

**Étude de l'habitat d'une espèce en péril au Canada, le fouille-roche gris
(Percidae : *Percina copelandi*), dans quatre tributaires de la rivière des
Outaouais**

Thèse soumise à la Faculté des études supérieures et postdoctorales,

Université d'Ottawa

En vue de l'obtention de la maîtrise ès sciences en biologie

Thesis submitted to the Faculty of Graduate and Postdoctoral Studies

University of Ottawa

In partial fulfillment of the requirements for the M.Sc. degree in biology

Table des matières

Résumé	1
Introduction générale	3
Contexte.....	3
Programmes de rétablissement du fouille-roche gris.....	5
Objectifs spécifiques.....	6
Méthodologie	8
Chapitre 1 : Habitat du fouille-roche gris (Percidae : <i>Percina copelandi</i>) dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, Canada)	9
Résumé.....	10
Introduction.....	11
Matériel et méthode.....	12
Échantillonnage des poissons et variables environnementales.....	12
Analyses statistiques.....	14
Résultats.....	16
Discussion.....	19
Remerciements.....	22
Références.....	24
Tableaux.....	29
Figures.....	34

Chapitre 2 : Distribution et reproduction du fouille-roche gris (Percidae : <i>Percina copelandi</i>) dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, Canada).....	38
Résumé.....	39
Introduction.....	40
Matériel et méthode.....	41
Distribution.....	41
Reproduction.....	43
Résultats.....	44
Distribution.....	44
Reproduction.....	46
Discussion.....	46
Remerciements.....	49
Références.....	50
Tableaux.....	53
Figures.....	57
Conclusion générale.....	63
Références.....	65
Annexe A.....	69
Annexe B.....	76

Liste des tableaux et figures

Chapitre 1 : Habitat du fouille-roche gris (*Percidae* : *Percina copelandi*) dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, Canada)

TABLEAU 1. Information sur les captures de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) faites 29
au cours des mois de juin (printemps), août (été) et octobre (automne) 2011 – 2012 dans
1176 parcelles, 150 tronçons et 4 tributaires de la rivière des Outaouais.

TABLEAU 2. Comparaison de la disponibilité et de l'utilisation par le fouille-roche gris 30
(*Percina copelandi*) de huit composantes environnementales examinées dans 4 tributaires
de la rivière des Outaouais.

TABLEAU 3. Estimations des coefficients (termes fixes) et variances (termes aléatoires), 31
erreurs types et p-valeurs extraites du modèle de régression hiérarchique final^a sur la
densité de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) dans 4 tributaires de la rivière des
Outaouais.

TABLEAU 4. Estimations des coefficients (termes fixes) et variances (termes aléatoires), 32
erreurs types et p-valeurs extraites du modèle de régression hiérarchique final^a sur la
densité de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) dans 4 tributaires de la rivière des
Outaouais.

TABLEAU 5. Coefficients de corrélation et p-valeurs obtenus suite au test 33
d'autocorrélation spatiale (test de Mantel) entre les tronçons répartis dans 4 tributaires de
la rivière des Outaouais.

FIGURE 1. Localisation des tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, Canada) 34
échantillonnées en 2011 et en 2012.

FIGURE 2. Graphique des résidus de premier niveau extraits du modèle de régression 35
hiérarchique final en fonction des densités de fouille-roche gris (*Percina copelandi*)
prédites par le modèle. La tendance est illustrée par une courbe ajustée aux données.

FIGURE 3. Histogramme de la fréquence des résidus de premier niveau extraits du 36
modèle de régression hiérarchique final sur la densité de fouille-roche gris (*Percina*
copelandi) dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais.

FIGURE 4. Graphique de la régression linéaire de la densité de fouille-roche gris (*Percina* 37
copelandi) en fonction de la vitesse du courant. Les droites de régression emboîtée pour le
niveau rivière de la densité en fonction de la vitesse sont illustrées.

Chapitre 2 : Distribution et reproduction du fouille-roche gris (Percidae : *Percina* *copelandi*) dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, Canada)

TABLEAU 1. Information sur les captures de fouille-roche gris (*Percina copelandi*), faites 53
au cours des mois de juin (Printemps), août (Été) et octobre (Automne) 2011 – 2012, dans
1176 parcelles, 150 tronçons et 4 tributaires de la rivière des Outaouais.

TABLEAU 2. Captures de fouilles-roche gris (*Percina copelandi*) mâles de couleur 54
normale (stades – 0) et en couleur de fraye (stade – 1) et captures de femelles lors de
l'échantillonnage de 34 parcelles réparties dans 4 tributaires de la rivière des Outaouais
échantillonnés entre le 26 juin et le 17 juillet 2012.

TABLEAU 3. Variables environnementales examinées [température de l'eau (temp), 55
profondeur (prof), substrat (subs), hétérogénéité (hete), débris ligneux (debr), plante
vasculaires et bryophytes (vege), périphyton (péri), vitesse du courant (vite) et pente du lit
du cours d'eau (pent)] dans 14 parcelles associées à la présence de fouille-roche gris
(*Percina copelandi*) mâle en couleur de fraye réparties dans 4 tributaires de la rivière des
Outaouais échantillonnés entre le 26 juin et le 17 juillet 2012.

TABLEAU 4. Disponibilité des catégories de substrat et de débris ligneux dans 34 56
parcelles réparties sur 4 tributaires de la rivière des Outaouais échantillonnés entre le 26
juin et le 17 juillet 2012.

FIGURE 1. Localisation des quatre tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, 57
Canada) échantillonnées en 2011 et en 2012.

FIGURE 2A. Sites fréquentés par le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) en 2012 dans 58
la rivière Blanche (Gatineau, Québec) au cours des trois périodes (étoile), du printemps et
de l'été (cercle plein), du printemps et de l'automne (triangle plein), du printemps
seulement (carré vide), de l'été seulement (cercle vide) et de l'automne seulement
(triangle vide). Une barre noire indique la présence de chutes d'eau dans la zone d'étude.

FIGURE 2B. Sites fréquentés par le fouille-roche gris en 2012 dans la rivière Blanche 59
(Thurso, Québec). Consulter la figure 2a pour une explication des symboles.

FIGURE 2C. Sites fréquentés par le fouille-roche gris en 2011 dans la rivière Petite- 60
Nation (Plaisance, Québec). Consulter la figure 2a pour une explication des symboles.

FIGURE 2D. Sites fréquentés par le fouille-roche gris en 2011 dans la rivière Saumon 61
(Montebello, Québec). Consulter la figure 2a pour une description des symboles.

FIGURE 3. Sites de capture des fouille-roche gris (*Percina copelandi*) mâles en 62
coloration de fraye dans les quatre tributaires de la rivière des Outaouais (Québec,
Canada) échantillonnés entre le 26 juin et le 17 juillet 2012.

Annexe A

TABLEAU A1. Échelle granulométrique de Boudreault (1984). 70

TABLEAU A2. Classes des variables ordinales et catégoriques. 71

TABLEAU A3. Nombre de poissons capturés par espèce et pourcentage du nombre de 72
parcelles où chaque espèce a été capturé dans la même parcelle que des fouille-roche gris
(*Percina copelandi*) dans les quatre tributaires de la rivière des Outaouais au cours de
trois saisons de capture en 2011 et 2012.

TABLEAU A4. Sommaire des échantillonnages en faits en 2011 et 2012 dans quatre 73
tributaires de la rivière des Outaouais selon les saisons.

TABLEAU A5. Moyenne (\pm ET) des variables environnementales examinées [profondeur 74
(prof), substrat (subs), hétérogénéité (hete), débris ligneux (debr), plantes vasculaires et
bryophytes (vege), périphyton (peri), vitesse du courant (vite), pente du lit du cours d'eau
(pent) et température de l'eau (temp)] pour 101 parcelles fréquentées par le fouille-roche
gris (*Percina copelandi*) réparties dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais

échantillonnés au printemps (p), à l'été (e) et à l'automne (a) en 2011 et 2012.

Annexe B

TABLEAU B1. Caractérisation du dimorphisme sexuel chez les fouille-roche gris (Coad 77
2012) et classes des stades reproductifs (Winn 1953).

TABLEAU B2. Échelle granulométrique de Boudreault (1984). 78

TABLEAU B3. Classes des variables ordinales et catégoriques. 79

FIGURE B1. Distribution nord-américaine du fouille-roche gris (*Percina copelandi*). Tiré 80
de Phelps et Francis (2002).

FIGURE B2. Répartition géographique du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) dans la 81
région des Grands-Lacs, Tiré de Lapointe (1997).

FIGURE B3. Répartition du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Tiré de 82
Lapointe (1997).

Résumé

L'habitat préférentiel, la distribution et la reproduction du fouille-roche gris (*Percina copelandi*), une espèce de percidés menacée d'extinction au Canada, ont été examinés dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais (rivières Blanche [Gatineau], Blanche [Thurso], Petite-Nation et Saumon, Québec) sur un cycle quasi annuel (printemps, été, automne). Il s'agit de la première étude de cette espèce qui combine des données d'utilisation préférentielle d'habitat dans plusieurs tributaires en tenant compte des variations saisonnières. Cette étude a permis de relever que 1) l'espèce semble préférer des habitats moins spécifiques que ne l'indiquent les études passées et 2) les barrières naturelles ainsi que les fosses en aval des rapides sont importantes pour expliquer la répartition de l'espèce dans les quatre rivières. Les résultats de cette étude aideront les équipes nationale et québécoise de rétablissement de l'espèce à prendre des décisions éclairées pour la sauvegarde cette espèce en péril.

Mots clés : Fouille-roche gris, Dards, Espèce en péril, Rivière des Outaouais, Habitat préférentiel, Distribution, Fraie.

Abstract

The preferred habitat, distribution and reproduction of the Channel Darter (Percidae: *Percina copelandi*), an endangered percid species in Canada, were examined in four tributaries of the Ottawa River over three seasons (spring, summer, fall). This is the first study that combines data dealing with preferential habitat in several rivers while taking into account seasonal variability. This study revealed that 1) the habitat preference of the Channel Darter may be less specific than what was suggested in past studies and 2) natural barriers and deep pools significantly affect the distribution of species in the four rivers. Results of this study will be useful for the National and Provincial recovery teams responsible for decisions associated with the conservation of this threatened fish species.

Key words: Channel Darter, Species at risk, Ottawa River, Preferred habitat, Distribution, Spawning.

Introduction générale

Contexte

Avec près de 225 espèces, la famille Percidae est la seconde en importance en nombre d'espèces de poissons d'eau douce en Amérique du Nord (Ayache et Near 2009 ; Near 2002). Plus de 200 de ces espèces, dont 12 sont présentes au Canada, sont regroupées sous le nom commun de « dard », un groupe endémique à l'Amérique du Nord. Les dards sont de petits prédateurs benthiques qui vivent dans une multitude d'habitats lacustres ou lotiques (Carlson et Wainwright 2010). Près de la moitié (44 %) des percidés, surtout des dards, sont considérés comme étant en péril (Jelks *et al.* 2008). La pollution, la fragmentation et la perte d'habitats sont les causes probables de cet état de fait (Allan 1993). Aux États-Unis et au Canada, quelques études ont documenté la distribution géographique et l'habitat d'espèces rares de dards en milieu lotique dans le but de contribuer au rétablissement de ces espèces (Ciccotto et Stranko 2011 ; Bunt *et al.* 1998 ; Skyfield et Grossman 2008). Au Canada, le manque d'information sur la biologie et l'habitat de nombreuses espèces de dards, tel que le fouille-roche gris (*Percina copelandi*), constitue un obstacle majeur à la protection et la réhabilitation des espèces en danger d'extirpation.

Le fouille-roche gris, un dard de la sous-famille des *Eheostomatinae*, est une espèce qui a été désignée comme étant menacée d'extinction au Canada par le COSEPAC (Comité sur la situation des espèces en péril au Canada) en 1993. En raison du faible nombre d'individus capturés lors d'un accroissement de l'échantillonnage après 1993, ce statut a été confirmé en 2002 (COSEPAC 2002). Avant la parution du premier rapport de situation du fouille-roche gris en 1993 (Goodchild 1994), plus de 700 individus avaient été capturés au Québec, principalement dans les rivières du Sud (259 individus) et Bécancour (380 individus). Entre 1993 et 2002, une

intensification des échantillonnages a permis la capture de 102 individus répartis dans 6 nouvelles rivières. Par contre, le nombre de spécimens capturés se résumait à quelques individus seulement, sauf dans les rivières Gatineau et Saumon (autrefois Kinonge) dans lesquelles 76 et 16 individus ont été capturés, respectivement (Phelps et Francis 2002). En outre, 7 plans d'eau dans lesquels le fouille-roche gris aurait disparu ont été identifiés entre 1993 et 2002. Depuis 2006, l'espèce est inscrite à l'annexe 1 (partie 3 : espèces menacées) de la Loi sur les espèces en péril. Depuis lors, Pêches et Océans Canada travaille à la réhabilitation de l'espèce.

En 2010, le potentiel de rétablissement du fouille-roche gris au Canada a été évalué pour les provinces du Québec et de l'Ontario (MPO 2010). L'état des populations de fouille-roche gris a également été évalué pour différents bassins versants du Québec et de l'Ontario, suite à une analyse d'abondance relative et de détermination de trajectoires des populations. Bouvier et Mandrak (2010) ont conclu qu'en Ontario, les populations du bassin ouest du lac Érié ainsi que celles du lac Sainte-Claire sont en mauvais état. Au Québec, Boucher et Garceau (2010) ont déterminé que les populations des bassins versants des rivières Chateauguay, Yamaska et du Sud sont aussi en mauvais état. En raison d'un manque d'information, au Québec comme en Ontario, le statut des populations de nombreux bassins versants (p.ex. les bassins du centre et de l'est du lac Érié (Ontario), le bassin de la rivière Bécancour (Québec)) demeure incertain.

Boucher et Garceau (2010) ont attribué un indice d'abondance relative à la population de fouille-roche gris de l'Outaouais basé sur des données historiques de captures par unité d'effort (CPUE). Ils ont indiqué que le bassin versant de la rivière des Outaouais (régions de l'Outaouais et Montréal, Québec) contient des populations en bon état. Comme la caractérisation de l'habitat préférentiel d'espèces rares est souvent limitée par un faible taux de capture et une faible disponibilité des habitats propices, l'étude de ce secteur peut fournir suffisamment de données

pour décrire précisément les corrélations entre les composantes de l'habitat et la distribution du fouille-roche gris. Dans le bassin versant de la rivière des Outaouais, Boucher et Garceau (2010) ont identifié l'altération du régime d'écoulement des eaux, représenté par les barrages hydroélectriques (pour la Rivière Gatineau) et le drainage des terres agricoles, comme étant la principale menace pour la survie et le rétablissement de l'espèce. Lemieux *et al.* (2005) ont cependant souligné qu'une bonne gestion des débits pouvait être compatible avec les besoins en habitat de l'espèce dans la rivière Gatineau (Québec). Ainsi, l'incertitude liée au potentiel de rétablissement du fouille-roche gris subsiste en raison d'un manque général d'information sur l'utilisation de l'habitat par l'espèce.

Programmes de rétablissement de l'espèce

Le programme canadien de rétablissement du fouille-roche gris a pour but d'améliorer l'état des populations de l'espèce dans son aire de répartition au Canada. Pour ce faire, les connaissances sur l'espèce doivent être accrues et les habitats connus doivent être protégés et améliorés. En 2001 au Québec, un plan de rétablissement du fouille-roche gris a aussi été mis en place afin d'améliorer la situation de l'espèce dans son aire de répartition québécoise (Équipe de rétablissement du fouille-roche gris 2001).

Objectifs spécifiques

La présente étude vise à obtenir, sur un cycle quasi-annuel, des données précises sur l'habitat du fouille-roche gris en Outaouais, dans quatre rivières où la présence de l'espèce a été signalée (Blanche (Gatineau, Qc), Blanche (Thurso, Qc), Petite-Nation (Plaisance, Qc) et Saumon (Montebello, Qc)). Dans le premier chapitre, l'habitat préférentiel du fouille-roche gris (utilisation vs disponibilité des ressources ; Johnson 1980) est décrit pour les quatre rivières et

différentes saisons. Le second chapitre renseigne sur la distribution et la reproduction du fouille-roche gris dans les quatre rivières.

La présente étude fournira des données essentielles pour aider au rétablissement de l'espèce. De fait, elle permettra d'augmenter considérablement les connaissances sur le fouille-roche gris, répondant à un des objectifs du programme canadien de rétablissement de l'espèce. Elle permettra également de répondre à trois objectifs de la phase « acquisition de connaissances » du plan de rétablissement québécois de l'espèce (Équipe de rétablissement du fouille-roche gris 2001) pour les quatre rivières à l'étude : 1) décrire l'habitat préférentiel de l'espèce, 2) caractériser les habitats dans les sites où l'espèce est présente et 3) rechercher des sites de frai. Comme la distribution de l'espèce sera également décrite pour les quatre rivières, de nombreux sites importants pour l'espèce pourront être identifiés par l'équipe de rétablissement.

