIEN DE DRAINS

Le suivi des projets de remise en état de cours d'eau, comme l'entretien et la reconstruction du drain du ruisseau Beaver, est une manière importante, mais souvent négligée, d'évaluer la réussite des projets (Alexander et Allan 2007, Kondolf et Micheli 1995). Le suivi d'un projet doit comporter des observations de base avant la mise en œuvre de ce projet, ainsi que des observations à long terme après l'achèvement du projet afin qu'on puisse évaluer correctement les répercussions connexes (Kondolf 1995).

Le ruisseau Beaver a été échantillonné pendant trois ans avant l'entretien et la reconstruction du drain et a été échantillonné pendant trois des quatre années qui ont suivi la construction. Ce plan d'échantillonnage et l'analyse des données à différentes échelles temporelles a permis d'examiner l'efficacité de suivis d'une durée différente avant et après la construction. Pour

toutes les comparaisons, à l'exception de la conductivité dans le tronçon touché et de la température dans la section reconstruite, on n'a observé aucun effet significatif de l'activité d'entretien et de reconstruction en comparant un an avant et un an après la reconstruction. Cette absence d'effet observé pour la plupart des variables était probablement due à la faible taille de l'échantillon prélevé pendant l'année précédant la construction. Le suivi effectué pendant trois ans avant la construction et un an après celle-ci a permis de détecter les mêmes effets sur la température et la conductivité, ainsi que plusieurs effets supplémentaires sur les mesures d'abondance et d'habitat. Lorsque le suivi a été élargi pour inclure toutes les années précédant et suivant la construction, les effets des travaux d'entretien et de reconstruction sur l'abondance étaient encore évidents pour la section reconstruite et le tronçon nord. Il y a également eu un effet durable sur la profondeur de la section reconstruite et sur la température de l'eau dans la section reconstruite, le tronçon touché et le tronçon nord. Les effets sur la couverture végétale et la conductivité n'étaient plus présents lorsque tous les échantillons post-construction ont été pris en compte, ce qui indique que ces effets ont été de courte durée et que l'habitat s'est rétabli de la perturbation dans les quatre années suivant la construction.

Les résultats obtenus indiquent que la modification de la durée du suivi peut influencer la capacité à détecter les effets des activités de drainage. Dans l'étude, il a fallu effectuer un suivi pendant trois ans avant la construction et quatre ans après la construction afin de déterminer tous les effets des activités effectuées dans le ruisseau. Les observations découlant d'un suivi de cette durée après la construction, qui visait à détecter l'augmentation de la population dans le segment reconstruit, étaient semblables aux observations de l'effet de la remise en état du cours d'eau sur les populations de truites sauvages dans la rivière Blackfoot (Pierce *et al.* 2013), où l'abondance des populations de truites avait augmenté trois ans après la remise en état. Dans d'autres études ciblant des projets de remise en état de cours d'eau, on a suggéré qu'un suivi de base soit effectué aussi longtemps que possible avant la construction et jusqu'à dix ans après la construction (Kondolf 1995). La collecte de données de base et le suivi post-construction doivent être suffisamment longs pour englober les variations climatiques d'une année à l'autre et pour permettre aux populations de poissons de s'adapter aux changements potentiels de la capacité de charge (Kondolf 1995).

La conception de l'étude est un facteur important pour la réussite du suivi d'un projet de remise en état (Kondolf et Micheli 1995). La présente étude a deux défauts de conception, soit des différences de fréquence d'échantillonnage entre les sites et entre les années, et des différences inhérentes aux tronçons touché et de référence avant les activités d'entretien et de reconstruction. En raison de problèmes d'accès aux sites, on a remplacé deux sites échantillonnés en 2009 et 2010 par un site différent qui a été échantillonné lors des années suivantes. En outre, les activités d'échantillonnage n'ont pas été constantes d'une année à l'autre en raison de la disponibilité du personnel de terrain et de la création de nouvelles fosses pendant la reconstruction, qui ont été ajoutées au plan d'échantillonnage après celle-ci. L'inégalité de la fréquence d'échantillonnage entre les années peut entraîner des différences de variance et potentiellement une fausse détection des différences (Smith *et al.* 1993). Le deuxième défaut de la conception de l'étude est le choix du tronçon de référence utilisé pour la comparaison. Dans bon nombre d'analyses BACI, des différences importantes ont été observées entre le tronçon de référence et le tronçon auquel il a été comparé, tant avant qu'après les activités d'entretien et de reconstruction, et ce, malgré la proximité géographique des tronçons. Par exemple, la conductivité dans le tronçon de référence a été extrêmement élevée pendant toutes les années, par rapport aux autres tronçons du cours d'eau. Ces différences inhérentes à l'habitat entre le tronçon de référence et le tronçon touché peuvent être problématiques si les changements des conditions environnementales d'une année à l'autre touchent l'un des tronçons de façon disproportionnée (Smith *et al.* 1993).