Méthodologie

Échantillonnage ponctuel de l'abondance

La méthode de l'échantillonnage ponctuel de l'abondance (ÉPA) par la pêche électrique (portative ou en embarcation) pour la capture de poissons adultes a été développée par Persat et Copp (1990). Selon cette méthode, des parcelles (prof. 0 – 2 mètres) de taille déterminée par le rayon d'action de l'anode (1 m^2) sont réparties aléatoirement le long de tronçons. Le nombre de parcelles par tronçon dépend de la richesse spécifique et de la densité en poissons du milieu (Connor et McCoy 1979). Dans la présente étude, un échantillonnage préliminaire a permis de relever qu'un faible taux de capture était associé aux parcelles de 1 m^2 . Ainsi, la capture de toutes les espèces présentes dans un tronçon impliquait l'échantillonnage d'un nombre élevé de parcelles. Par conséquent, dans le but de limiter l'effort d'échantillonnage, la taille des parcelles a été augmentée (moyenne : $5,6 \text{ m}^2$), afin que le nombre de parcelles (minimum : 4) nécessaires à la capture de toutes les espèces présentes soit raisonnable d'un point de vue pratique.

Pour un minimum d'effort, l'ÉPA permet la capture de spécimens dans une très grande variété d'habitats ainsi qu'une analyse spatiale et temporelle des données (Copp 2010). Cette méthode permet de réduire le nombre de captures, ce qui diminue son impact sur les populations d'espèces en péril, tout en obtenant une richesse spécifique comparable à celle obtenue avec d'autres méthodes d'échantillonnage (Jurajda *et al.* 2009). L'échantillonnage des populations grégaires par plusieurs petites parcelles plutôt qu'une seule (ou quelques) grande(s) parcelle(s) est plus efficace sur le plan statistique parce qu'il permet de réduire la probabilité d'erreur de type II et d'augmenter la puissance des tests statistiques (Gerard et Berthet 1971). De plus, l'échantillonnage fractionné et systématique de l'aire d'étude est souvent nécessaire pour distinguer la structure spatiale des populations et des communautés (Chessel 1978). Par contre,

l'ÉPA ne permet pas (ou presque pas) la capture des espèces pélagiques, nocturnes ou insensibles au champ électrique ; la méthode est donc davantage adaptée aux espèces cryptiques et/ou benthiques (Jurajda *et al.* 2009). Cowx (2001) indique une diminution des captures avec l'âge et la taille des poissons, suggérant que la méthode présente un biais pour les poissons d'âge 0+ ou de petite taille, les adultes ou les poissons de grande taille étant plus difficiles à capturer. Pour ces raisons, l'ÉPA (Persat et Copp 1990 ; Copp 1989) est utilisée en ichthyologie pour examiner la structure des communautés de poissons de petite taille (p.ex. Herder et Freyhof 2006) et les relations entre les communautés et les facteurs environnementaux (p.ex. Fladung *et al.* 2003), pour caractériser les relations interspécifiques (p.ex. Mastrotillo *et al.* 1996), ainsi que pour caractériser l'habitat *in situ* d'espèces benthiques ou cryptiques (p.ex. Fladung *et al.* 2003 ; Watkins *et al.* 1997).

Chapitre 1 : Habitat du fouille-roche gris (Percidae : *Percina copelandi*) dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais
(Québec, Canada).

Résumé

L'habitat préférentiel du fouille-roche gris (*Percina copelandi*), une espèce menacée d'extinction au Québec et au Canada, a été examiné dans quatre tributaires (rivières Blanche (Gatineau), Blanche (Thurso), Petite-Nation (Plaisance) et Saumon (Montebello)) de la rivière des Outaouais (Québec, Canada) sur trois périodes d'échantillonnage (printemps, été, automne). La densité de fouille-roche gris et les composantes environnementales, qui incluent une caractérisation du profil du cours d'eau, du substrat, de la végétation et de l'intensité du courant, ont été mesurées dans 1176 parcelles distribuées dans 150 tronçons de 100 m dans les tributaires. Une étude de l'utilisation des composantes environnementales utilisées par l'espèce en fonction de la disponibilité de ces composantes suggère qu'en zone peu profonde l'habitat préférentiel de l'espèce dans les quatre rivières se caractérise par un substrat grossier et hétérogène et une vitesse du courant de 0,25 à 1 m·s⁻¹. Une régression hiérarchique emboîtée à trois niveaux (parcelles à l'intérieur d'un tronçon, tronçons à l'intérieur d'une rivière, rivières à l'intérieur d'un bassin) a cependant permis de déterminer que, parmi les 9 composantes environnementales examinées, le type de substrat est la seule variable explicative fixe de la présence de fouille-roche gris dans les quatre rivières, alors que la vitesse du courant associée à la présence de l'espèce change entre les rivières.

Mots clés : Fouille-roche gris, dards, espèce menacée, habitat préférentiel, analyse hiérarchique

Introduction

Les dards (Percidae : Etheostomatinae) sont de petits prédateurs benthiques endémiques à l'Amérique du Nord qui vivent dans une multitude d'habitats lacustres ou lotiques (Carlson et Wainwright 2010). Près de la moitié (44 %) des percidés, surtout des dards, sont considérés comme étant en péril (Jelks *et al.* 2008). Au Canada, le manque d'information sur la biologie et l'habitat de nombreuses espèces de dards, tel le fouille-roche gris (*Percina copelandi*), constitue un obstacle majeur à la protection et la réhabilitation des espèces en danger d'extirpation (Boucher et Garceau 2010). Cette étude vise à caractériser, sur un cycle quasi-annuel, l'habitat préférentiel du fouille-roche gris, une espèce désignée menacée d'extinction par le COSEPAC en 2002 (COSEPAC 2002). Nous définissons l'habitat préférentiel par la probabilité qu'un habitat soit choisi par l'espèce s'il est offert en égale proportion avec d'autres types d'habitats (Johnson 1980). L'habitat sera donc dit préférentiel lorsque des composantes environnementales seront utilisées (c.-à-d. sélectionnées) disproportionnellement à leur disponibilité.

Le fouille-roche gris est dispersé en petits groupes de populations disjointes réparties sur un grand territoire couvrant l'est de l'Amérique du Nord, de la Louisiane au sud jusqu'au Canada au nord. Le sud du Québec et de l'Ontario (Canada) constituent la limite nord de sa répartition géographique. Au Québec, la distribution du fouille-roche gris se limite aux tributaires du St-Laurent de l'Outaouais à l'ouest et jusqu'à Québec à l'est (Boucher et Garceau 2010). En Outaouais, la présence du fouille-roche gris a été signalée dans cinq tributaires de la rivière des Outaouais (rivières Gatineau (Gatineau), Blanche (Gatineau), Blanche (Thurso), Petite-Nation (Plaisance) et Saumon (Montebello)) (Dubuc 1999 ; Comtois *et al.* 2004). Parmi ceux-ci, seule la rivière Gatineau a déjà fait l'objet d'études sur l'habitat du fouille-roche gris (Boucher *et al.*

2009 ; Lemieux *et al.* 2005). Notre étude s'intéresse aux quatre autres rivières de l'Outaouais où la présence de l'espèce a été constatée.

Au Canada, l'habitat du fouille-roche gris est décrit comme étant le littoral de lacs aux plages de sable ou de gravier, ainsi qu'aux abords des zones de rapides dans les petites et moyennes rivières (Phelps et Francis 2002 ; Goodchild 1994). Dans les rivières du Québec et de l'Ontario, l'espèce a été retrouvée en période estivale dans des rapides de courant modéré, sur des substrats composés de sable, de gravier ou de galet et à des profondeurs variant de quelques centimètres à plus d'un mètre (Goodchild 1994 ; Reid 2005 ; Boucher *et al.* 2009). D'autres chercheurs ont signalé la présence de fouille-roche gris dans des habitats avec des vitesses de courant variables (très lent à rapide) et en présence de périphyton et de débris ligneux (Boucher *et al.* 2009 ; Lapointe 1997). En tenant compte du temps (trois saisons) et de l'espace (quatre rivières), la présente étude permettra de savoir si la variabilité d'habitat du fouille-roche gris est liée à des facteurs temporels ou à des particularités de l'habitat disponible.

Matériel et méthodes

Échantillonnage des poissons et variables environnementales

Des tronçons équidistants de 100 m de longueur ont été répartis de l'embouchure des rivières Blanche (Gatineau ; 10,5 km), Blanche (Thurso ; 6,6 km), Petite-Nation (Plaisance ; 6,9 km) et Saumon (Montebello ; 10,3 km) jusqu'au premier obstacle majeur à la dispersion des poissons en amont (figure 1). Il est présumé que le fouille-roche gris est absent en amont de ces barrières (H. Fournier, Ministère des Ressources naturelles du Québec, Gatineau (Québec), communication personnelle, 2011). Dans chaque tronçon, un nombre variable de parcelles (prof 0,1 - 0,7 m) ont été échantillonnées par la pêche électrique portative (LR-24 Electrofisher

F00512, Smith-Root, inc.), selon la méthode modifiée (voir introduction générale) de l'échantillonnage ponctuel de l'abondance (ÉPA ; Persat et Copp 1990). Cette méthode est appropriée pour la caractérisation de l'habitat d'espèces benthiques de petite taille, tel le fouille-roche gris (Fladung *et al.* 2003 ; Watkins *et al.* 1997). Le nombre de parcelles (de 4 à 9) dans chaque tronçon était dépendant de la richesse spécifique du milieu, l'échantillonnage étant interrompu lorsque 2 parcelles consécutives ne contenaient pas de nouvelle espèce. La taille des parcelles (moy ± ET : $5,6 \pm 4.1 \text{ m}^2$, fourchette : 1-30 m^2) était réduite lorsque la berge était difficile d'accès. Les poissons capturés ont été identifiés à l'espèce, mesurés pour la longueur totale, puis remis à l'eau. Quelques spécimens ont été rapportés en laboratoire à des fins d'identification ou confirmation d'identification.

Afin de comparer les composantes environnementales sélectionnées par le fouille-roche gris sur un cycle quasi-annuel, l'échantillonnage a été réalisé au printemps (juin), à l'été (août) et à l'automne (octobre). Les rivières Petite-Nation et Saumon ont été échantillonnées en 2011, alors que les deux rivières Blanche (Thurso et Gatineau) ont été échantillonnées en 2012.

La densité de fouille-roche gris et les composantes environnementales ont été quantifiées dans 150 tronçons et 1176 parcelles réparties dans les quatre rivières et sur les trois périodes d'échantillonnage. Neuf composantes environnementales ont été mesurées dans chacune des parcelles : 1) profondeur, 2) distance de la berge, 3) pente du lit, 4) granulométrie des particules de substrat dominant, 5) hétérogénéité du substrat, 6) recouvrement de plantes vasculaires et bryophytes, 7) recouvrement de périphyton, 8) présence de débris ligneux et 9) vitesse du courant. La profondeur (m) et la distance de la berge (m) ont été mesurées au centre de la parcelle à l'aide d'une tige graduée. La distance de la berge est la distance entre la ligne d'eau sur la berge et le centre de la parcelle. La pente du lit du cours d'eau (%) a été calculée à partir

du ratio de la profondeur sur la distance de la berge. La granulométrie des particules du substrat dominant a été évaluée par observation visuelle et tactile, selon l'échelle de Boudreault (1984) (tableau A1, annexe A). Le recouvrement de périphyton fait référence aux algues filamenteuses poussant sur tous les types de substrat ainsi que sur les plantes vasculaires (i.e. épiphytes) (Wetzel 1975). L'hétérogénéité du substrat (Boucher *et al.* 2009), le recouvrement de plantes vasculaires et bryophytes, le recouvrement de périphyton ainsi que la présence de débris ligneux ont été estimés visuellement, selon les classes données au tableau A2 (annexe A). La vitesse du courant ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) a été mesurée à l'aide d'un courantomètre (Global water Flo Probe modèle Vel001), au trois-quarts de la profondeur de la colonne d'eau. À chaque période d'échantillonnage, la température de l'eau (Waterproof tester modèle HI 98129) a été mesurée à l'embouchure et dans le secteur des rapides de chacune des rivières à l'étude.

Analyses statistiques

Afin de caractériser l'habitat préférentiel du fouille-roche gris, la fréquence d'utilisation et la disponibilité de huit des composantes environnementales examinées ont été évaluées (Johnson 1980). Chaque composante (p. ex. type de substrat dominant) a été subdivisée arbitrairement en catégories (p. ex. sable). La disponibilité est le ratio du nombre de parcelles accessibles à l'espèce pour chaque catégorie sur le nombre total de parcelles accessibles à l'espèce. Les parcelles accessibles pour le fouille-roche gris sont celles échantillonnées dans les tronçons où la présence de l'espèce a été constatée ($n = 372$). La fréquence d'utilisation est le ratio ramené à 100% du nombre de parcelles fréquentées par le fouille-roche gris multiplié par sa densité moyenne pour chaque catégorie sur le nombre total de parcelles fréquentées par l'espèce (Brewer *et al.* 2006). Les parcelles fréquentées par le fouille-roche gris sont celles où l'abondance de l'espèce était différente de 0 ($n = 101$).

Une régression linéaire hiérarchique (Rabash *et al.* 2009) a été utilisée afin d'examiner les relations entre la densité de fouille-roche gris et diverses composantes de l'habitat (Deschênes et Rodriguez 2007). Les trois niveaux hiérarchiques emboîtés sont les parcelles (n=1176), les tronçons (n=150) et les rivières (n=4). Contrairement à l'analyse des relations entre la disponibilité des ressources et leur utilisation par le fouille-roche gris, l'analyse hiérarchique incluait tous les tronçons échantillonnés. Les variables prédictives composant la structure fixe du modèle complet étaient 1) la température de l'eau, 2) la profondeur, 3) le type de substrat dominant, 4) l'hétérogénéité du substrat, 5) la présence de débris ligneux, 6) le recouvrement de plantes vasculaires et bryophytes, 7) le recouvrement de périphyton, 8) la vitesse du courant, 9) la pente du lit du cours d'eau et 10) la période d'échantillonnage. Les interactions entre la période d'échantillonnage (variable 10) et les composantes du milieu (variables 1 à 9) ont été incluses dans le modèle complet et représentent les interactions d'intérêt pour l'étude. Le modèle complet se résumait à :

$$(1) \quad Y_{ijk} = \beta_0 + \sum_{h=1}^{10} (\beta_h X_{hijk}) + \sum_{h=1}^9 (\beta_{(10+h)} X_{hijk} X_{10ijk}) + \mu_{0j} + \sum_{h=1}^{10} (\mu_{hj} X_{hijk}) + z_{0k} \\ + \sum_{h=1}^{10} (z_{hk} X_{hijk}) + \varepsilon_{ijk}$$

où les indices i, j et k représentent les parcelles, tronçons et rivières respectivement, Y la densité de fouille-roche gris et X_h les dix variables prédictives citées ci-haut. L'ordonnée à l'origine β_0 , l'effet des variables prédictives $\beta_h X_{hijk}$ et les interactions $\beta_{(10+h)} X_{hijk} X_{10ijk}$ représentent la structure fixe du modèle. Le terme ε_{ijk} est le 1^{er} niveau de variation (résidus) alors que les termes μ_{0j} et z_{0k} (variation sur l'ordonnée à l'origine β_0) et μ_{hj} et z_{hk} (variation des pentes de régression β_h) sont le 2^e niveau de variation pour les tronçons (μ) et rivières (z) et représentent la structure aléatoire du modèle.

Une transformation logarithmique de la pente du lit du cours d'eau (identifié ci-après logPente) a été appliquée afin de respecter la condition de linéarité. Aucune transformation des données n'a permis de satisfaire les conditions de normalité et d'homoscédasticité (figures 2 et 3), de sorte que seules les valeurs extrêmes de p ont été considérées dans l'analyse, restreignant ainsi la probabilité d'erreur de type I. Les régressions hiérarchiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (version 2.14.1, package lme4) (Bates 2005). Les variables prédictives des structures fixes (variables prédictives et interactions) et aléatoires (ordonnée à l'origine et pentes pour les niveaux tronçon et rivière) ont été sélectionnées par les méthodes de bas en haut et de haut en bas (Zuur 2009). Les Critères d'information de Akaike (AIC) ont été utilisés pour la sélection des modèles optimaux (package MuMIn, fonctions dredge et model.sel) (Barton 2013).

Un test de Mantel a été réalisé (Package ade4, R 2.14.1) afin de détecter si les similitudes dans la densité de fouille-roche gris entre les tronçons sont fonctions de la distance géographique. Le test de Mantel, souvent utilisé pour détecter la présence d'autocorrélation spatiale (p.ex. Hinch *et al.* 1994), indique si deux matrices carrées sont statistiquement corrélées (Mantel 1967). Dans notre étude, la première matrice comprend les distances géographiques entre paires de tronçons (calculées à partir de coordonnées GPS), alors que l'autre comprend l'écart entre ces mêmes paires de tronçons des résidus moyens extraits à partir du modèle de régression hiérarchique final.

Résultats

L'échantillonnage des quatre rivières a permis de capturer 2056 poissons en 59 jours de pêche répartis entre le 30 mai 2011 et le 30 octobre 2012. Trente-trois espèces appartenant à neuf familles ont été capturées (tableau A3, annexe A). Les Percidae dominent en nombre de poissons

capturés (1066 poissons), alors que les Cyprinidae comptent le plus grand nombre d'espèces capturées (11 espèces). Le fouille-roche gris a été majoritairement retrouvé en présence du fouille-roche zébré (*Percina caprodes*, 42% des parcelles avec fouille-roche gris), du dard barré (*Etheostoma flabellare*, 41% des parcelles avec fouille-roche gris) et du Naseux-des-rapides (*Rhinichthys cataractae*, 19% des parcelles avec fouille-roche gris) (tableau A3, annexe A). La méthode de l'ÉPA par la pêche électrique portative a permis la capture de fouille-roche gris de différentes tailles (spectre 32 – 72 mm) ; seuls les juvéniles n'ont pu être capturés. Un total de 226 fouille-roche gris ont été capturés dans 28,7% des tronçons et 8,6% des parcelles échantillonnés (tableau 1). Avec 51 % des tronçons fréquentés par le fouille-roche gris (78 spécimens ; tableau 1), la rivière Saumon compte la plus grande superficie d'habitat pour l'espèce. Par contre, la plus grande densité de fouille-roche gris a été détectée dans la rivière Petite-Nation (0,465 poisson·m⁻² ; tableau 1). Un sommaire des échantillonnages de 2011 et 2012 et une description des sites fréquentés par le fouille-roche gris sont disponibles à l'annexe A (tableaux A4 et A5).

L'examen des relations entre la disponibilité des ressources et leur utilisation par le fouille-roche gris indique que l'habitat préférentiel de l'espèce dans les quatre rivières et à des profondeurs inférieures à 0,7 m se caractérise par un substrat grossier (gravier, cailloux et bloc), une faible pente du lit du cours d'eau, une vitesse du courant de 0,25 à 1 m·s⁻¹ et un substrat hétérogène (tableau 2).

L'analyse hiérarchique démontre que la présence de fouille-roche gris dans les quatre rivières est positivement associée au type de substrat dominant ($\beta_2 = 0.011$, $p < 0.0001$, tableau 3), de sorte qu'une augmentation de la taille du substrat, passant par exemple du limon au bloc, occasionne une augmentation de la densité de fouille-roche gris prédite de 126%. L'effet du type de substrat

dominant concorde avec la préférence de l'espèce pour les substrats grossiers (tableau 2). Une fouille-roche gris a été retrouvé sur des pentes peu abruptes (β_3 , $p < 0.0001$, tableau 3 ; tableau 2). Cependant, puisque seuls des tronçons en zones peu profondes ont été échantillonnés, la présence de fouille-roche gris sur des pentes plus abruptes de zones de plus d'un mètre de profondeur ne peut pas être réfutée. Ainsi, la variable « pente du lit du cours d'eau » ne fait pas partie de la description de l'habitat préférentiel de l'espèce dans cette étude. L'analyse hiérarchique permet de conclure qu'à de faibles profondeurs, la vitesse du courant n'est pas une variable explicative fixe de la présence du fouille-roche gris dans les quatre rivières. De fait, les vitesses associées à la présence de l'espèce étaient variables entre les rivières (σ_{z1}^2 , $p < 0.0001$, tableau 3 ; figure 4). Il est possible que la préférence de l'espèce pour des vitesses de 0,25 à 1 ms^{-1} (tableau 2) soit due à une association de la vitesse du courant et d'une autre variable sélectionnée par le fouille-roche gris (p.ex. type de substrat, $r = 0.604$, tableau 4) dans un même habitat. Aucune relation entre la densité de fouille-roche gris et les autres variables n'a été détectée. Cependant, une corrélation entre l'hétérogénéité du substrat et le type de substrat dominant ($r = 0.735$, tableau 4) a été détectée, ce qui explique la préférence de l'espèce pour les habitats au substrat hétérogènes (tableau 2). La relation (c.-à-d., la pente) entre la densité de fouille-roche gris et les variables « type de substrat » ($\sigma_{\mu1}^2$, $p < 0.0001$, tableau 3) et « vitesse du courant » ($\sigma_{\mu2}^2$, $p < 0.0001$, tableau 3) variait entre les tronçons. Ceci est probablement le résultat du faible nombre de parcelles dans chaque tronçon et n'est d'aucun intérêt biologique.

L'analyse hiérarchique n'a pas permis de relever une interaction significative entre les variables prédictives et les périodes d'échantillonnage pour les quatre rivières (tableau 3). Ceci indique que les composantes environnementales associées à la présence du fouille-roche gris ne changent pas entre les saisons. Cependant, puisque l'échantillonnage était limité aux zones peu

profondes, il est impossible de dire que l'habitat préférentiel du fouille-roche gris, à l'intérieur d'une gamme de profondeurs plus étendue, ne varie pas entre les saisons.

Aucune autocorrélation spatiale n'a été détectée dans les rivières Blanche (Gatineau), Blanche (Thurso) et Saumon (tableau 5). Par contre, dans la rivière Petite-Nation, les densités de fouille-roche gris étaient un peu plus semblables dans les tronçons situés à proximité les uns des autres que si elles étaient sous l'effet du hasard ($r = 0,1596$, $p = 0.0166$). Aucune signification biologique n'a pourtant été donnée à cette autocorrélation spatiale en raison du manque de normalité et d'homoscédasticité des données et de la faible valeur de p obtenue.

Discussion

La présence du fouille-roche gris a été associée à deux autres espèces de dard (p.ex. *P. caprodes* et *E. flabellare*) dans les quatre rivières, ce qui est en accord avec les autres études portant sur le fouille-roche gris (p.ex. Reid *et al.* 2005). L'abondance de fouille-roche gris dans les rivières Blanche (Gatineau, $n = 48$), Blanche (Thurso, $n = 38$), Petite-Nation ($n = 62$) et Saumon ($n = 78$) était inférieure à ce qui a été observé dans d'autres rivières du Québec et de l'Ontario (p.ex. Boucher *et al.* 2009 ; Reid 2004 ; Reid *et al.* 2005). Par contre, l'échantillonnage s'est fait dans une plus grande variété d'habitats et dans des secteurs répartis sur un grand territoire.

La comparaison entre l'utilisation et la disponibilité des ressources est souvent utilisée pour caractériser l'habitat préférentiel d'une espèce de poisson (p.ex. Brewer *et al.* 2006 ; Jones *et al.* 1984 ; Magoulick 2004). Aucune étude n'avait jusqu'à maintenant permis de décrire l'habitat préférentiel du fouille-roche gris au Canada. Les modèles comparant l'utilisation et la disponibilité des ressources dans les études de l'habitat des poissons impliquent souvent que : 1)

des variables abiotiques ou biotiques ne sont pas incluses, 2) les interactions statistiques entre les variables sont difficiles à quantifier et sont souvent négligées, 3) la disponibilité des ressources est souvent calculée sur une échelle spatiale qui n'est pas appropriée pour l'espèce et 4) le modèle n'inclut pas l'hétérogénéité temporelle des conditions d'habitat (Heggenes 1996). Dans notre étude, les variables biotiques n'ont pas été considérées dans la caractérisation de l'habitat préférentiel de l'espèce, ce qui constitue une des faiblesses de l'analyse. Par contre, plusieurs interactions statistiques entre les variables ont été examinées dans l'analyse hiérarchique. En outre, l'échelle spatiale pour le calcul de la disponibilité des ressources était appropriée pour le fouille-roche gris. Aucune information portant sur les modèles de déplacements du fouille-roche gris n'est disponible, mais il a été démontré que certains dards (*Percina rex*, *P. roanoka*, *Etheostoma nigrum*, *E. flabellare* et *E. podostemone*) migreraient sur des distances de plus de 100 m en quelques semaines (Roberts *et al.* 2008 ; Mundahl 1983) et sur des distances de plus de 500 m en quelques mois (Roberts et Angermeier 2007). Dans notre étude, seules les parcelles contenues à l'intérieur des tronçons (longueur 100 m) fréquentés par le fouille-roche gris ont été utilisées pour le calcul de la disponibilité des ressources, de sorte que les composantes de l'habitat étaient accessibles à l'espèce. Ce protocole incluait que des tronçons des rivières devaient être ignorés, de sorte que certains habitats n'étaient pas inclus dans l'analyse. Cependant, la régression hiérarchique tenait compte de tous les tronçons échantillonnés de sorte qu'une multitude d'habitats ont été pris en compte. Enfin, l'échantillonnage s'est fait sur trois saisons, reflétant une partie de la variabilité temporelle des composantes du milieu.

L'analyse de régression hiérarchique permet de conclure que le type de substrat est la seule variable explicative de la présence de fouille-roche gris dans les quatre rivières, ce qui suppose que les préférences de l'espèce pour des vitesses de 0,25 à 1 ms⁻¹ et des substrats

hétérogènes sont le résultat d'une association avec une ou plusieurs variables du milieu. En effet, il est possible que les fortes corrélations obtenues entre ces variables, connues sous le nom de multicollinéarité, peuvent masquer l'effet de certaines variables, laissant croire à une absence d'explication de celles-ci. Stauffer *et al.* (1996) ont indiqué que les variables explicatives de la répartition de onze espèces de dards étaient la taille du substrat, la profondeur et la vitesse du courant. Aucune inférence quant à la profondeur n'a pu être faite en raison des limitations de l'échantillonnage par la pêche électrique portative. L'absence de relation stricte et uniforme entre la vitesse du courant et la densité de fouille-roche gris n'est pas étonnante puisque l'espèce a été observée en milieu lacustre (Lapointe 1997) et dans les fosses de rivières au substrat sablonneux (Reid *et al.* 2005). Boucher *et al.* (2009) ont identifié la vitesse du courant comme variable explicative de la présence de fouille-roche gris dans les rivières Gatineau et Richelieu (Québec). Ce résultat est plus le reflet logique d'un échantillonnage fait exclusivement dans un environnement lotique.

En une seule analyse statistique, la régression hiérarchique nous a permis comprendre les préférences de l'espèce en termes d'habitats et de les comparer dans le temps et l'espace. Les modèles hiérarchiques sont utilisés en raison de leur capacité à tenir compte de la dépendance des données emboîtées. Elles font aussi intervenir un nombre limité d'interactions, puisque les interactions entre les variables prédictives et les niveaux d'emboîtement sont incluses dans la partie aléatoire du modèle. Ceci permet de diminuer le nombre de degrés de liberté et augmente la puissance statistique du test. Les modèles mixtes sont encore peu exploités en écologie, mais ils offrent beaucoup de potentiel pour expliquer la répartition des espèces à des échelles spatiales et temporelles multiples.

Dans cette étude, l'habitat préférentiel du fouille-roche gris (c.-à-d. substrat grossier et hétérogène, vitesse du courant de 0,25 à 1 ms⁻¹) à des profondeurs inférieures à 0,7 m a été décrit pour quatre rivières de l'Outaouais. Nous avons aussi établi que parmi les variables examinées, seul le type de substrat permet d'expliquer la présence de l'espèce dans les quatre rivières, ce qui suggère un plus grand spectre d'habitat que ce qui a été décrit précédemment (p.ex. Boucher *et al.* 2009 ; Bouvier et Mandrak 2010). La présente étude permettra de prédire la présence du fouille-roche gris dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais. Une étude comparative de l'habitat de l'espèce dans des rivières avec et sans fouille-roche gris permettrait possiblement de prédire la présence de l'espèce à une plus grande échelle spatiale. Les préférences d'habitat de l'espèce ne changent pas entre les saisons, toutefois les habitats plus profonds semblent avoir une importance encore incomprise dans le cycle biologique de cette espèce. Cette étude offre une perspective nouvelle quant à l'habitat préférentiel du fouille-roche gris au Québec. Ces connaissances sont essentielles pour nos efforts futurs au niveau du rétablissement de cette espèce en voie d'extirpation.

Remerciements

Nous remercions C. Proulx, R. Pariseau, M. Macquart, B. Beaudoin, C. Pilon, C. Lacroix-Pelletier, K. Langevin, M. Saumur et C.-É. Ferland pour le travail de terrain. Des formations préparatoires au terrain ont été données par le Musée Canadien de la Nature (C. Renaud) et le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (J. Deschênes, H. Fournier, R. Pariseau). Cette recherche a été rendue possible grâce au financement obtenu par : le programme de financement pour le développement de la recherche de l'Université d'Ottawa (F. Chapleau), une bourse de maîtrise du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) (C. Levert), une bourse d'étude du Fonds Québécois de la recherche sur la nature et

les technologies (FQRNT) (C. Levert) et la Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire public de l'Outaouais (CRRNTO) (F. Chapleau).

Références

Barton, K. 2013. Package ‘MuMIn’. Multi-model inference. Version 1.9.0 [en ligne]. Disponible à <http://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/index.html> [cité 19 mars 2013].

Bates, D. 2005. Fitting linear mixed models in R. R news. **5**(1): 27–30. Disponible à http://www.r-project.org/doc/Rnews/Rnews_2005-1.pdf [cité 28 mai 2013].

Boucher, J., et Garceau, S. 2010. Information à l’appui de l’évaluation du potentiel de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2010/097.

Boucher, J., Bérubé, P., et Cloutier, R. 2009. Comparison of Channel Darter (*Percina copelandi*) summer habitat in two rivers from Eastern Canada. J. Freshwater Ecol. **24**(1): 19–28. doi: 10.1080/02705060.2009.9664261.

Boudreault, A. 1984. Méthodologie utilisée pour la photo-interprétation des rivières à saumon de la Côte-Nord. Rapport de Gilles Shooner et associés inc. présenté au ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Loretteville (Québec). 26 p.

Brewer, S.K., *et al.* 2006. Spawning Habitat Associations and Selection by Fishes in a Flow-Regulated Prairie River. Trans. Am. Fish. Soc. **135**(3): 763–788. doi: 10.1577/T05-021.1.

Carlson, R.L., et Wainwright, P.C. 2010. The ecological morphology of darters fishes (Percidae: Etheostomatinae). Biol. J. Linn. Soc. **100**(1): 30–45. doi: 10.1111/j.1095-8312.2010.01417.x.

Comtois, A., Chapleau, F., Renaud, C.B., Fournier, H., Campbell, B., et Pariseau, R. 2004. Inventaire printanier d’une frayère multispécifique : l’ichtyofaune des rapides de la rivière

Gatineau. The Canadian Field-Naturalist. **118**(4): 521–529. Disponible à <http://www.canadianfieldnaturalist.ca/index.php/cfn/article/view/55/54> [cité 12 juillet 2012].

COSEPAC. 2002. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 21 p.

Deschênes, J., et Rodriguez, M.A. 2007. Hierarchical analysis of relationships between brook trout (*Salvelinus fontinalis*) density and stream habitat features. Can.J. Fish. Aquat. Sci. **64**(5): 777–785. doi : 10.1139/F07-053.

Dubuc, N. 1999. Composition des communautés de poissons et relations espèces-habitat dans 11 tributaires de la rive nord de l’Outaouais. Mémoire de maîtrise en sciences de l’environnement, Département de Biologie, Université du Québec à Montréal., Montréal (Québec).

Fladung, E., Scholten, M., et Thiel, R. 2003. Modelling the habitat preferences of preadult and adult fishes on the shoreline of the large, lowland Elbe River. J. Appl. Ichthyol. **19**(5): 303–314. doi: 10.1046/j.1439-0426.2003.00506.x.

Goodchild, G. D. 1994. Status of the Channel darter, *Percina copelandi*, in Canada. The Canadian Field Naturalist. **107**(4): 431–439. Disponible à <http://www.biodiversitylibrary.org/item/108204#page/7/mode/1up> [cité 28 mai 2013].

Heggenes, J. 1996. Habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) and young Atlantic salmon (*S. Salar*) in streams: static and dynamic hydraulic modelling. Regulated rivers: research and management. **12**(2-3): 155–169. doi: 10.1002/(SICI)1099-1646(199603)12:2/3<155::AID-RRR387>3.0.CO;2-D.

Hinch, S.G., Somers, K.M., et Collins, N.C. 1994. Spatial Autocorrelation and Assessment of Habitat-Abundance Relationships in Littoral Zone Fish. *Can.J. Fish. Aquat. Sci.* **51**(3): 701–712. doi: 10.1139/f94-070.

Jelks, H.L., et al. 2008. Conservation Status of Imperiled North American Freshwater and Diadromous Fishes. *Fisheries*. **33**(8): 372–407. doi: 10.1577/1548-8446-33.8.372.

Johnson, D.H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*. **61**(1): 65–71. Disponible à <http://www.jstor.org/stable/1937156> [cité 19 juillet 2012].