Les activités de suivi futures des travaux d'entretien et de reconstruction de drains agricoles devraient viser à normaliser l'échantillonnage entre les sites et entre les années, et à inclure des sites de référence qui sont aussi semblables que possible aux sites touchés.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Alexander, G.G., and Allan, D.J. 2007. Ecological success in stream restoration: case studies from the Midwestern United States. *Environ. Manage.* 40: 245–255.
- Bond, N.R., and Lake, P.S. 2003. Local habitat restoration in streams: constraints on the effectiveness of restoration for stream biota. *Ecol. Manage. Restor.* 4: 193–198.
- Brooker, M.P. 1985. The ecological effects of channelization. *Geogr. J.* 151: 63–69.
- Bukaveckas, P.A. 2007. Effects of channel restoration on water velocity, transient storage, and nutrient uptake in a channelized stream. *Environ. Sci. Technol.* 41: 1570–1576.
- 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.
- 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. 2021. [Résumé des relevés ciblant le brochet vermiculé menés dans le ruisseau Beaver \(Ontario\) de 2009 à 2015](#). Doc. de rech. 2021/047. v + 122 p.
- Edwards, C.J., Griswold, B.L., Tubb, R.A., Weber, E.C., and Woods, L.C. 1984. Mitigating effects of artificial riffles and pools on the fauna of a channelized warmwater stream. *N. Am. J. Fish. Manage.* 4: 194–203.
- Hupp, C.R. 1992. Riparian vegetation recovery patterns following stream channelization: a geomorphic perspective. *Ecology* 73: 1209–1226.
- Kondolf, G.M. 1995. Five elements for effective evaluation of stream restoration. *Restor. Ecol.* 3: 133–136.
- Kondolf, G.M., and Micheli, E.R. 1995. Evaluating stream restoration projects. *Environ. Manage.* 19: 1–15.
- Lau, J.K., Lauer, T.E., and Weinamn, M.L. 2006. Impacts of channelization on stream habitats and associated fish assemblages in east central Indiana. *Am. Midl. Nat.* 156: 319–330.
- Licursi, M., and Gomez, N. 2008. Effects of dredging on benthic diatom assemblages in a lowland stream. *J. Environ. Manage.* 90: 973–982.
- Newbury, R. and Gaboury, M. 1993. Exploration and rehabilitation of hydraulic habitats in streams using principles of fluvial behaviour. *Freshwater Biol.* 29: 195–210.
- 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.
- Pierce, R., Podner, C., and Carim, K. 2013. Response of wild trout to stream restoration over two decades in the Blackfoot River basin, Montana. *Trans. Am. Fish. Soc.* 142: 68–81.

-
- Poole, G.C., and Berman, C.H. 2001. An ecological perspective on in-stream temperature: natural heat dynamics and mechanisms of human-caused thermal degradation. *Environ. Manage.* 27: 787–802.
- Scott, W.B., and Crossman, E.J. 1998. *Freshwater fishes of Canada*. Galt House Publishing Ltd., Oakville, ON. 966 p.
- Simon, A. 1989. The discharge of sediment in channelized alluvial streams. *Water Resor. Bull.* 25(6): 1177–1188.
- Smith, E.P., Orvos, D.R., and Cairns, J. Jr. 1993. Impact assessment using the before-after-control-impact (BACI) model: concerns and comments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 627–637.
- 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.
- Walser, C.A., and Bart, H.L. Jr. 1999. Influence of agriculture on in-stream habitat and fish community structure in Piedmont watersheds of the Chattahoochee River system. *Ecol. Freshw. Fish.* 8: 237–246.
- Walters, D., and Shrubsole, D. 2003. Agricultural drainage and wetland management in Ontario. *J. Environ. Manage.* 69: 369–379.
- Whiteside, B.G., and McNatt, R.M. 1972. Fish species diversity in relation to stream order and physicochemical conditions in the Plume Creek drainage basin. *Amer. Midl. Natur.* 88: 90–101.

ANNEXE 1. DONNÉES SUR LA COMMUNAUTÉ DE POISSONS PAR ANNÉE

Tableau A1. Espèces de poissons capturés à la senne dans chaque tronçon du ruisseau Beaver de 2009 à 2015. Des activités d'entretien et de reconstruction du drain ont été menées à la suite de la période d'échantillonnage, soit en 2011. Dans le tableau, « Réf. » correspond au tronçon de référence, « R », à la section reconstruite, « T », au tronçon touché, et « N », au tronçon du nord. Les espèces sont classées par ordre phylogénétique.

Espèce	2009				2010				2011				2012				2013				2015			
	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N
<i>Dorosoma cepedianum</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carassius auratus</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Couesius plumbeus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyprinus carpio</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	X	X	-
<i>Luxilus chrysocephalus</i>	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Luxilus cornutus</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notemigonus crysoleucas</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Notropis atherinoides</i>	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-
<i>Notropis hudsonius</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notropis volucellus</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pimephales notatus</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	X	X	X	-	X	X	-
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Catostomus commersoni</i>	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Moxostoma valenciennesi</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Ameiurus melas</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	X	X	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X
<i>Ameiurus natalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Ameiurus nebulosus</i>	-	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X

Espèce	2009				2010				2011				2012				2013				2015			
	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N	Réf.	R	T	N
<i>Ictalurus punctatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-
<i>Noturus gyrinus</i>	-	X	X	X	-	X	X	-	X	-	X	-	-	X	X	X	-	X	X	X	-	X	X	-
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Esox americanus vermiculatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Esox lucius</i>	-	-	-	X	-	-	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X
<i>Esox masquinongy</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Umbra limi</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Labidesthes sicculus</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ambloplites rupestris</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Lepomis cyanellus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X
<i>Lepomis gibbosus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Lepomis macrochirus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X
<i>Lepomis megalotis</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micropterus dolomieu</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micropterus salmoides</i>	X	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Etheostoma nigrum</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X
<i>Perca flavescens</i>	-	X	X	X	-	-	-	X	X	-	X	X	X	-	-	X	-	-	X	X	-	X	X	X
<i>Neogobius melanostomus</i>	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X

ANNEXE 2. RÉSULTATS COMPLETS DE L'ANOVA FACTORIELLE BACI

L'ensemble complet des résultats de l'ANOVA factorielle BACI pour chaque comparaison. Le texte en rouge indique une valeur de P significative ($P < 0,05$).

Tableau A2.1. Abondance : Données regroupées avant/après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	5 135,02	1	5 135,02	50,61050	0,000000
Avant/après	1 207,62	1	1 207,62	11,90230	0,000704
Réf./reconst.	2 286,70	1	2 286,70	22,53759	0,000004
Interaction	861,53	1	861,53	8,49120	0,004040
Erreur	17 552,84	173	101,462	-	-

Tableau A2.2. Abondance : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	4 834,36	1	4 834,36	34,47209	0,000000
Avant/après	841,83	1	841,83	6,00281	0,015714
Réf./reconst.	2 343,65	1	2 343,65	16,71168	0,000079
Interaction	531,55	1	531,55	3,79031	0,053867
Erreur	16 969,04	121	140,240	-	-

Tableau A2.3. Abondance : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	1 291,094	1	1 291,094	13,15938	0,000472
Avant/après	77,682	1	77,682	0,79177	0,375912
Réf./reconst.	725,799	1	725,799	7,39765	0,007823
Interaction	99,386	1	99,386	1,01299	0,316857
Erreur	8 928,202	91	98,112	-	-

Tableau A2.4. Abondance : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	15 984,7	1	15 984,7	131,8574	0,000000
Avant/après	4 925,00	1	4 925,00	40,6262	0,000000
Réf./touché	1 306,48	1	2 306,48	10,7771	0,001171
Interaction	290,6	1	290,6	2,3972	0,122791
Erreur	31 034,16	256	121,23	-	-

Tableau A2.5. Abondance : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	14 728,10	1	14 728,10	89,76034	0,000000
Avant/après	3 520,37	1	3 520,37	21,45487	0,000007
Réf./touché	1 436,79	1	2 436,79	8,75648	0,003493
Interaction	120,58	1	120,58	0,73490	0,392421
Erreur	30 027,10	183	-	-	-

Tableau A2.6. Abondance : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	3 926,554	1	3 926,554	55,49734	0,000000
Avant/après	270,612	1	270,612	3,82480	0,052505
Réf./touché	1 013,894	1	1 013,894	14,33023	0,000227
Interaction	138,828	1	138,828	1,96218	0,163509
Erreur	9 834,542	139	70,752	-	-

Tableau A2.7. Abondance : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	15 696,20	1	15 696,20	155,2336	0,000000
Avant/après	4 745,66	1	4 745,66	46,9341	0,000000
Réf./nord	2 233,92	1	2 233,92	22,0932	0,000004
Interaction	561,09	1	561,09	5,5491	0,019230
Erreur	26 390,59	261	101,11	-	-

Tableau A2.8. Abondance : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	13 846,43	1	13 846,43	105,3154	0,000000
Avant/après	3 245,16	1	3 245,16	24,6826	0,000001
Réf./nord	2 279,91	1	2 279,91	17,3409	0,000047
Interaction	258,08	1	258,08	1,9629	0,162798
Erreur	25 506,31	194	131,48	-	-