Jones, R.N., Orth, D.J., et Maughan, O.E. 1984. Abundance and Preferred Habitat of the Leopard Darter, *Percina pantherina*, in Glover Creek, Oklahoma. *Copeia*. **1984**(2): 378–384. Disponible à <http://www.jstor.org/stable/1445194> [cité 28 mai 2013].

Lapointe, M. 1997. Rapport sur la situation du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Québec. 55 p.

Lemieux, C., Renaud, S., Bégin, P., et Belzile, L. 2005. Acquisition des connaissances – Rivière Gatineau Centrale des Rapides-Farmers et secteur Wakefield. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Barrages et Environnement. 76 p.

Magoulick, D.D. 2004. Effects of predation risk on habitat selection by water column fish, benthic fish and crayfish in stream pools. *Hydrobiologia*. **527**(1): 209–221. doi: 10.1577/T01-

- Mantel, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res.* **27**(2): 209–220. Disponible à http://cancerres.aacrjournals.org/content/27/2_Part_1/209 [cité 14 mai 2013]
- Mundahl, N.D., et Ingersoll, C.G. 1983. Early autumn movements and densities of johnny (*Etheostoma nigrum*) and fantail (*E. flabellare*) darters in a southwestern Ohio stream. *Ohio Acad. Sci.* **83**(3): 103-108. Disponible à <http://hdl.handle.net/1811/22928> [cité 28 mai 2013].
- Persat, H., et Copp, H.G. 1990. Electric fishing and Point abundance sampling for the ichthyology of large rivers. *Dans* Developments in electric fishing, 1st edn. Sous la direction de I.G. Cowx, Edition Blackwell science, Oxford, p. 197–209.
- Phelps, A., et Francis., A. 2002. Rapport du COSEPAC sur la situation du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Canada. *Dans* Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. p.1–21.
- Rabash, J., Steele, F., Browne, W.J., et Goldstein, H. 2009. A user’s guide to MLwiN. Center for multilevel modelling, University of Bristol. United Kingdom. Disponible à <http://www.bristol.ac.uk/cmm/software/mlwin/download/mlwin-userman-09.pdf> [cité 28 mai 2013].
- Reid, S.M. 2004. Age Estimates and Length Distributions of Ontario Channel Darter (*Percina copelandi*) Populations. *J. Freshwater Ecol.* **19**(3): 441–444. doi: 10.1080/02705060.2004.9664917.

Reid, S.M. 2005. River Redhorse (*Moxostoma carinatum*) and Channel Darter (*Percina copelandi*) Populations along the Trent-Severn Waterway. Disponible auprès du Centre for Applied Science in Ontario Protected Areas (CASIOPA), 2005 PRFO Proceedings. p. 221–230.

Reid, S.M., Carl, L.M., et Lean, J. 2005. Influence of riffle characteristics, surficial geology, and natural barriers on the distribution of the channel darter, *Percina copelandi*, in the Lake Ontario basin. Environ. Biol. Fish. **72**(3): 241–249. doi: 10.1007/s10641-004-1743-x.

Roberts, J.H., et Angermeier, P.L. 2007. Spatiotemporal variability of stream habitat and movement of three species of fish. Oecologia. **151**(3): 417–430. doi: 10.1007/s00442-006-0598-6.

Roberts, J.H., Rosenberger, A.E., Albanese, B.W., et Angermeier, P.L. 2008. Movement patterns of endangered of Roanoke logperch (*Percina rex*). Ecology of Freshwater Fish. **17**(3): 361–374. doi: 10.1111/j.1600-0633.2007.00288.x.

Stauffer, J.R.Jr., Boltz, J.M., Kellogg, K.A., et van Snik, E.S. 1996. Microhabitat partitioning in a diverse assemblage of darters in the Allegheny River system. Environ. Biol. Fish. **46**(1): 37–44. doi: 10.1007/BF00001696.

Watkins, M.S., *et al.* 1997. Microhabitat use by 0+ and older fishes in a small English chalk stream. J. Fish Biol. **50**(5): 1010–1024. doi: 10.1111/j.1095-8649.1997.tb01626.x

Wetzel, R.G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Company. Philadelphia (USA).

Zuur, A.F., Ieno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A., et Smith, G.M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York (USA).

Tableaux

Tableau 1. Information sur les captures de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) faites au cours des mois de juin (printemps), août (été) et octobre (automne) 2011 – 2012 dans 1176 parcelles, 150 tronçons et 4 tributaires de la rivière des Outaouais.

Tributaires	Période de capture	Nombre d'individus	Densité moyenne ^a (±ET)	Tronçons fréquentés (%)	Parcelles fréquentées (%)
Blanche (Gatineau)	Printemps	15	0,556 (0,512)	17,6	4,0
	Été	22	0,207 (0,110)		13,4
	Automne	11	0,210 (0,258)		6,9
Blanche (Thurso)	Printemps	18	0,205 (0,103)	13,9	9,0
	Été	19	0,160 (0,055)		6,8
	Automne	1	0,083 (NA)		1,5
Petite-Nation (Plaisance)	Printemps	27	0,648 (0,413)	25,7	5,7
	Été	27	0,369 (0,350)		8,0
	Automne	8	0,268 (0,133)		6,3
Saumon (Montebello)	Printemps	46	0,234 (0,133)	51,1	13,0
	Été	13	0,213 (0,170)		11,3
	Automne	19	0,194 (0,133)		13,4
Total		226	0,268 (0,246)	28,7	8,6

a. Calculée pour les parcelles fréquentées par le fouille-roche gris.

Tableau 2. Comparaison de la disponibilité et de l'utilisation par le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) de huit composantes environnementales examinées dans 4 tributaires de la rivière des Outaouais.

Composante environnementale	Utilisation ^a	Disponibilité ^b	Conclusion	Utilisation	Rangs Disponibilité	Différence
Profondeur						
[0-20[	15,4	10,8	Nul	3	3	0
[20-40[	59	51,6	Nul	1	1	0
[40-60[	20	29	Nul	2	2	0
>60	5,6	8,6	Nul	4	4	0
Substrat						
2	4,8	22,3	Évité	6	2	4
3	9,7	16,9	Évité	4	3	1
4	6,6	1,6	Préfééré	5	7	-2
5	10,9	9,4	Préfééré	3	5	-2
6	45,1	32,8	Nul	1	1	0
7	21	12,9	Préfééré	2	4	-2
8	1,2	2,7	NA	7	6	1
9	0,7	1,4	NA	8	8	0
Hétérogénéité						
1	4	13,5	Nul	5	5	0
2	20,2	29	Évité	3	1	1
3	32,7	22,3	Préfééré	1	2	-1
4	23,4	21,5	Préfééré	2	3	-1
5	19,7	13,7	Nul	4	4	0
Végétation						
1	69,2	68	Nul	1	1	0
2	24,4	19,6	Nul	2	2	0
3	4,5	8,1	Nul	3	3	0
4	1,9	2,4	NA	4	4	0
5	0	1,9	NA	5	5	0
Débris ligneux						
0	81,5	75,3	Nul	1	1	0
1	18,5	24,7	Nul	2	2	0
Périphyton						
1	73,8	77,2	Nul	1	1	0
2	20,2	17,5	Nul	2	2	0
3	5,5	3,2	Nul	3	3	0
4	0	1,6	NA	5	4	1
5	0,5	0,5	NA	4	5	-1
Vitesse						
[0-0.25[	10,7	38,7	Évité	5	1	4
[0.25-0.5[	37,5	21	Préfééré	1	2	-1
[0.5-0.75[	21	11,5	Préfééré	2	4	-2
[0.75-1.0[	11,3	10,5	Préfééré	4	5	-1
>1.0	19,5	18,3	Nul	3	3	0
Pente						
[0-10[	47,5	32	Nul	1	1	0
[10-20[	35	28,2	Nul	2	2	0
[20-30[	7,9	13,5	Préfééré	3	4	-1
[30-40[	5,8	7,8	Préfééré	4	5	-1
>40	3,8	18,5	Évité	5	3	2

Nota. Le terme « non-applicable » (NA) est inscrit lorsque l'utilisation et la disponibilité de l'habitat sont < 5%.

a. Utilisation = pourcentage du nombre de sites fréquentés par le fouille-roche gris multiplié à sa densité.

b. Disponibilité = pourcentage du nombre de sites accessibles pour le fouille-roche gris.

Tableau 3. Estimations des coefficients (termes fixes) et variances (termes aléatoires), erreurs types et p-valeurs extraites du modèle de régression hiérarchique final^a sur la densité de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) dans 4 tributaires de la rivière des Outaouais.

Termes du modèle	Estimation	Erreur type	<i>p</i>
Effet fixes			
Ordonnée à l'origine (β_0)	0,0215	0,0142	
Type de Substrat (β_2)	0,0110	0,0021	$7,6 \times 10^{-7}$
Log(Pente) (β_3)	-0,0299	0,0082	$2,5 \times 10^{-5}$
Effet aléatoires			
Résidus (σ_e^2)	0,00729		
<i>Niv. Tronçon</i>			
Type de Substrat ($\sigma_{\mu_1}^2$)	0,00002		$9,1 \times 10^{-7}$
Vitesse du courant ($\sigma_{\mu_2}^2$)	0,02637		$2,2 \times 10^{-16}$
<i>Niv. Rivière</i>			
Vitesse du courant ($\sigma_{z_1}^2$)	0,01826		$2,2 \times 10^{-8}$

a. Densité_{ijk} = $\beta_0 + \beta_2 \text{substrat}_{ijk} + \beta_3 \log(\text{Pente})_{ijk} + \mu_{1j} \text{substrat}_{ijk} + \mu_{2j} \text{vitesse}_{ijk} + z_{1k} \text{vitesse}_{ijk} + e_{0ij}$; avec $\mu_{1j} \sim N(0, \sigma_{\mu_1}^2)$, $\mu_{2j} \sim N(0, \sigma_{\mu_2}^2)$ et $z_{1k} \sim N(0, \sigma_{z_1}^2)$.

Tableau 4. Matrice de corrélation pour les variables environnementales quantitatives et ordinales : température de l'eau (t), profondeur (p1), type de substrat dominant (s), hétérogénéité du substrat (h), présence de débris ligneux (d), présence de végétation (v), présence de périphyton (p2), vitesse du courant (v) et log(pente du lit du cours d'eau) (p3), mesurées dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais.

	t	p1	s	h	d	v	p2	v	p3
t	1	-	-	-	-	-	-	-	-
p1	-0.011	1	-	-	-	-	-	-	-
s	-0.057	-0.128	1	-	-	-	-	-	-
h	-0.116	-0.147	0.735	1	-	-	-	-	-
d	-0.089	-0.002	-0.274	-0.228	1	-	-	-	-
v	0.158	0.062	-0.367	-0.318	-0.100	1	-	-	-
p2	0.216	0.035	0.082	0.074	-0.013	0.230	1	-	-
v	-0.218	-0.073	0.604	0.563	-0.207	-0.310	0.008	1	-
p3	0.053	0.282	-0.353	-0.319	0.064	0.051	-0.110	-0.374	1

Tableau 5. Coefficients de corrélation et p-valeurs obtenus suite au test d'autocorrélation spatiale (test de Mantel) entre les tronçons répartis dans 4 tributaires de la rivière des Outaouais.

Tributaire	Coefficient de corrélation	<i>p</i>
Blanche (Gatineau)	-0,0389	0,5721
Blanche (Thurso)	-0,0043	0,4825
Petite-Nation	0,1596	0,0166
Saumon	-0,0063	0,4460

Figures

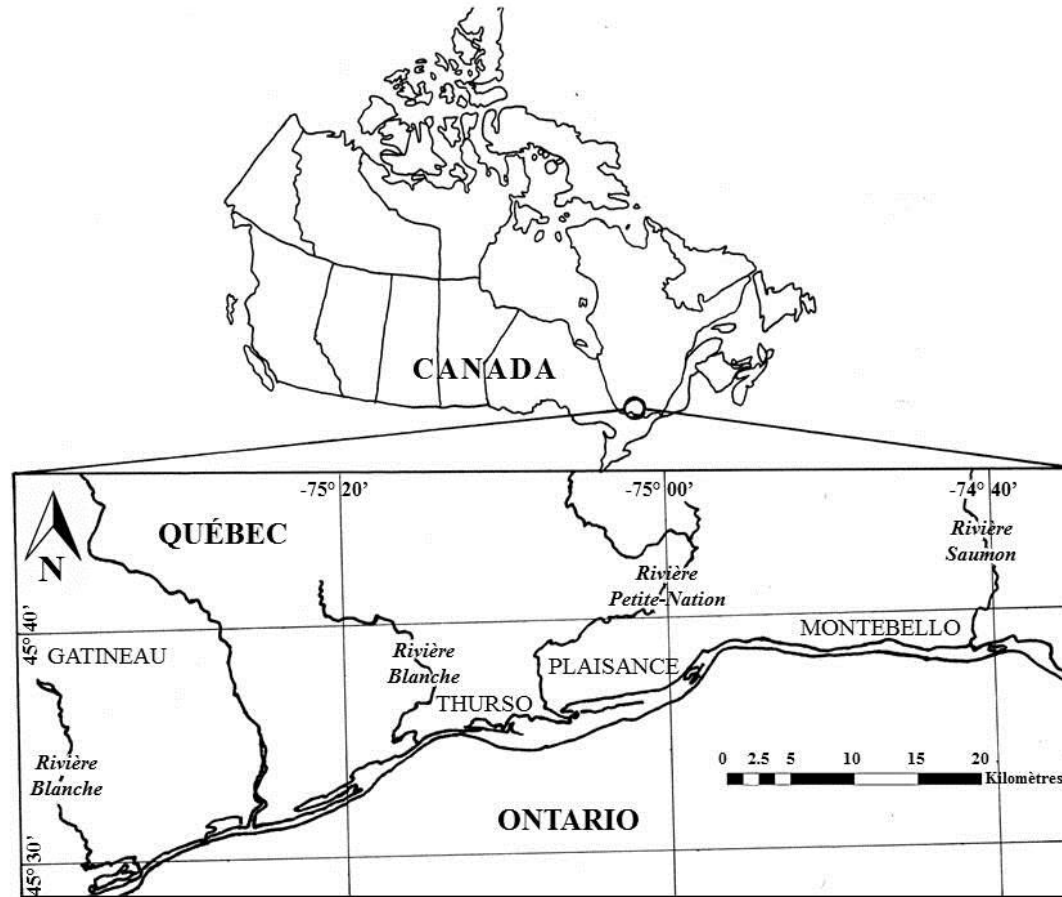


Figure 1. Localisation des tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, Canada) échantillonnées en 2011 et en 2012.

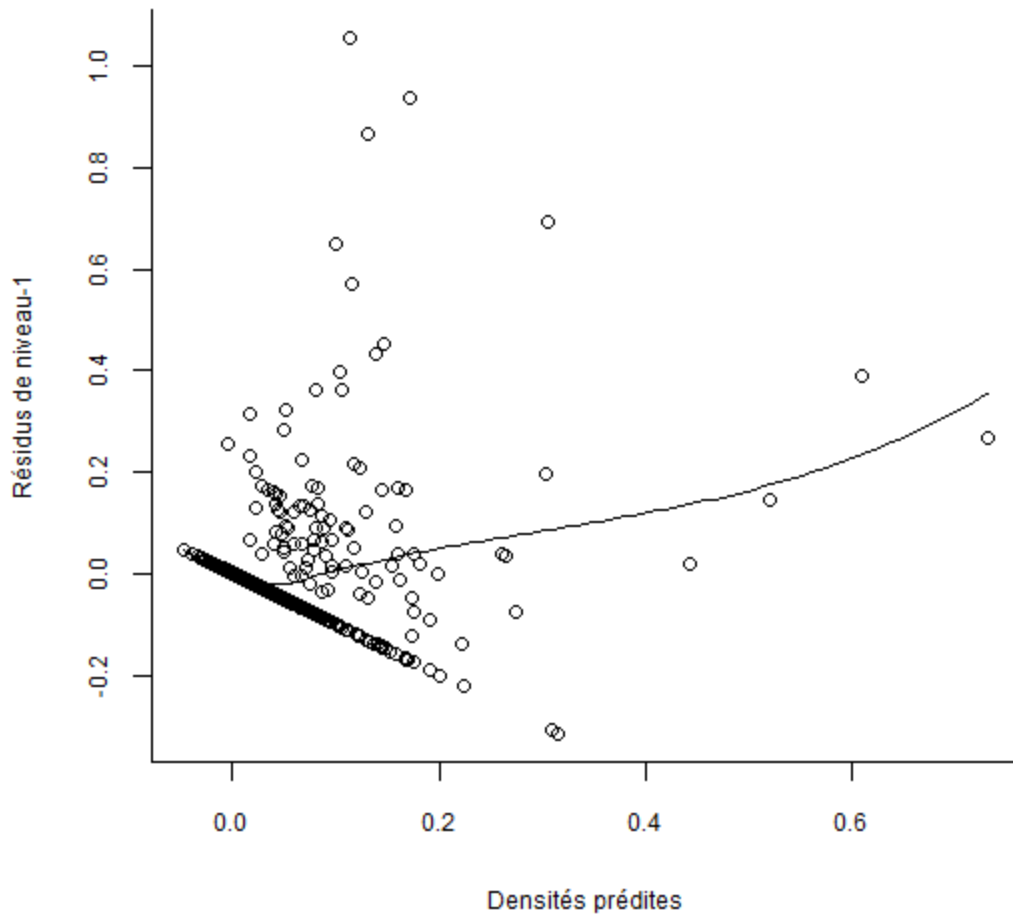


Figure 2. Graphique des résidus de premier niveau extraits du modèle de régression hiérarchique final en fonction des densités de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) prédites par le modèle. La tendance est illustrée par une courbe ajustée aux données.