Tableau A2.9. Abondance : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	6 142,95	1	6 142,95	67,62095	0,000000
Avant/après	1 027,70	1	1 027,70	11,31276	0,001002
Réf./nord	490,62	1	490,62	5,40074	0,021621
Interaction	4,10	1	4,10	0,04516	0,832031
Erreur	12 263,93	135	90,844	-	-

Tableau A2.10. Température de l'eau : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	28 766,48	1	28 766,48	1 833,103	0,000000
Avant/après	12,99	1	12,99	0,828	0,365622
Réf./reconst.	69,68	1	69,68	4,440	0,038236
Interaction	91,91	1	91,91	5,857	0,017784
Erreur	1 255,42	80	15,69	-	-

Tableau A2.11. Température de l'eau : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	24 440,41	1	24 440,41	2 215,163	0,000000
Avant/après	116,60	1	116,60	10,568	0,001875
Réf./reconst.	170,38	1	170,38	15,443	0,000220
Interaction	199,94	1	199,94	18,121	0,000073

	SC	DL	CM	F	P
Erreur	673,03	61	11,03	-	-

Tableau A2.12. Température de l'eau : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	9 831,462	1	9 831,462	817,0244	0,000000
Avant/après	3,249	1	3,249	0,2700	0,607021
Réf./reconst.	79,145	1	79,145	6,5772	0,015394
Interaction	56,694	1	56,694	4,7114	0,037741
Erreur	373,031	31	12,033	-	-

Tableau A2.13. Température de l'eau : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	46623,77	1	46623,77	3048,060	0,000000
Avant/après	0,00	1	0,00	0,000	0,996133
Réf./touché	39,40	1	39,40	2,576	0,111131
Interaction	60,20	1	60,20	3,935	0,049560
Erreur	1835,55	120	15,30	-	-

Tableau A2.14. Température de l'eau : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	36 752,45	1	36 752,45	2 588,868	0,000000
Avant/après	26,58	1	26,58	1,872	0,174540
Réf./touché	66,52	1	66,52	4,686	0,032970
Interaction	89,04	1	89,04	6,272	0,014006
Erreur	1 320,26	93	14,20	-	-

Tableau A2.15. Température de l'eau : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	18 303,41	1	18 303,41	1 029,292	0,000000
Avant/après	0,05	1	0,05	0,003	0,959980
Réf./touché	15,60	1	15,60	0,877	0,353533
Interaction	65,95	1	65,95	3,709	0,059936
Erreur	871,34	49	17,78	-	-

Tableau A2.16. Température de l'eau : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	48 149,82	1	48 149,82	4 284,386	0,000000
Avant/après	0,26	1	0,26	0,023	0,879209
Réf./nord	33,55	1	33,55	2,986	0,086479
Interaction	54,99	1	54,99	4,893	0,028788
Erreur	1 404,81	125	11,24	-	-

Tableau A2.17. Température de l'eau : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	35 396,31	1	35 396,31	2 946,580	0,000000
Avant/après	1,13	1	1,13	0,094	0,759419
Réf./nord	15,84	1	15,84	1,318	0,253683
Interaction	28,72	1	28,72	2,391	0,125210
Erreur	1 189,25	99	12,01	-	-

Tableau A2.18. Température de l'eau : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	18 102,88	1	18 102,88	1 300,269	0,000000
Avant/après	15,01	1	15,01	1,078	0,304448
Réf./nord	3,64	1	3,64	0,261	0,611546
Interaction	20,63	1	20,63	1,482	0,229562
Erreur	654,35	47	13,92	-	-

Tableau A2.19. Conductivité : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	102 635 377	1	102 635 377	406,7505	0,000000
Avant/après	1 757 322	1	1 757 322	6,9644	0,009991
Réf./reconst.	2 971 101	1	2 971 101	11,7747	0,000953
Interaction	822 242	1	822 242	3,2586	0,074812
Erreur	20 186 404	80	252 330	-	-

Tableau A2.20. Conductivité : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	93 188 593	1	93 188 593	384,1758	0,000000
Avant/après	3 739 364	1	3 739 364	15,4158	0,000222
Réf./reconst.	1 162 537	1	1 162 537	4,7926	0,032418
Interaction	1 507 853	1	1 507 853	6,2162	0,015387
Erreur	14 796 621	61	242 568	-	-

Tableau A2.21. Conductivité : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	38 208 328	1	38 208 328	172,9401	0,000000
Avant/après	669 015	1	669 015	3,0281	0,091753
Réf./reconst.	391 443	1	391 443	1,7718	0,192871
Interaction	512 803	1	512 803	2,3211	0,137770
Erreur	6 848 951	31	220 934	-	-

Tableau A2.22. Conductivité : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	180 649 217	1	180 649 217	713,5114	0,000000
Avant/après	1 295 765	1	1 295 765	5,1179	0,025480
Réf./touché	3 885 661	1	3 885 661	15,3472	0,000149
Interaction	352 555	1	352 555	1,3925	0,240319

	SC	DL	CM	F	P
Erreur	30 382 005	120	253 183	-	-

Tableau A2.23. Conductivité : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	156 893 473	1	156 893 473	654,1999	0,000000
Avant/après	3 601 645	1	3 601 645	15,0178	0,000198
Réf./touché	1 493 896	1	1 493 896	6,2291	0,014328
Interaction	987 292	1	987 292	4,1167	0,045320
Erreur	22 303 722	93	239 825	-	-

Tableau A2.24. Conductivité : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	73 661 545	1	73 661 545	385,7623	0,000000
Avant/après	1 726 539	1	1 726 539	9,0418	0,004155
Réf./touché	1 749 446	1	1 749 446	9,1618	0,003932
Interaction	1 359 082	1	1 359 082	7,1175	0,010319
Erreur	9 356 581	49	190 951	-	-

Tableau A2.25. Conductivité : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	187 292 676	1	187 292 676	1 235,556	0,000000
Avant/après	91 468	1	91 468	0,603	0,438759
Réf./nord	3 885 233	1	3 885 233	25,631	0,000001
Interaction	62 883	1	62 883	0,415	0,520715
Erreur	18 796 637	124	151 586	-	-

Tableau A2.26. Conductivité : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	146 676 156	1	146 676 156	1 006,072	0,000000
Avant/après	603 097	1	603 097	4,137	0,044665
Réf./nord	2 499 186	1	2 499 186	17,142	0,000074
Interaction	15 349	1	15 349	0,105	0,746270
Erreur	14 287 506	98	145 791	-	-

Tableau A2.27. Conductivité : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	77 558 654	1	77 558 654	578,8255	0,000000
Avant/après	16 479	1	16 479	0,1230	0,727418
Réf./nord	1 348 369	1	1 348 369	10,0630	0,002694
Interaction	430	1	430	0,0032	0,955048
Erreur	6 163 686	46	133 993	-	-

Tableau A2.27. Couverture végétale : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	111 890,3	1	111 890,3	129,9348	0,000000

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	970,4	1	970,4	1,1269	0,291635
Réf./reconst.	11 229,2	1	11 229,2	13,0402	0,000530
Interaction	2 311,6	1	2 311,6	2,6844	0,105261
Erreur	68 890,1	80	861,1	-	-

Tableau A2.28. Couverture végétale : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	113 835,4	1	113 835,4	132,4237	0,000000
Avant/après	4 788,4	1	4 788,4	5,5703	0,021482
Réf./reconst.	13 604,3	1	13 604,3	15,8257	0,000187
Interaction	4 284,6	1	4 284,6	4,9842	0,029261
Erreur	52 437,4	61	859,6	-	-

Tableau A2.29. Couverture végétale : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	35 729,13	1	35 729,13	34,25336	0,000002
Avant/après	3 031,23	1	3 031,23	2,90603	0,097941
Réf./reconst.	5 055,26	1	5 055,26	4,84645	0,035032
Interaction	1 460,06	1	1 460,06	1,39975	0,245480
Erreur	33 378,69	32	1 043,08	-	-

Tableau A2.30. Couverture végétale : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	213 181,0	1	213 181,0	224,3903	0,000000
Avant/après	4 022,2	1	4 022,2	4,2337	0,041831
Réf./touché	10 630,9	1	10 630,9	11,1899	0,001103
Interaction	1 457,5	1	1 457,5	1,5342	0,217945
Erreur	112 105,3	118	950,0	-	-

Tableau A2.31. Couverture végétale : Valeurs regroupées avant – 1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	218 770,9	1	218 770,9	225,2164	0,000000
Avant/après	14 767,9	1	14 767,9	15,2030	0,000184
Réf./touché	10 957,1	1	10 957,1	11,2799	0,001146
Interaction	2 327,0	1	2 327,0	2,3955	0,125154
Erreur	88 395,7	91	971,4	-	-

Tableau A2.32. Couverture végétale : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	86 903,01	1	86 903,01	74,31903	0,000000
Avant/après	12 664,56	1	12 664,56	10,83067	0,001835
Réf./touché	6 862,50	1	6 862,50	5,86878	0,019077
Interaction	522,79	1	522,79	0,44708	0,506798
Erreur	58 466,19	50	1 169,32	-	-