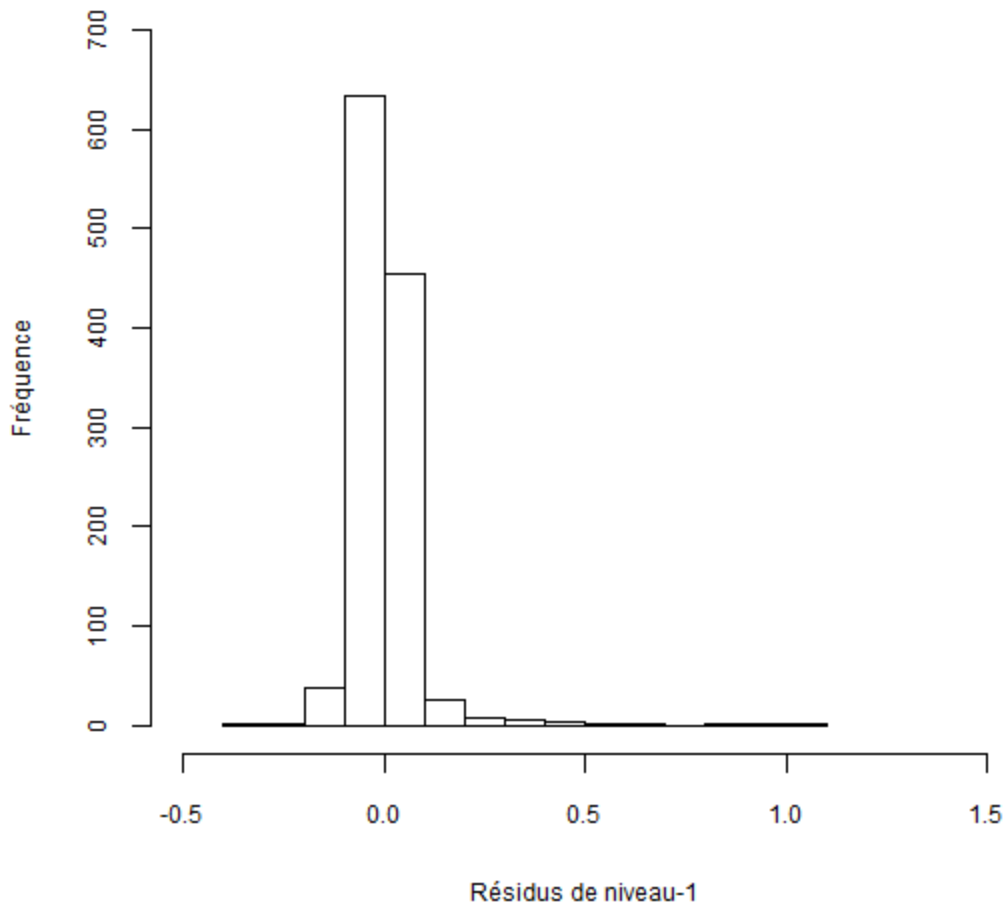


Figure 3. Histogramme de la fréquence des résidus de premier niveau extraits du modèle de régression hiérarchique final sur la densité de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais.

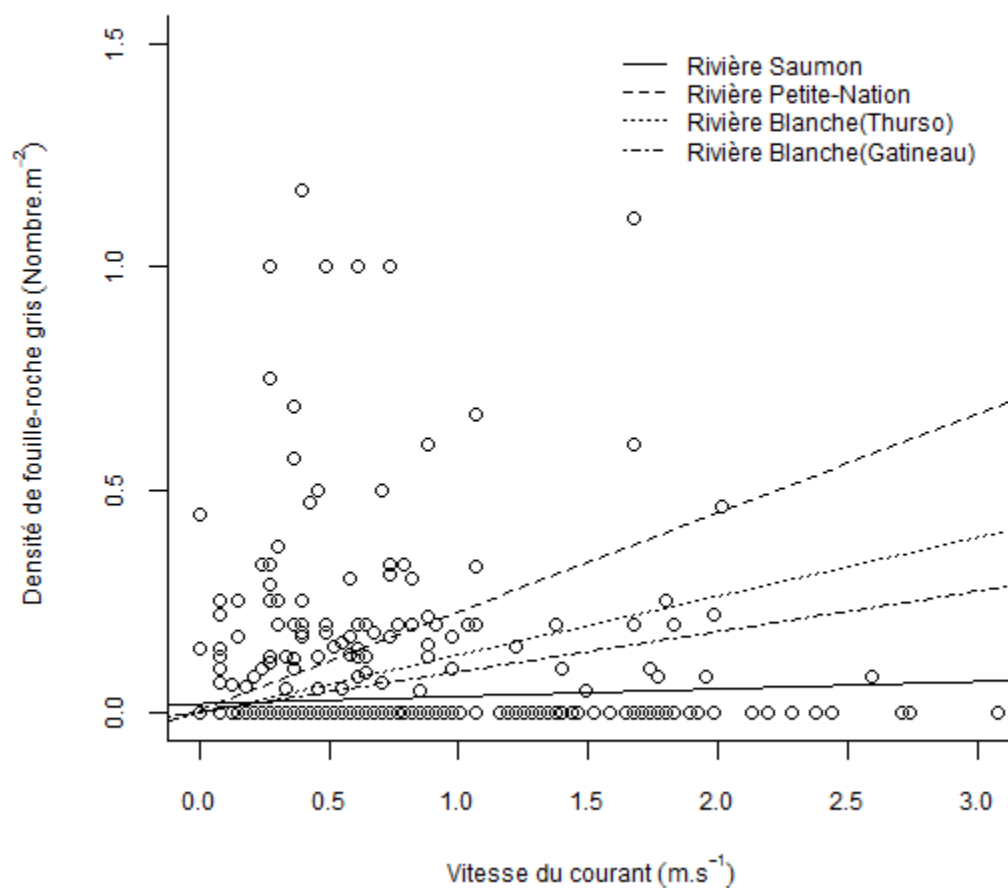


Figure 4. Graphique de la régression linéaire de la densité de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) en fonction de la vitesse du courant. Les droites de régression emboîtée pour le niveau rivière de la densité en fonction de la vitesse sont illustrées.

Chapitre 2 : Distribution et reproduction du fouille-roche gris
(Percidae : *Percina copelandi*) dans quatre tributaires de la
rivière des Outaouais (Québec, Canada).

Résumé

Cette étude examine la distribution saisonnière et les conditions de reproduction des populations de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) de quatre tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, Canada). Le fouille roche gris a été désigné comme étant une espèce menacée au Canada. Dans les rivières Blanche (Gatineau), Blanche (Thurso) et Petite-Nation (Plaisance), d'importants obstacles naturels (chutes d'eau) semblent restreindre la répartition de l'espèce dans les rapides en aval des obstacles. L'examen des abondances relatives de fouille-roche gris a permis de détecter un mouvement migratoire automnal vers des bassins d'eau profonde ($> 1\text{m}$) dans la rivière Blanche (Thurso). Dans la Rivière Saumon (Montebello), l'absence d'obstacle naturel a permis un mouvement des fouilles-roche gris vers l'amont de la rivière à l'arrivée de l'automne. Des mâles en coloration de fraye ont été observés aux mois de juin et juillet 2012 dans les quatre rivières, dans des rapides (vitesse du courant : $0,076 - 3,5 \text{ ms}^{-1}$) peu profonds au substrat grossier alors que la température de l'eau variait entre $17,5$ et $23,9$ °C.

Mots clés : Fouille-roche gris, espèce en péril, Rivière des Outaouais, Répartition, Reproduction

Introduction

Depuis 2006, le fouille-roche gris, un petit percidé de la sous-famille des Etheostomatinae (Famille Percidae), est inscrit à l'annexe 1 de la Loi sur les espèces en péril (LÉP) en tant qu'espèce menacée (COSEPAC 2002). Au Québec et en Ontario, peu d'études ont documenté la reproduction et les déplacements du fouille-roche gris selon les saisons. Afin de répondre aux objectifs d'acquisition de connaissances du programme national de rétablissement du fouille-roche gris et du plan de rétablissement québécois de l'espèce (Équipe de rétablissement du fouille-roche gris 2001), la présente étude vise à fournir des données sur la distribution et la reproduction de l'espèce dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais, Québec. Plus précisément, nous allons 1) cartographier la répartition de l'espèce pour l'ensemble des quatre rivières et pour trois périodes d'échantillonnage et 2) documenter les composantes de l'habitat associées à la reproduction de l'espèce dans les quatre rivières.

En Amérique du Nord, le fouille-roche gris est dispersé en petits groupes de populations disjointes réparties sur un grand territoire couvrant l'est de l'Amérique du Nord, de la Louisiane au sud jusqu'au Canada au nord (Figure B1, annexe B). Le sud du Québec et de l'Ontario (Canada) constituent la limite nord de sa répartition géographique (Bouvier et Mandrak 2010 ; Boucher et Garceau 2010). En Ontario, la répartition actuelle et historique de l'espèce est limitée à quatre grandes zones des Grands Lacs, soient les bassins hydrographiques du lac Sainte-Claire, du lac Érié (bassins Est, Ouest et Central), de la baie de Quinte et de la rivière des Outaouais (Figure B2, annexe B). Les populations de fouille-roche gris des bassins hydrographiques est et central du Lac Érié sont présumées extirpées et de nombreuses autres populations ontariennes sont en déclin (Bouvier et Mandrak 2010). Au Québec, la distribution du fouille-roche gris se limite aux tributaires du haut St-Laurent, répartis dans 10 régions de la province (Montréal,

Laval, Montérégie, Estrie, Outaouais, Mauricie, Centre du Québec, Lanaudière, Capitale-Nationale et Chaudière-Appalaches) (Figure B3, annexe B). Quelques spécimens ont également été retrouvés dans le Fleuve St-Laurent (lac St-Louis et lac St-Pierre) (Boucher et Garceau 2010). Dans l'Outaouais québécois, la distribution géographique connue du fouille-roche gris se limite à cinq tributaires de la rivière des Outaouais (rivières Gatineau, Blanche (Gatineau), Blanche (Thurso), Petite-Nation, et Saumon) (Dubuc 1999 ; Comtois *et al.* 2004). Parmi ceux-ci, seule la rivière Gatineau a déjà fait l'objet d'étude sur le fouille-roche gris (Boucher *et al.* 2009 ; Lemieux *et al.* 2005).

En période de frai, les fouilles-roche gris migreraient sur de courtes distances pour rejoindre leur aires de fraye, dans des zones de courant modéré à rapide et où le substrat est composé de gravier ou de grosses roches (Bouvier et Mandrak 2010). En lac, l'espèce semble affectionner les hauts-fonds de gravier pour frayer (Winn 1953).

Méthodes

Distribution

La distribution du fouille-roche gris a été documentée dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais (rivières Blanche (Gatineau), Blanche (Thurso), Petite-Nation (Plaisance) et Saumon (Montebello), Outaouais, Québec). Dans la rivière Blanche (Gatineau ; Figure 1) l'eau coule du lac McGregor au nord (Val-des-Monts, Québec) vers le sud jusqu'à l'embouchure sur la rivière des Outaouais (45°30'N, 75°33'O). La zone d'étude (10,5 km) s'étend de l'embouchure jusqu'au premier obstacle au passage des poissons en amont (45°31'N, 75°36'O), un barrage de béton de 3,3 m de hauteur. La rivière Blanche (Thurso ; Figure 1) coule depuis le lac de l'Écluse au nord (Mulgrave-et-Derry, Québec) vers le sud jusqu'à son embouchure sur la rivière des

Outaouais (45°35'N, 75°15'O). La zone d'étude (6,6 km) s'étend de l'embouchure jusqu'au premier obstacle au passage des poissons en amont (45°36'N, 75°16'O), soit une chute d'une dizaine de mètres de hauteur. La rivière Petite-Nation (Plaisance ; Figure 1) coule depuis les lacs Saint-Denis et Ouananiche (Lac-Ernest, Québec) au nord vers l'aval jusqu'à l'embouchure sur la rivière des Outaouais (45°36'N, 75°06'O). La zone d'étude (6,9 km) s'étend de l'embouchure jusqu'au premier obstacle au passage des poissons en amont (45°38'N, 75°08'O), soient les chutes de Plaisance (Québec). Dans la rivière Saumon (Montebello, Figure 1), l'eau coule depuis le lac Papineau (Notre-Dame-de-Bonsecours, Québec) en amont vers l'aval jusqu'à son embouchure dans la rivière des Outaouais (45°39'N, 74°55'O). Aucune barrière majeure ne nuit à la dispersion des poissons. La zone d'étude (10,3 km) s'étend de l'embouchure jusqu'à l'arrêt de capture du fouille-roche gris sur au moins deux tronçons consécutifs comportant des habitats propices pour l'espèce (45°42'N, 74°51'O ; Notre-Dame-de-Bon-Secours, QC).

Des tronçons équidistants de 100 m de longueur ont été répartis à l'intérieur des zones d'étude des quatre rivières. Dans chaque tronçon, un nombre variable de parcelles (prof 0,1 - 0,7 m) a été échantillonné par la pêche électrique portative (LR-24 Electrofisher F00512, Smith-Root, inc.), selon la méthode modifiée (voir introduction générale) de l'échantillonnage ponctuel de l'abondance (Persat et Copp 1990). Le nombre (min. 4, max. 9) de parcelles échantillonnées était dépendant de la richesse spécifique du milieu, l'échantillonnage étant interrompu lorsque 2 parcelles consécutives ne contenaient pas de nouvelle espèce. La taille des parcelles (moy \pm ET : $5,6 \pm 4,1 \text{ m}^2$, fourchette : 1-30 m^2) était réduite lorsque la berge était difficile d'accès. Les poissons capturés étaient identifiés à l'espèce, mesurés pour la longueur totale, puis remis à l'eau. Quelques spécimens ont été rapportés en laboratoire à des fins d'identification ou confirmation d'identification. La densité de fouille-roche gris a été calculée dans 1176 parcelles, réparties sur

150 tronçons dans les quatre rivières. Afin de documenter l'utilisation de l'habitat en fonction des saisons, l'échantillonnage a été fait au printemps (juin), à l'été (août) et à l'automne (octobre). Les rivières Petite-Nation et Saumon ont été échantillonnées en 2011, alors que les deux rivières Blanche (Thurso et Gatineau) ont été échantillonnées en 2012.

Reproduction

Dans le but de localiser des sites de fraye, un échantillonnage ciblé des zones fréquentées par le fouille-roche gris dans les quatre rivières a été réalisé entre 9h00 et 16h00 du 26 juin au 17 juillet 2012. Un total de 34 parcelles (taille moyenne : 19,6 m²) ont été échantillonnées par la pêche électrique portative. Les poissons capturés ont été identifiés à l'espèce et mesurés pour la longueur totale. Les fouilles-roche gris ont été examinés pour déterminer le sexe (Coad 2012) et le stade reproductif (Winn 1953) (Tableau B1, annexe B). Dans chaque parcelle, 10 composantes environnementales ont été mesurées : 1) profondeur, 2) distance de la berge, 3) pente du lit du cours d'eau, 4) granulométrie des particules de substrat dominant, 5) hétérogénéité du substrat, 6) recouvrement de plantes vasculaires et bryophytes, 7) recouvrement de périphyton, 8) présence de débris ligneux, 9) vitesse du courant et 10) température de l'eau. La profondeur (m) et la distance de la berge (m) ont été mesurées à l'aide d'une tige graduée. La pente du lit du cours d'eau (%) correspond au ratio de la profondeur sur la distance de la berge. La granulométrie des particules de substrat dominant a été évaluée par observation visuelle et tactile, selon l'échelle de Boudreault (1984) (Tableau B2, annexe B). Le recouvrement de périphyton fait référence aux algues filamenteuses poussant sur tous les types de substrat ainsi que sur les plantes vasculaires (i.e. épiphytes) (Wetzel 1975). L'hétérogénéité du substrat (Boucher *et al.* 2009), le recouvrement de plantes vasculaires et de bryophytes, le recouvrement du périphyton ainsi que la présence de débris ligneux ont été estimés visuellement, selon les classes données au tableau B3

(annexe B). La vitesse du courant ($m \cdot s^{-1}$) a été mesurée à l'aide d'un courantomètre (Global water Flo Probe modèle Vel001), au trois-quarts de la profondeur de la colonne d'eau. La température de l'eau a été mesurée à l'aide d'un appareil Waterproof tester (modèle HI 98129).

Résultats

Distribution

L'échantillonnage des quatre rivières a permis de capturer 2056 poissons (9 familles, 33 espèces) en 59 jours de pêche répartis entre le 30 mai 2011 et le 30 octobre 2012. Un total de 226 fouilles-roche gris a été retrouvé dans 101 parcelles et 43 tronçons (Tableau 1). La présence de l'espèce a été associée dans les quatre rivières à de petits rapides peu profonds au substrat grossier (voir Chapitre 1).

Dans la rivière Blanche (Gatineau), les fouilles-roche gris ont été retrouvés sur une distance de 3 km depuis l'extrême nord de la zone d'étude. Le fouille-roche gris n'a été capturé que pendant l'été dans un des secteurs de la rivière, situé entre 1 et 2 kilomètres de la limite nord de la zone d'étude (Figure 2a). Par contre le niveau de l'eau très bas en été a permis d'échantillonner ce secteur sur toute la largeur de la rivière, alors que seules les berges étaient accessibles au printemps et à l'automne. La probabilité de capture était probablement plus élevée durant l'été que lors de deux autres saisons.

Dans les rivières Blanche (Thurso) et Petite-Nation, la présence de fouille-roche gris en zone peu profonde se limitait presque exclusivement au pied des chutes situées en amont des zones d'étude (Figures 2b et 2c). De fait, la majorité des parcelles fréquentées par l'espèce étaient situées à moins d'un kilomètre du pied des chutes dans ces deux rivières (Petite-Nation : 85,7% ; Blanche (Thurso) : 94,1%) (Tableau 1).

Dans la rivière Blanche (Thurso), un seul individu a été retrouvé plus en aval, en été, à plus de 2,5 km des chutes. L'échantillonnage automnal n'a permis la capture que d'un seul individu et par rapport au printemps, l'abondance relative de fouille-roche gris était 38 % plus faible en été et 94 % plus faible en automne (Tableau 1). Ceci suggère un possible mouvement des populations de l'espèce vers des fosses profondes (> 1m) plus en aval de la rivière.

Au printemps dans la rivière Petite-Nation, trois individus ont été retrouvés à plus de 4 km en aval des chutes. De ces trois individus, deux ont été capturés dans un petit rapide peu profond au substrat grossier situé à l'embouchure d'un petit tributaire et un a été capturé au pied d'une zone de gravier aménagée pour la mise à l'eau d'embarcations nautiques. Un fouille-roche gris a été retrouvé au cours de l'échantillonnage d'été sur un haut-fond au substrat hétérogène composé de blocs rocheux. En automne, des individus ont été retrouvés en eau calme, sur un substrat homogène composé de limon (un individu au centre de la zone d'étude et cinq individus juste en aval des chutes). Par rapport à l'été, l'abondance relative de fouille-roche gris était 44% plus faible au printemps et 67 % plus faible en automne (Tableau 1), indiquant un mouvement migratoire des poissons dans cette rivière.

Le fouille-roche gris était plus largement répandu dans la rivière Saumon, puisque le nombre de parcelles et de tronçons fréquentés par l'espèce dépassait largement celui des autres rivières (Tableau 1). En outre, un mouvement migratoire vers l'amont a été observé (Figure 2d) entre les mois de juin et octobre 2011, la distribution des populations de fouille-roche gris dans cette rivière s'étendant davantage vers le nord à l'arrivée de l'automne.

Reproduction

Un total de 94 adultes, dont 53 femelles et 41 mâles (sex-ratio en faveur des femelles de 1,3 : 1) ont été capturés dans les quatre rivières à l'étude entre le 26 juin et le 17 juillet 2012 (Tableau 2). Aucune frayère n'a été observée. Par contre, 22 mâles en couleur de reproduction ont été retrouvés dans les quatre rivières (Figure 3), suggérant que la fraye a eu lieu entre la fin juin et la mi-juillet. La présence des mâles ayant une coloration de reproduction a été associée à une température de l'eau de 17,5 à 23,9 °C, des eaux vives (vitesse du courant : 0,076 – 3,5 ms⁻¹), une faible profondeur (0,14 – 0,50 m) et une absence de végétation (Tableau 3). Dans les rivières Blanche (Gatineau), Petite-Nation et Saumon, la présence des mâles en coloration de reproduction était associée à un substrat hétérogène composé cailloux, de galet et de bloc et une absence de débris ligneux. Dans la rivière Blanche (Thurso), les mâles en coloration de reproduction ont plutôt été retrouvés sur un substrat composé de sable et de gravier, accompagné de débris ligneux. Cette distinction s'explique davantage par une divergence dans la disponibilité des habitats entre les rivières (Tableau 4) que par une préférence différentielle de l'espèce pour ses habitats de reproduction.

Discussion

Dans les quatre rivières à l'étude, la distribution du fouille-roche gris se limitait presque exclusivement aux secteurs des rapides ce qui est comparable aux observations faites dans quatre tributaires de la Baie de Quinte (bassin du Lac Ontario, Canada). Reid *et al.* (2005) ont associé la présence de fouille-roche gris dans les rivières Moira, Black, Napanee, Salmon et Skootamatta à des rapides peu profonds au substrat grossier. La majorité des sites fréquentés par l'espèce se jetait dans des fosses plus profondes (>2 m) au substrat sablonneux, aussi fréquentées par

quelques fouilles-roche gris. L'échantillonnage par la pêche électrique portative n'a pas permis de vérifier la présence de l'espèce dans les fosses en aval des rapides fréquentés par l'espèce dans nos quatre rivières.

Dans cette étude, un mouvement migratoire des fouille-roche gris a été détecté entre les saisons, particulièrement dans la rivière Blanche (Thurso) où un déclin important de l'abondance relative du printemps vers l'automne a été observé. D'autres dards (p.ex. *Percina pantherina*) migreraient à l'été et à l'automne vers des bassins d'eau calme alors qu'ils remonteraient vers des eaux vives en hiver et au printemps (Jones *et al.* 1984). Roberts et Angermeier (2007) ont indiqué que les mouvements saisonniers de plusieurs espèces de dards (p.ex. *Etheostoma flabellare*, *E. podostemone*) dépendent de la variabilité environnementale disponible pour les poissons. Dans cette étude, les habitats disponibles pour le fouille-roche gris changeaient entre les quatre rivières et les trois saisons, ce qui concorde avec les différences dans les patrons de migration saisonniers de l'espèce observées entre les quatre rivières. Des mouvements de fouille-roche gris ont aussi été observés dans la rivière Trent (Ontario), puisque, comparé au printemps, un déclin important du nombre de captures dans des habitats peu profonds a été noté en été et en automne (Reid 2005). Toutefois, l'importance des habitats plus profonds (> 0,7 m) et des bassins pour le fouille-roche gris demeure mal comprise. Les études intégrant diverses échelles spatiales et temporelles dans un large spectre de profondeurs sont susceptibles de fournir de meilleures indications des mouvements populationnels du fouille-roche gris que les approches traditionnelles sur une saison ou sur quelques jours d'échantillonnage.

Dans la rivière Saumon, aucune barrière physique ne limitait les mouvements du fouille-roche gris, alors que la présence de chutes ou de barrage était retrouvée dans les trois autres rivières. Les barrières naturelles au passage des poissons ont une grande influence sur la

répartition des espèces (Kruse *et al.* 1997). Bailey et Smith (1981) ont indiqué que la distribution postglaciaire des poissons de l'Amérique du Nord avait été limitée par la présence de chutes dans les rivières canadiennes et les tributaires des Grands-Lacs. En Ontario, l'impact des barrières physiques sur la répartition du fouille-roche gris a été documenté (Reid *et al.* 2005), la distribution de l'espèce étant restreinte aux zones situées en aval des premiers grands obstacles naturels au passage des poissons. Par contre, aucune étude des populations de fouille-roche gris n'a permis de documenter l'impact des barrières physiques sur la répartition de l'espèce au Québec. En fait, au nord-est de Montréal, la distribution historique de quelques populations semble atteindre le Bouclier canadien, à plusieurs kilomètres en amont de l'embouchure des tributaires dans le St-Laurent (Figure B3, annexe B). Il est possible que l'absence de barrière physique naturelle au passage des poissons dans ces tributaires puisse expliquer cet état de fait. Ceci concorderait avec les observations faites au cours de la présente étude dans la rivière Saumon. Les études comparatives des barrières limitant le mouvement des fouilles-roche gris permettraient de mieux comprendre la structure des populations de l'espèce au Québec.

L'habitat propice pour la fraye du fouille-roche gris dans les quatre rivières était caractérisé par des rapides (vitesse du courant : 0,076 – 3,5 ms⁻¹) peu profonds au substrat grossier et par une température de l'eau de 17,5 à 23,9 °C, ce qui est comparable à des observations faites dans la rivière Trent en Ontario. Au cours du mois de juin, Reid (2004) a capturé des adultes en état de se reproduire (libération des gamètes sous une légère pression) lorsque la température de l'eau variait entre 14,5 et 25 °C, dans des zones de courant modéré à rapide (vitesse du courant moyenne : 0,46 m·s⁻¹, fourchette : 0-1,0 ms⁻¹) et où le substrat était composé de gravier et de galet. Une frayère à fouille-roche gris a été identifiée par Lemieux *et al.* (2005) grâce à une collecte d'œufs à l'aide de filets troubleau et de dérive au début du mois de

juillet en aval des rapides Farmer's sur la rivière Gatineau (Québec) alors que la température de l'eau variait entre 18 et 20°C. La profondeur mesurée sur les frayères était de 0,3 à 0,4 m, la vitesse du courant variait entre 0,2 et 0,6 ms⁻¹ et le substrat était composé de galets et de cailloux recouverts d'une couche de périphyton. Un échantillonnage des frayères potentielles (Figure 3) dans les quatre rivières à l'aide de filets pourrait permettre de documenter et de mieux comprendre les besoins en habitat de l'espèce au cours de sa période de reproduction.

Remerciements

Nous remercions C. Proulx, R. Pariseau, M. Macquart, B. Beaudoin, C. Pilon, C. Lacroix-Pelletier, K. Langevin, M. Saumur et C.-É. Ferland pour le travail de terrain. Des formations préparatoires au terrain ont été données par le Musée Canadien de la Nature (C. Renaud) et le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (J. Deschênes, H. Fournier, R. Pariseau). Cette recherche a été rendu possible grâce au financement obtenu par : le programme de financement pour le développement de la recherche de l'Université d'Ottawa (F. Chapleau), une Bourse de maîtrise du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) (C. Levert), une bourse d'étude du Fonds Québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) (C. Levert) et la Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire public de l'Outaouais (CRRNTO) (F. Chapleau).

Références

Bailey, R. M., et Smith, G.R. 1981. Origin and geography of the fish fauna of the Laurentian Great Lakes basin. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1539-1569.

Boucher, J., et Garceau, S. 2010. Information à l'appui de l'évaluation du potentiel de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2010/097.

Boucher, J., Bérubé, P., et Cloutier, R. 2009. Comparison of Channel Darter (*Percina copelandi*) summer habitat in two rivers from Eastern Canada. *J. Freshwater Ecol.* 24(1): 19–28. doi: 10.1080/02705060.2009.9664261.

Boudreault, A. 1984. Méthodologie utilisée pour la photo-interprétation des rivières à saumon de la Côte-Nord. Rapport de Gilles Shooner et associés inc. présenté au ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Loretteville (Québec). 26 p.

Bouvier, L.D., et Mandrak, N.E. 2010. Information à l'appui de l'évaluation du potentiel de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) en Ontario. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2010/097. vi + 39 pages.

Coad, B. W. 2012. Fishes of Canada's National Capital Region. Canadian Museum of Nature, Ottawa, Ontario, Canada. Percidae – Perches – Perches et Dards [en ligne]. Disponible à <http://www.briancoad.com/NCR/ContentsNCR.htm#Percidae> [cité 25 juillet 2012].

Comtois, A., Chapleau, F., Renaud, C.B., Fournier, H., Campbell, B., et Pariseau, R. 2004. Inventaire printanier d'une frayère multispécifique : l'ichtyofaune des rapides de la rivière

- Gatineau. The Canadian Field-Naturalist. **118**(4): 521–529. Disponible à <http://www.canadianfieldnaturalist.ca/index.php/cfn/article/view/55/54> [cité 12 juillet 2012].
- COSEPAC. 2002. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 21 p.
- Dubuc, N. 1999. Composition des communautés de poissons et relations espèces-habitat dans 11 tributaires de la rive nord de l’Outaouais. Mémoire de maîtrise en sciences de l’environnement, Département de Biologie, Université du Québec à Montréal., Montréal (Québec).
- Équipe de rétablissement du fouille-roche gris. 2001. Plan de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune. 34 pages.
- Jones, R.N., Orth, D.J., et Maughan, O.E. 1984. Abundance and Preferred Habitat of the Leopard Darter, *Percina pantherina*, in Glover Creek, Oklahoma. Copeia. **1984**(2): 378–384. Disponible à <http://www.jstor.org/stable/1445194> [cité 28 mai 2013].
- Kruse, C.G., Hubert, W.A., et Rahel, F.J. 1997. Geomorphic Influences on the Distribution of Yellowstone Cutthroat Trout in the Absaroka Mountains, Wyoming. Trans. Am. Fish. Soc. **126**(3): 418–427. doi: 10.1577/1548-8659(1997)126<0418:GIOTDO>2.3.CO;2.
- Lemieux, C., Renaud, S., Bégin, P., et Belzile, L. 2005. Acquisition des connaissances – Rivière Gatineau Centrale des Rapides-Farmers et secteur Wakefield. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Barrages et Environnement. 76 p.

Persat, H., et Copp, H.G. 1990. Electric fishing and Point abundance sampling for the ichthyology of large rivers. *Dans* Developments in electric fishing, 1st edn. Sous la direction de I.G. Cowx, Edition Blackwell science, Oxford, p. 197–209.

Reid, S.M. 2004. Age Estimates and Length Distributions of Ontario Channel Darter (*Percina copelandi*) Populations. *J. Freshwater Ecol.* **19**(3): 441–444. doi: 10.1080/02705060.2004.9664917.

Reid, S.M. 2005. River Redhorse (*Moxostoma carinatum*) and Channel Darter (*Percina copelandi*) Populations along the Trent-Severn Waterway. Disponible auprès du Centre for Applied Science in Ontario Protected Areas (CASIOPA), 2005 PRFO Proceedings. p. 221–230.

Reid, S.M., Carl, L.M., et Lean, J. 2005. Influence of riffle characteristics, surficial geology, and natural barriers on the distribution of the channel darter, *Percina copelandi*, in the Lake Ontario basin. *Environ. Biol. Fish.* **72**(3): 241–249. doi: 10.1007/s10641-004-1743-x.

Roberts, J.H., et Angermeier, P.L. 2007. Spatiotemporal variability of stream habitat and movement of three species of fish. *Oecologia.* **151**(3): 417–430. doi: 10.1007/s00442-006-0598-6.

Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. W.B. Snauders Company. Philadelphia (USA).

Winn, H.E. 1953. Breeding Habits of the Percid Fish *Hadropterus copelandi* in Michigan. *Copeia.* **1953**(1): 26-30. Disponible à <http://www.jstor.org/stable/1440239> [cité 28 mai 2013].

Tableaux

Tableau 1. Information sur les captures de fouille-roche gris (*Percina copelandi*), faites au cours des mois de juin (Printemps), août (Été) et octobre (Automne) 2011 – 2012, dans 1176 parcelles, 150 tronçons et 4 tributaires de la rivière des Outaouais.

Tributaires	Période	Abondance relative	Portions de rivière échantillonnées (Nombre avec FRG)		Parcelles avec FRG situées à moins de 1000 m des chutes (%)
			Tronçons	Parcelles	
Blanche (Gatineau)	Printemps	0,203	34(6)	74(3)	66,7
	Été	0,328		67(9)	44,4
	Automne	0,153		72(5)	80,0
	Total	0,225		213(17)	58,8
Blanche (Thurso)	Printemps	0,231	36(5)	78(7)	100,0
	Été	0,144		132(9)	88,9
	Automne	0,015		67(1)	100,0
	Total	0,137		277(17)	94,1
Petite-Nation (Plaisance)	Printemps	0,172	35(9)	157(9)	88,9
	Été	0,307		88(7)	85,7
	Automne	0,100		80(5)	80,0
	Total	0,191		325(21)	85,7
Saumon (Montebello)	Printemps	0,250	45(23)	184(24)	---
	Été	0,163		80(9)	
	Automne	0,196		97(13)	
	Total	0,216		361(46)	

Tableau 2. Captures de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) mâles de couleur normale (stades – 0) et en couleur de fraye (stade – 1) et captures de femelles lors de l'échantillonnage de 34 parcelles réparties dans 4 tributaires de la rivière des Outaouais échantillonnés entre le 26 juin et le 17 juillet 2012.