Tableau A2.33. Couverture végétale : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	275 207,5	1	275 207,5	295,4329	0,000000
Avant/après	10 112,6	1	10 112,6	10,8558	0,001290
Réf./nord	2 659,7	1	2 659,7	2,8552	0,093632
Interaction	9,5	1	9,5	0,0102	0,919796
Erreur	11 3647,8	122	931,5	-	-

Tableau A2.34. Couverture végétale : Valeurs regroupées avant – 1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	249 955,8	1	249 955,8	263,5182	0,000000
Avant/après	19 120,4	1	19 120,4	20,1578	0,000020
Réf./nord	5 331,1	1	5 331,1	5,6203	0,019751
Interaction	1 001,9	1	1 001,9	1,0563	0,306653
Erreur	91 059,2	96	948,5	-	-

Tableau A2.35. Couverture végétale : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	95 223,86	1	95 223,86	91,34945	0,000000
Avant/après	18 349,63	1	18 349,63	17,60303	0,000120
Réf./nord	5 165,22	1	5 165,22	4,95506	0,030847
Interaction	0,91	1	0,91	0,00087	0,976610
Erreur	48 993,41	47	1 042,41	-	-

Tableau A2.36. Profondeur d'après le disque de Secchi : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	4,411218	1	4,411218	134,6441	0,000000
Avant/après	0,018175	1	0,018175	0,5548	0,458868
Réf./reconst.	0,745376	1	0,745376	22,7512	0,000010
Interaction	0,009666	1	0,009666	0,2950	0,588740
Erreur	2,293345	70	0,032762	-	-

Tableau A2.37. Profondeur d'après le disque de Secchi : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	2,833549	1	2,833549	75,54124	0,000000
Avant/après	0,032923	1	0,032923	0,87772	0,353157
Réf./reconst.	0,530227	1	0,530227	14,13564	0,000432
Interaction	0,005499	1	0,005499	0,14661	0,703358
Erreur	1,950518	52	0,037510	-	-

Tableau A2.38. Profondeur d'après le disque de Secchi : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,765632	1	0,765632	77,84574	0,000000
Avant/après	0,008570	1	0,008570	0,87138	0,359870

	SC	DL	CM	F	P
Réf./reconst.	0,267204	1	0,267204	27,16801	0,000024
Interaction	0,009134	1	0,009134	0,92869	0,344814
Erreur	0,236046	24	0,009835	-	-

Tableau A2.39. Profondeur d'après le disque de Secchi : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	9,674395	1	9,674395	263,9920	0,000000
Avant/après	0,065647	1	0,065647	1,7913	0,183626
Réf./touché	0,601933	1	0,601933	16,4254	0,000097
Interaction	0,002449	1	0,002449	0,0668	0,796512
Erreur	3,884533	106	0,036647	-	-

Tableau A2.40. Profondeur d'après le disque de Secchi : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	6,714471	1	6,714471	164,6503	0,000000
Avant/après	0,071582	1	0,071582	1,7553	0,188936
Réf./touché	0,393438	1	0,393438	9,6478	0,002613
Interaction	0,005416	1	0,005416	0,1328	0,716482
Erreur	3,303195	81	0,040780	-	-

Tableau A2.41. Profondeur d'après le disque de Secchi : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	2,201760	1	2,201760	190,4725	0,000000
Avant/après	0,018970	1	0,018970	1,6411	0,207370
Réf./touché	0,279234	1	0,279234	24,1564	0,000015
Interaction	0,020182	1	0,020182	1,7459	0,193713
Erreur	0,473938	41	0,011559	-	-

Tableau A2.42. Profondeur d'après le disque de Secchi : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	14,94358	1	14,94358	472,4782	0,000000
Avant/après	0,01156	1	0,01156	0,3654	0,546769
Réf./nord	0,00487	1	0,00487	0,1539	0,695637
Interaction	0,04083	1	0,04083	1,2910	0,258348
Erreur	3,44746	109	0,03163	-	-

Tableau A2.43. Profondeur d'après le disque de Secchi : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	10,12867	1	10,12867	305,1906	0,000000
Avant/après	0,03416	1	0,03416	1,0293	0,313132
Réf./nord	0,00496	1	0,00496	0,1494	0,700065
Interaction	0,02559	1	0,02559	0,7711	0,382299
Erreur	2,88736	87	0,03319	-	-

Tableau A2.44. Profondeur d'après le disque de Secchi : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	3,928295	1	3,928295	185,0268	0,000000
Avant/après	0,013038	1	0,013038	0,6141	0,437755
Réf./nord	0,003130	1	0,003130	0,1474	0,703003
Interaction	0,014059	1	0,014059	0,6622	0,420494
Erreur	0,870469	41	0,021231	-	-