Tributaires	Date de l'échantillonnage	Nombre de parcelles	Nombre d'individus		
			♀	♂ (Stade – 0)	♂ (Stade – 1)
Blanche (Gatineau)	2012-06-28	2	2	0	3
	2012-07-05	2	0	0	0
	2012-07-10	2	1	0	0
	2012-07-16	1	0	0	3
Blanche (Thurso)	2012-06-27	2	1	1	2
	2012-07-04	2	9	10	3
	2012-07-10	2	9	2	0
	2012-07-17	1	2	0	1
Petite-Nation	2012-06-27	2	5	1	0
	2012-07-04	2	6	0	1
	2012-07-10	2	1	0	0
	2012-07-17	1	0	0	0
Saumon	2012-06-26	6	1	2	3
	2012-07-03	2	9	2	1
	2012-07-09	3	2	0	2
	2012-07-16	2	5	1	3

Tableau 3. Variables environnementales examinées [température de l'eau (temp), profondeur (prof), substrat (subs), hétérogénéité (hete), débris ligneux (debr), plantes vasculaires et bryophytes (vege), périphyton (péri), vitesse du courant (vite) et pente du lit du cours d'eau (pent)] dans 14 parcelles associées à la présence de fouille-roche gris (*Percina copelandi*) mâle en couleur de fraye réparties dans 4 tributaires de la rivière des Outaouais échantillonnés entre le 26 juin et le 17 juillet 2012.

Tributaires	Latitude	Longitude	temp (°C)	prof (m)	subs	hete	debr	vege	péri	Vite (ms ⁻¹)	pent (%)
Blanche	45° 31' 17"	75° 36' 16"	18,2	0,20	6	4	0	2	3	1,615	2,353
(Gatineau)	45° 31' 21"	75° 36' 19"	---	0,35	5	4	0	1	1	1,158	23,333
Blanche	45° 36' 01"	75° 16' 17"	17,9	0,35	4	3	1	2	1	0,732	2,917
(Thurso)	45° 36' 09"	75° 16' 16"	23,9	0,38	4	2	1	2	1	0,823	5,429
	45° 36' 11"	75° 16' 15"	23,9	0,20	4	3	1	2	1	0,610	2,000
	45° 36' 06"	75° 16' 16"	---	0,32	3	1	1	1	1	0,076	3,200
Petite-Nation	45° 38' 13"	75° 07' 58"	22,9	0,40	7	5	0	1	1	0,975	13,333
Saumon	45° 39' 12"	74° 53' 08"	17,5	0,15	5	4	0	1	3	3,505	3,000
	45° 39' 12"	74° 53' 02"	17,5	0,14	5	4	0	1	3	2,012	9,333
	45° 39' 24"	74° 52' 46"	17,5	0,20	6	5	0	1	2	1,829	5,000
	45° 39' 41"	74° 52' 40"	18,8	0,50	6	5	0	1	3	1,006	8,333
	45° 39' 10"	74° 53' 06"	---	0,35	6	4	0	1	1	1,219	11,667
	45° 39' 13"	74° 53' 01"	---	0,20	5	4	0	1	1	0,975	3,333
	45° 39' 12"	74° 53' 09"	---	0,15	5	2	0	1	1	1,158	5,000

Tableau 4. Disponibilité des catégories de substrat et de débris ligneux dans 34 parcelles réparties sur 4 tributaires de la rivière des Outaouais échantillonnées entre le 26 juin et le 17 juillet 2012.

Composante environnementale	Disponibilité ^a			
	Riv. Blanche (Gatineau)	Riv. Blanche (Thurso)	Riv. Petite-Nation	Riv. Saumon
Type de substrat				
Sable		57		
Gravier		43		
Cailloux	71			39
Galet	29		29	46
Bloc			71	15
Débris ligneux				
Présents	86		100	100
Absents	14	100		

a. Disponibilité = Pourcentage du nombre de parcelles caractérisées par chacune des catégories.

Figures



Figure 1. Localisation des quatre tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, Canada) échantillonnées en 2011 et en 2012.

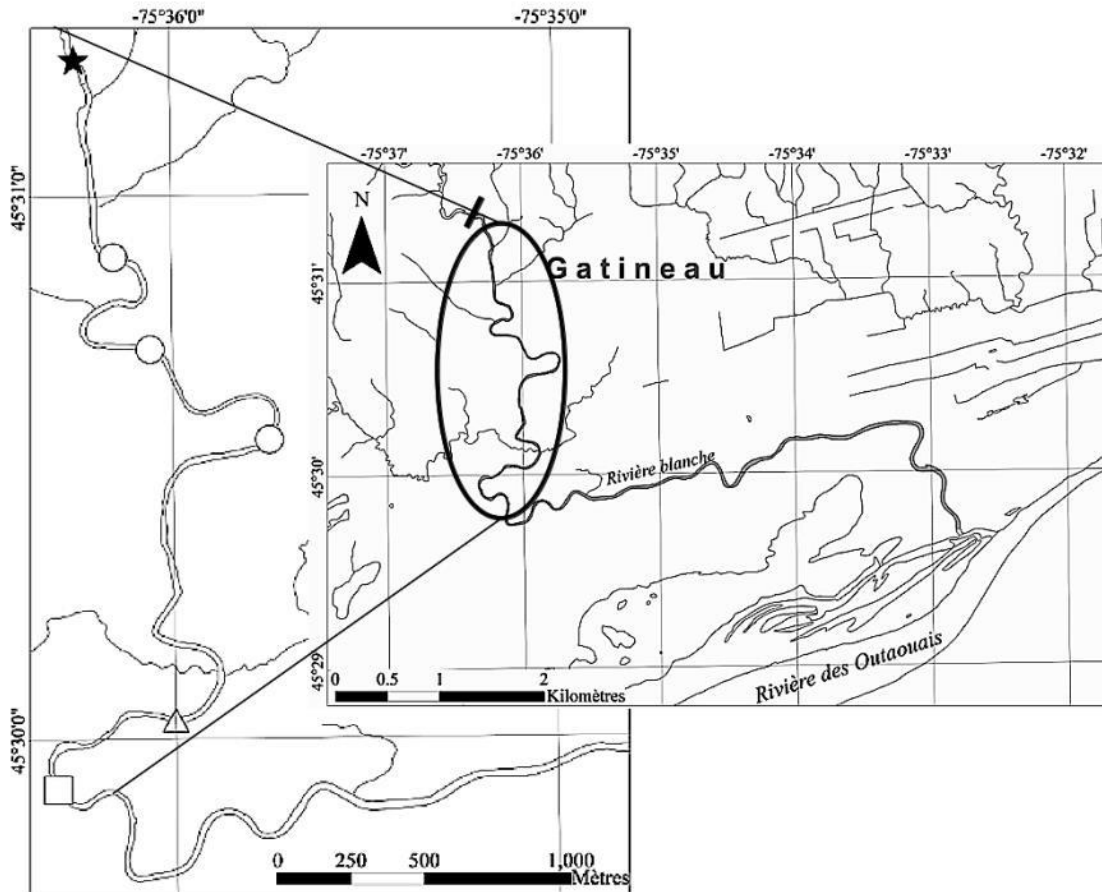


Figure 2A. Sites fréquentés par le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) en 2012 dans la rivière Blanche (Gatineau, Québec) au cours des trois périodes (étoile), du printemps et de l'été (cercle plein), du printemps et de l'automne (triangle plein), du printemps seulement (carré vide), de l'été seulement (cercle vide) et de l'automne seulement (triangle vide). Une barre noire indique la présence de chutes d'eau dans la zone d'étude.

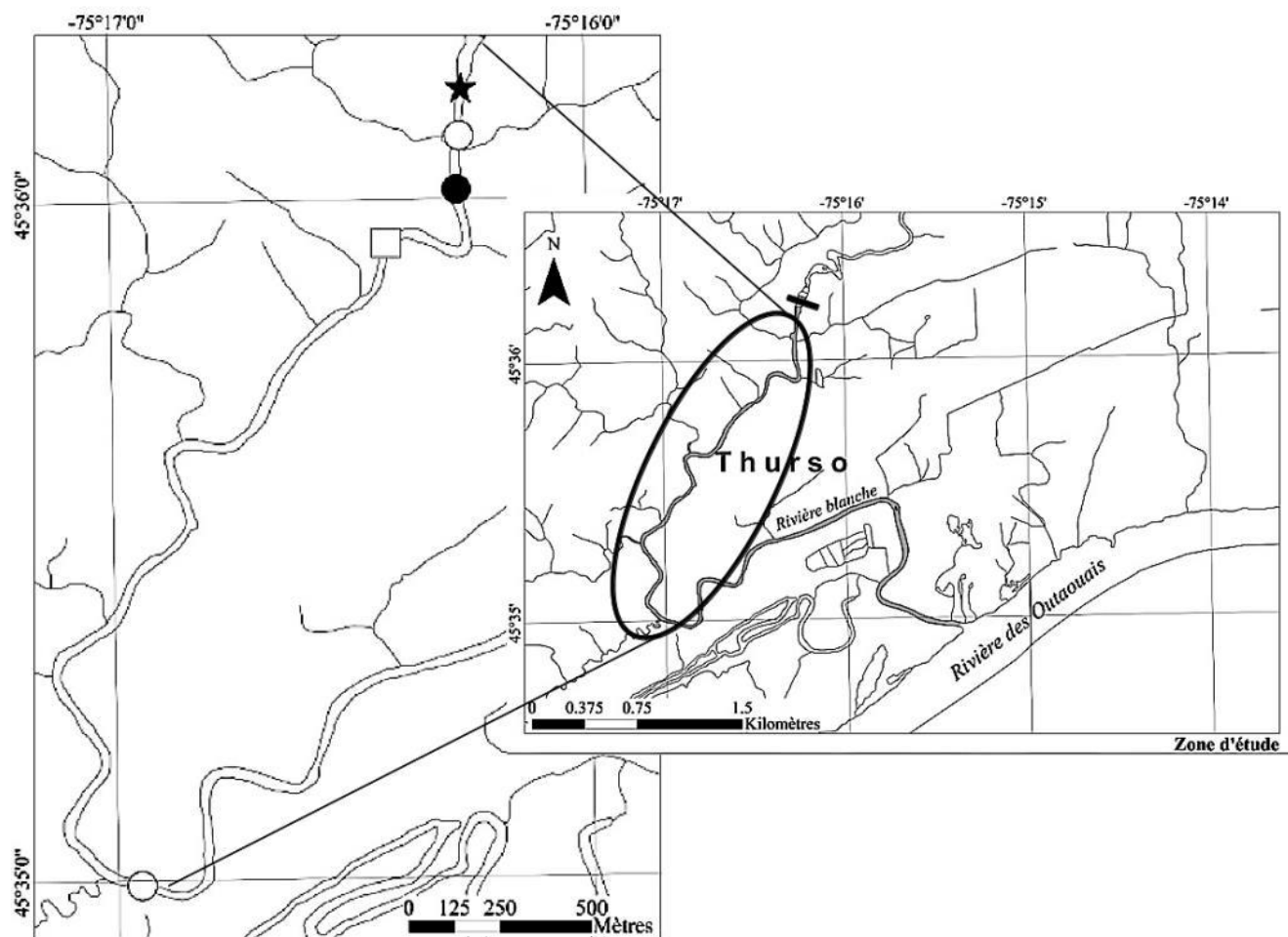


Figure 2B. Sites fréquentés par le fouille-roche gris en 2012 dans la rivière Blanche (Thurso, Québec). Consulter la figure 2a pour une explication des symboles.

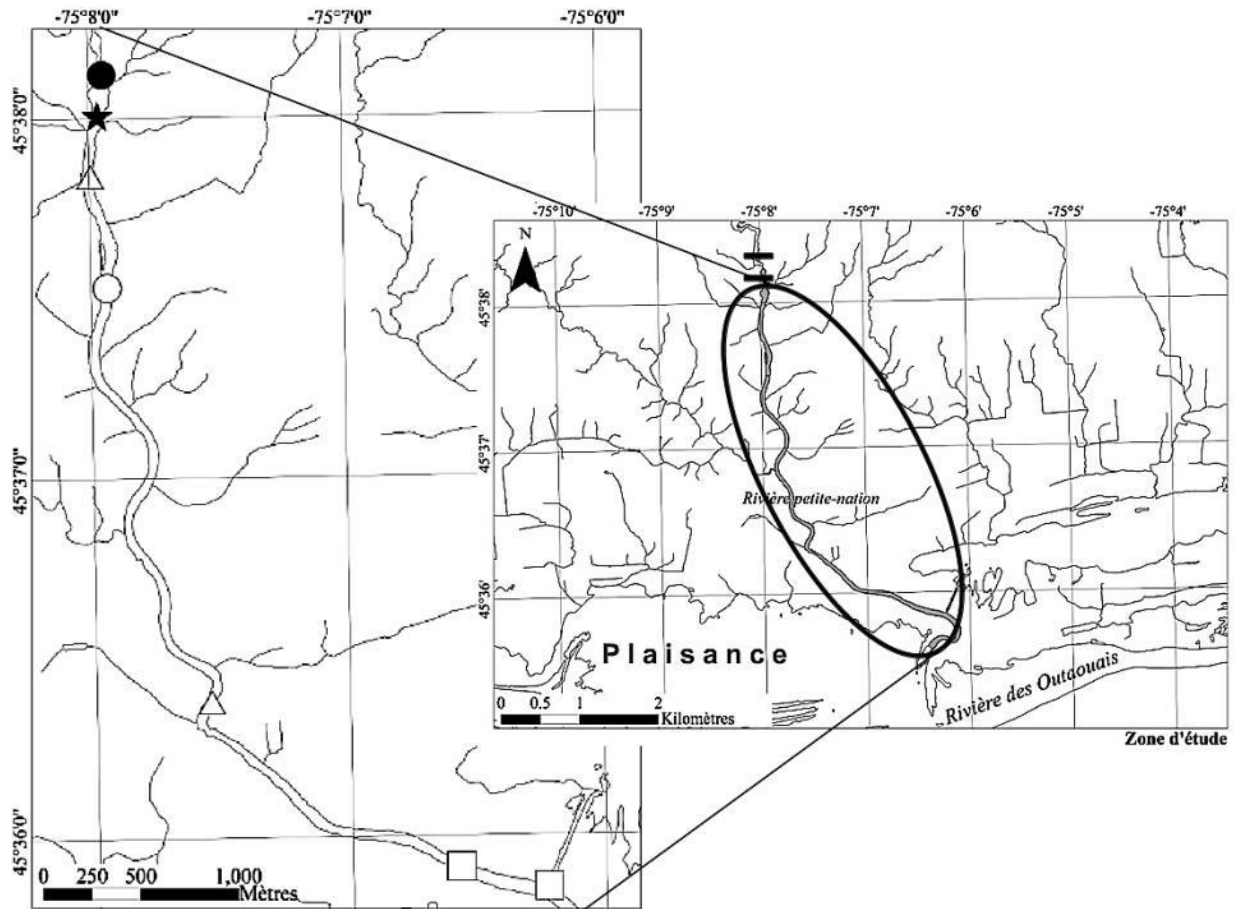


Figure 2C. Sites fréquentés par le fouille-roche gris en 2011 dans la rivière Petite-Nation (Plaisance, Québec). Consulter la figure 2a pour une explication des symboles.