Tableau A2.45. Profondeur de l'eau : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	40,67365	1	40,67365	597,8936	0,000000
Avant/après	0,02158	1	0,02158	0,3172	0,574887
Réf./reconst.	1,19031	1	1,19031	17,4973	0,000073
Interaction	0,72674	1	0,72674	10,6829	0,001595
Erreur	5,44226	80	0,06803	-	-

Tableau A2.46. Profondeur de l'eau : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	33,11678	1	33,11678	449,0986	0,000000
Avant/après	0,22980	1	0,22980	3,1163	0,082435
Réf./reconst.	0,82645	1	0,82645	11,2076	0,001389
Interaction	0,54230	1	0,54230	7,3542	0,008647
Erreur	4,57191	62	0,07374	-	-

Tableau A2.47. Profondeur de l'eau : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	14,04343	1	14,04343	209,4538	0,000000
Avant/après	0,06918	1	0,06918	1,0317	0,317614
Réf./reconst.	0,10331	1	0,10331	1,5408	0,223814
Interaction	0,04424	1	0,04424	0,6598	0,422838
Erreur	2,07848	31	0,06705	-	-

Tableau A2.48. Profondeur de l'eau : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	71,06478	1	71,06478	1006,617	0,000000
Avant/après	0,41100	1	0,41100	5,822	0,017382
Réf./touché	1,78889	1	1,78889	25,339	0,000002
Interaction	0,07935	1	0,07935	1,124	0,291240
Erreur	8,25992	117	0,07060	-	-

Tableau A2.49. Profondeur de l'eau : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	54,97248	1	54,97248	671,1611	0,000000
Avant/après	0,08430	1	0,08430	1,0292	0,313071

	SC	DL	CM	F	P
Réf./touché	1,76465	1	1,76465	21,5446	0,000012
Interaction	0,00220	1	0,00220	0,0268	0,870234
Erreur	7,37159	90	0,08191	-	-

Tableau A2.50. Profondeur de l'eau : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	23,31659	1	23,31659	296,4742	0,000000
Avant/après	0,00000	1	0,00000	0,0000	0,995050
Réf./touché	0,63004	1	0,63004	8,0110	0,006871
Interaction	0,00556	1	0,00556	0,0707	0,791533
Erreur	3,61773	46	0,07865	-	-

Tableau A2.51. Profondeur de l'eau : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	105,5120	1	105,5120	1208,116	0,000000
Avant/après	1,3691	1	1,3691	15,676	0,000123
Réf./nord	0,0023	1	0,0023	0,026	0,872158
Interaction	0,0417	1	0,0417	0,477	0,490943
Erreur	11,3537	130	0,0873	-	-

Tableau A2.52. Profondeur de l'eau : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	76,53696	1	76,53696	758,2990	0,000000
Avant/après	0,48485	1	0,48485	4,8037	0,030629
Réf./nord	0,02115	1	0,02115	0,2095	0,648113
Interaction	0,12479	1	0,12479	1,2364	0,268735
Erreur	10,49697	104	0,10093	-	-

Tableau A2.53. Profondeur de l'eau : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	41,24092	1	41,24092	430,3791	0,000000
Avant/après	0,03272	1	0,03272	0,3414	0,561638
Réf./nord	0,01462	1	0,01462	0,1525	0,697779
Interaction	0,07055	1	0,07055	0,7362	0,394978
Erreur	4,79123	50	0,09582	-	-

Tableau A2.54. Vitesse du courant : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,169191	1	0,169191	4,042464	0,050522
Avant/après	0,165024	1	0,165024	3,942910	0,053323
Réf./reconst.	0,072160	1	0,072160	1,724122	0,195970
Interaction	0,069448	1	0,069448	1,659321	0,204428
Erreur	1,841546	44	0,041853	-	-

Tableau A2.55. Vitesse du courant : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,141385	1	0,141385	2,074649	0,161261
Avant/après	0,141385	1	0,141385	2,074649	0,161261
Réf./reconst.	0,059902	1	0,059902	0,878993	0,356789
Interaction	0,059902	1	0,059902	0,878993	0,356789
Erreur	1,840022	27	0,068149	-	-

Tableau A2.56. Vitesse du courant : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,118637	1	0,118637	1,565558	0,223996
Avant/après	0,118637	1	0,118637	1,565558	0,223996
Réf./reconst.	0,050793	1	0,050793	0,670272	0,421737
Interaction	0,050793	1	0,050793	0,670272	0,421737
Erreur	1,667150	22	0,075780	-	-

Tableau A2.57. Vitesse du courant : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,258479	1	0,258479	7,488343	0,008388
Avant/après	0,232930	1	0,232930	6,748161	0,012070
Réf./touché	0,122718	1	0,122718	3,555237	0,064742
Interaction	0,130388	1	0,130388	3,777430	0,057168
Erreur	1,863948	54	0,034518	-	-

Tableau A2.58. Vitesse du courant : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,207133	1	0,207133	4,151099	0,048807
Avant/après	0,207133	1	0,207133	4,151099	0,048807
Réf./touché	0,106734	1	0,106734	2,139024	0,152036
Interaction	0,106734	1	0,106734	2,139024	0,152036
Erreur	1,846241	37	0,049898	-	-

Tableau A2.59. Vitesse du courant : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,208558	1	0,208558	3,747419	0,062362
Avant/après	0,208558	1	0,208558	3,747419	0,062362
Réf./touché	0,134377	1	0,134377	2,414508	0,130703
Interaction	0,134377	1	0,134377	2,414508	0,130703
Erreur	1,669617	30	0,055654	-	-

Tableau A2.60. Vitesse du courant : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,370871	1	0,370871	9,463269	0,003339
Avant/après	0,347766	1	0,347766	8,873721	0,004388
Réf./nord	0,048640	1	0,048640	1,241115	0,270379
Interaction	0,051704	1	0,051704	1,319286	0,255976

	SC	DL	CM	F	P
Erreur	2,037909	52	0,039191	-	-

Tableau A2.61. Vitesse du courant : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,293415	1	0,293415	4,769076	0,036188
Avant/après	0,293415	1	0,293415	4,769076	0,036188
Réf./nord	0,040971	1	0,040971	0,665925	0,420328
Interaction	0,040971	1	0,040971	0,665925	0,420328
Erreur	2,030306	33	0,061524	-	-

Tableau A2.62. Vitesse du courant : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Ordonnée à l'origine	0,430347	1	0,430347	6,612641	0,015726
Avant/après	0,430347	1	0,430347	6,612641	0,015726
Réf./nord	0,044122	1	0,044122	0,677969	0,417245
Interaction	0,044122	1	0,044122	0,677969	0,417245
Erreur	1,822225	28	0,065079	-	-

Tableau A2.63. Assemblage de poissons : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	11,008	1	11,008	5,58951	0,001
Réf./reconst.	9,887	1	9,887	5,2946	0,001
Interaction	1,771	1	1,771	0,9483	0,453
Erreur	63,491	34	1,8674	-	-

Tableau A2.64. Assemblage de poissons : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	7,628	1	7,628	5,2137	0,001
Réf./reconst.	4,775	1	4,775	3,2636	0,010
Interaction	2,850	1	2,850	1,9478	0,071
Erreur	27,799	19	1,4631	-	-

Tableau A2.65. Assemblage de poissons : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/section reconstruite.

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	3,247	1	3,247	2,05502	0,075
Réf./reconst.	1,5851	1	1,5851	1,00318	0,430
Interaction	0,7118	1	0,7118	0,45046	0,910
Erreur	14,2205	9	1,5801	-	-

Tableau A2.66. Assemblage de poissons : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	0,65665	1	0,65665	4,23	0,001
Réf./touché	1,0351	1	1,0351	6,668	0,001

	SC	DL	CM	F	P
Interaction	0,1181	1	0,1181	0,7608	0,605
Erreur	7,1408	46	0,15523	-	-

Tableau A2.67. Assemblage de poissons : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	0,5492	1	0,5492	4,4767	0,002
Réf./touché	0,5585	1	0,5585	4,5530	0,003
Interaction	0,2051	1	0,2051	1,6720	0,109
Erreur	3,3122	27	-	-	-

Tableau A2.68. Assemblage de poissons : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon touché.

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	0,28424	1	0,28424	2,0084	0,051
Réf./touché	0,210	1	0,210	1,4838	0,159
Interaction	0,17621	1	0,17621	1,2450	0,259
Erreur	1,83987	13	-	-	-

Tableau A2.69. Assemblage de poissons : Valeurs regroupées avant/après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	0,3849	1	0,3849	1,979	0,070
Réf./nord	1,4334	1	1,4334	7,3703	0,001
Interaction	0,1281	1	0,1281	0,6584	0,673
Erreur	7,7795	40	0,19449	-	-

Tableau A2.70. Assemblage de poissons : Valeurs regroupées avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	0,8089	1	0,8089	4,4116	0,004
Réf./nord	1,4532	1	1,4532	7,9258	0,001
Interaction	0,12813	1	0,12813	0,6988	0,605
Erreur	4,7671	26	0,18335	-	-

Tableau A2.70. Assemblage de poissons : 1 an avant/1 an après, tronçon de référence/tronçon nord.

	SC	DL	CM	F	P
Avant/après	0,6219	1	0,6219	3,10268	0,003
Réf./nord	0,4604	1	0,4604	2,29674	0,031
Interaction	0,1806	1	0,1806	0,90107	0,525
Erreur	2,0044	10	2,0044	-	-