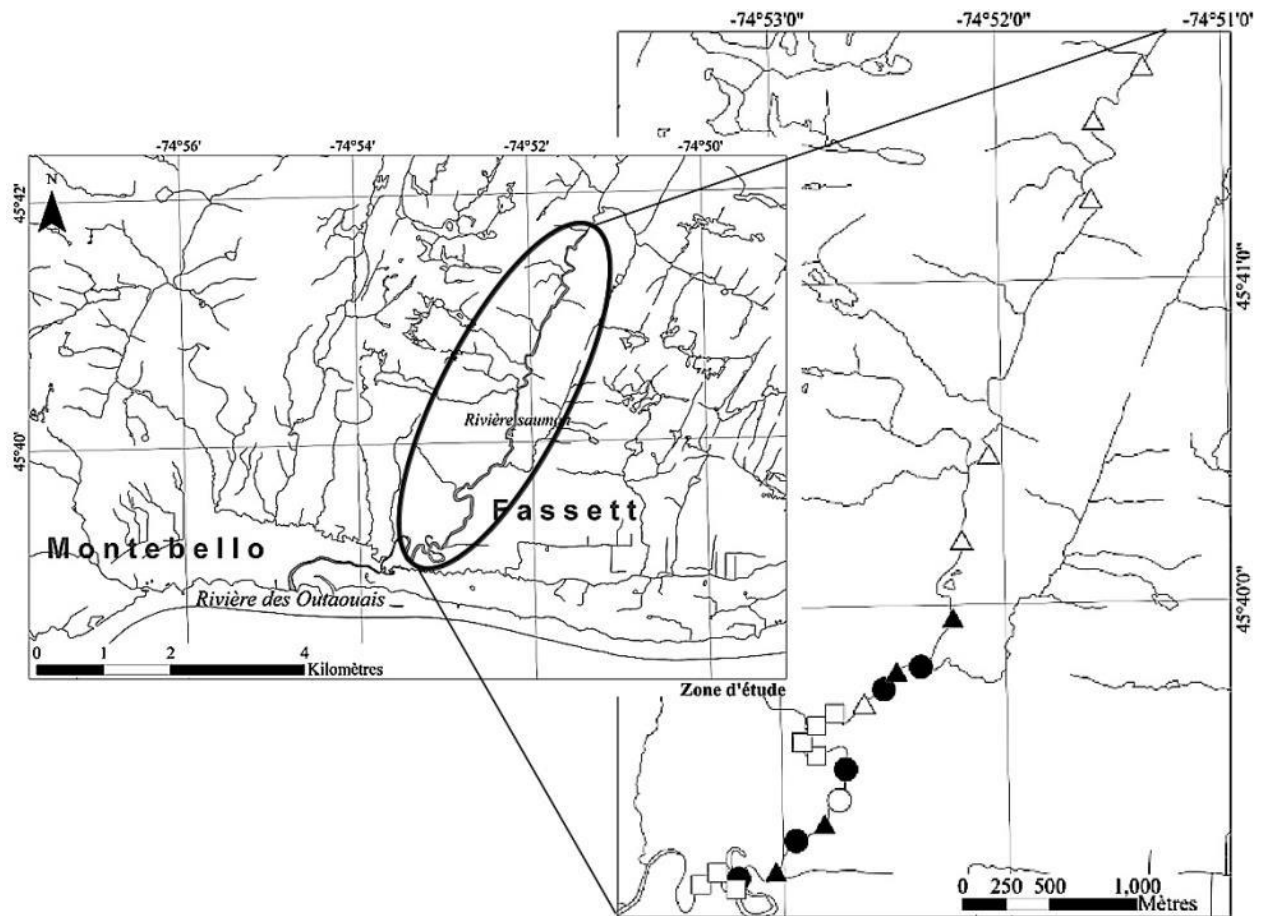


Figure 2D. Sites fréquentés par le fouille-roche gris en 2011 dans la rivière Saumon (Montebello, Québec). Consulter la figure 2a pour une description des symboles.

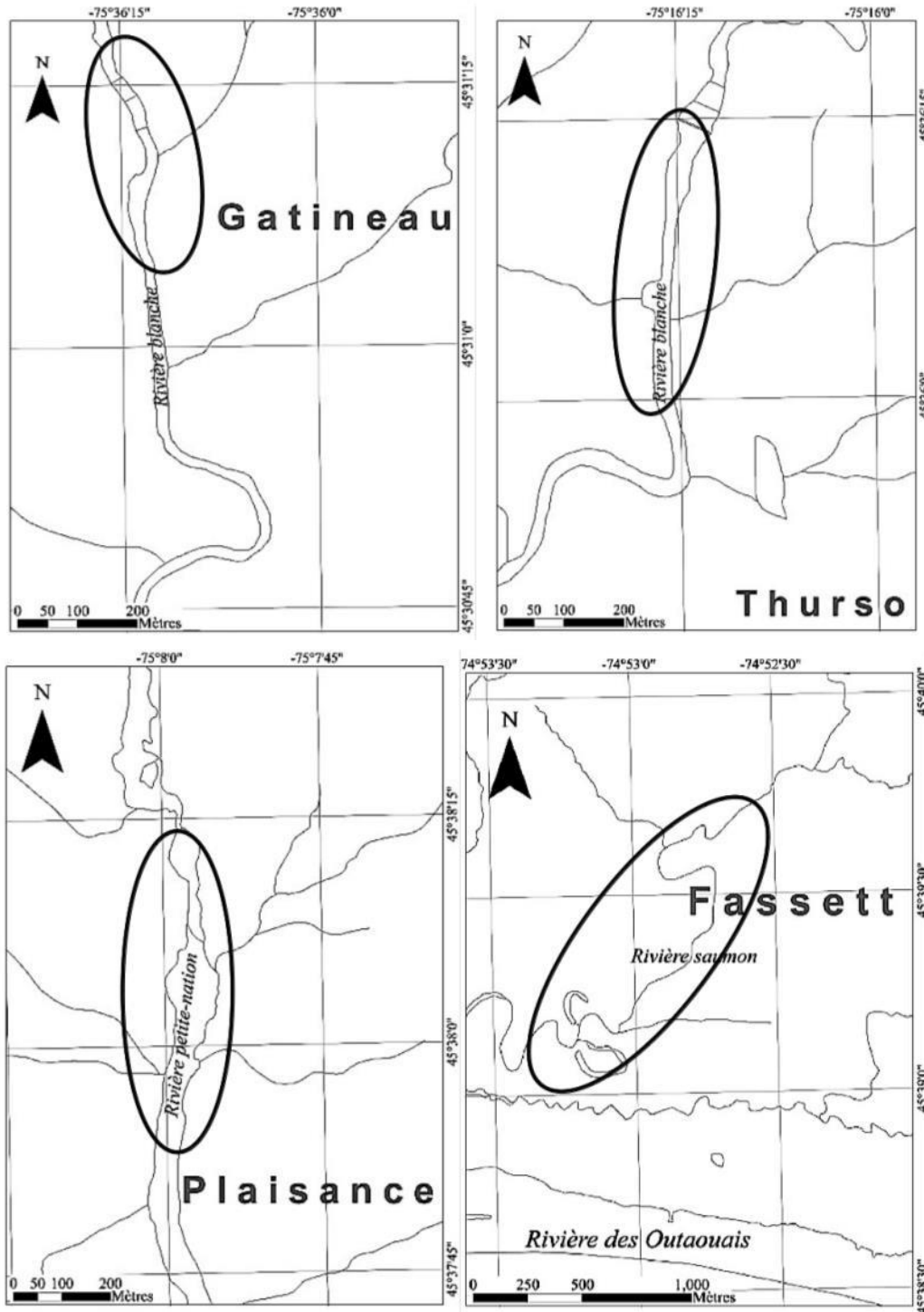


Figure 3. Sites de capture des fouilles-roche gris (*Percina copelandi*) mâles en coloration de fraye dans les quatre tributaires de la rivière des Outaouais (Québec, Canada) échantillonnés entre le 26 juin et le 17 juillet 2012.

Conclusion générale

Cette étude est la première étude comparative de l'habitat du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) dans le temps et l'espace au Canada et elle est d'une importance capitale pour la protection et la réhabilitation de cette espèce en voie d'extirpation. De fait, on a répondu à 2 objectifs de la phase « acquisition de connaissances » du plan de rétablissement québécois du fouille-roche gris (Équipe de rétablissement du fouille-roche gris 2001) soient de décrire l'habitat préférentiel de l'espèce et de caractériser les habitats dans les sites où l'espèce est présente. Pour quatre tributaires de la rivière des Outaouais, l'habitat préférentiel de l'espèce en zone peu profonde a été décrit par un substrat grossier et hétérogène et une vitesse du courant de 0,25 à 1 ms⁻¹. Cependant, on a découvert que le type de substrat est la seule variable explicative de la présence de l'espèce dans les quatre rivières. Il semble donc que les préférences du fouille-roche pour des habitats hétérogènes et des eaux vives soient plus le résultat d'une association de ces variables avec un type de substrat grossier. Ainsi, il appert que le fouille-roche gris soit moins un spécialiste au niveau de l'habitat que ce que suggéraient les études passées.

L'examen de la distribution saisonnière du fouille-roche gris a permis de localiser précisément les sites fréquentés par l'espèce sur un cycle quasi-annuel. Cette information permettra de protéger et d'améliorer les habitats nouvellement connus (phase « Identification des sites à protéger » ; Équipe de rétablissement du fouille-roche gris 2001) dans les quatre rivières, contribuant ainsi à la pérennité de l'espèce dans ces rivières et au Québec. Toutefois, il appert qu'un mouvement des populations de fouille-roche gris vers des fosses plus profondes se produit à l'arrivée de l'automne dans les rivières Blanche (Thurso) et Petite-Nation, alors que les populations de la rivière Saumon semblent migrer vers l'amont et demeurer dans des habitats d'eaux vives. Il est donc évident que l'importance des fosses plus profondes pour l'espèce

demeure mal connue et que ces habitats doivent impérativement faire l'objet d'études approfondies.

Malgré l'observation de mâles en couleur de fraye dans les quatre rivières, aucune frayère à fouille-roche gris n'a été observée directement, probablement en raison de l'absence d'échantillonnage à l'aide de filets (p.ex. Lemieux *et al.* 2005). Un échantillonnage plus ciblé est nécessaire dans le but de localiser de nouveaux sites de frai de l'espèce dans les quatre rivières et de répondre à un des objectifs de la phase « acquisition de connaissance » du plan de rétablissement de l'espèce (Équipe de rétablissement du fouille-roche gris 2001).

Références

Introduction générale, méthodologie et conclusion générale

Allan, D., et Flecker, A.S. 1993. Biodiversity Conservation in Running Waters: Identifying the major factors that threaten destruction of riverines species and ecosystems. *BioScience*. **43**(1): 32–43. Disponible à <http://www.jstor.org/stable/1312104> [cité 12 juillet 2012].

Ayache, N.C., et Near, T.J. 2009. The Utility of Morphological Data in Resolving Phylogenetic Relationships of Darters as Exemplified with *Etheostoma* (Teleostei: Percidae). *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History*. **50**(2): 327–346. doi:10.3374/014.050.0203.

Boucher, J., et Garceau, S. 2010. Information à l'appui de l'évaluation du potentiel de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2010/097.

Bouvier, L.D., et Mandrak, N.E. 2010. Information à l'appui de l'évaluation du potentiel de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) en Ontario. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2010/097. vi + 39 pages.

Bunt, C.M., Cooke, S.J., et McKinley, R.S. 1998. Creation and maintenance of habitat downstream from a weir for the greenside darter, *Etheostoma blennioides* – a rare fish in Canada. *Environ. Biol. Fishes*. **51**(3): 297–308. doi: 10.1023/A:1007444811400

Carlson, R.L., et Wainwright, P.C. 2010. The ecological morphology of darters fishes (Percidae: Etheostomatinae). *Biol. J. Linn. Soc.* **100**(1): 30–45. doi: 10.1111/j.1095-8312.2010.01417.x.

- Chessel, D. 1978. Description non paramétrique de la dispersion spatiale des individus d'une espèce. *Dans* Biométrie et Écologie. J.M. Legay and Tomassone editors. Société Française de Biométrie, Paris. **1**: 45–135.
- Ciccotto, P., et Stranko, S. 2011. Patterns of shield darter, *Percina peltata*, distribution in the Eastern Piedmont of Maryland, USA. *Environ. Biol. Fish.* **92**(2): 141–150. doi: 10.1007/s10641-011-9823-1.
- Connor, E.F., et McCoy, E.D. 1979. The statistics and biology of the species-area relationship. *The American Naturalist.* **113**(6): 791–833. doi: 10.2307/2460305
- Copp, G.H. 1989. Electrofishing for fish larvae and 0+ juveniles: equipment modifications for increased efficiency with short fishes. *Aquacult. Fish. Manage.* **20**(4): 453–462. doi: 10.1111/j.1365-2109.1989.tb00372.x
- Copp, G.H. 2010. Patterns of diel activity and species richness in young and small fishes of European streams: a review of 20 years of point abundance sampling by electrofishing. *Fish and Fisheries.* **11**, 439–460. doi: 10.1111/j.1467-2979.2010.00370.x
- COSEPAC. 2002. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 21 p.
- Cowx, I.G., Nunn, A.D., et Harvey, J.P. 2001. Quantitative sampling of 0-group fish populations in large lowland rivers: point abundance sampling by electric fishing versus micromesh seine netting. *Archiv für Hydrobiologie.* **151**(3): 369–382.

Équipe de rétablissement du fouille-roche gris. 2001. Plan de rétablissement du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune. 34 pages.

Fladung, E., Scholten, M., et Thiel, R. 2003. Modelling the habitat preferences of preadult and adult fishes on the shoreline of the large, lowland Elbe River. *J. Appl. Ichthyol.* **19**(5): 303–314. doi: 10.1046/j.1439-0426.2003.00506.x.

Gerard, G., et Berthet, P. 1971. Sampling strategy in censusing patchy populations. *Statistical Ecology.* **1**: 59–67.

Herder, F., et Freyhof, J. 2006. Resource partitioning in a tropical stream fish assemblage. *J. Fish Biol.* **69**(2): 571–589. doi:10.1111/j.1095-8649.2006.01126.x.

Jelks, H.L., et al. 2008. Conservation Status of Imperiled North American Freshwater and Diadromous Fishes. *Fisheries.* **33**(8): 372–407. doi: 10.1577/1548-8446-33.8.372.

Jurajda, P., Janac, M., White, S.M., et Ondrackova, M. 2009. Small – but not easy : Evaluation of sampling methods in floodplain lakes including whole-lake sampling. *Fisheries research.* **96**(1): 102–108. doi: 10.1016/j.fishres.2008.09.005.

Lemieux, C., Renaud, S., Bégin, P., et Belzile, L. 2005. Acquisition des connaissances – Rivière Gatineau Centrale des Rapides-Farmers et secteur Wakefield. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. Présenté à Hydro-Québec Production, Direction Barrages et Environnement. 76 p.

Mastorillo, S., Dauba, F, et Belaud, A. 1996. Utilisation des microhabitats par le vairon, le goujon et la loche franche dans trois rivières du sud-ouest de la France. *Ann. Limnol.* **32**(3), 185–195. doi : 10.1051/limn/1996017.

Near, T.J. 2002. Phylogenetic Relationships of *Percina* (Percidae: Etheostomatinae). *Copeia*. **2002**(1): 1–14. doi: 10.1643/0045-8511(2002)002[0001:PROPPE]2.0.CO;2.

Persat, H., et Copp, H.G. 1990. Electric fishing and Point abundance sampling for the ichthyology of large rivers. *Dans* Developments in electric fishing, 1st edn. Sous la direction de I.G. Cowx, Edition Blackwell science, Oxford, p. 197–209.

Phelps, A., et Francis., A. 2002. Rapport du COSEPAC sur la situation du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Canada. *Dans* Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. p.1–21.

Skyfield, J.P., et Grossman, G.D. 2008. Microhabitat use, movements and abundance of gulf darter (*Percina evides*) in southern Appalachian (USA) streams. *Ecology of Freshwater fish*. **17**(2): 219–230. doi: 10.1111/j.1600-0633.2007.00273.x

Watkins, M.S., *et al.* 1997. Microhabitat use by 0+ and older fishes in a small English chalk stream. *J. Fish Biol.* **50**(5): 1010–1024. doi: 10.1111/j.1095-8649.1997.tb01626.x

Annexe A

TABLEAU A1. Échelle granulométrique de Boudreault (1984).

Substrat	Code	Taille (mm)	Valeur ordinale
Roche-mère	RM	NA	9
Gros bloc	GB	>500	8
Bloc	B	250-500	7
Galet	Ga	80 – 250	6
Caillou	C	40 – 80	5
Gravier	Gr	5 – 40	4
Sable	S	0.125 – 5	3
Limon	L	<0.125	2
Matière organique	MO	NA	1

TABLEAU A2. Classes des variables ordinales et catégoriques.

Variables	Classes					
	0	1	2	3	4	5
Hétérogénéité	Donnée non-disponible	1 composante 100%	2 composantes ≠50%-50%	2 composantes, =50%-50%	3 composantes ≠33%-33%-33%	≥3 composantes =33%-33%-33%
Recouvrement de plantes vasculaires et bryophytes	Donnée non-disponible	Absence de végétation	Faible < 25% de recouvrement	Moyen 25% à 50% de recouvrement	Élevé 50% à 75% de recouvrement	Très élevé > 75% de recouvrement
Recouvrement de périphyton	Donnée non-disponible	Absence de périphyton	Faible < 25% de recouvrement	Moyen 25% à 50% de recouvrement	Élevé 50% à 75% de recouvrement	Très élevé > 75% de recouvrement
Présence de Débris ligneux	Absence	Présence				

TABLEAU A3. Nombre de poissons capturés par espèce et pourcentage du nombre de parcelles où chaque espèce a été capturée dans la même parcelle que des fouille-roche gris (*Percina copelandi*) dans les quatre tributaires de la rivière des Outaouais au cours de trois saisons de capture en 2011 et 2012.

Famille	Genre espèce	Abondance	% des parcelles avec FRG
Percidae	<i>Etheostoma flabellare</i>	351	41
	<i>Etheostoma nigrum</i>	40	5
	<i>Etheostoma olmstedi</i>	253	8
	<i>Perca flavescens</i>	36	0
	<i>Percina caprodes</i>	159	42
	<i>Percina copelandi</i>	226	
	<i>Sander canadensis</i>	1	0
	Total	1066	
Centrarchidae	<i>Micropterus dolomieu</i>	100	7
	<i>Lepomis macrochirus</i>	29	4
	<i>Ambloplites rupestris</i>	77	3
	<i>Lepomis gibbosus</i>	248	7
	Total	454	
Ictaluridae	<i>Ictalurus nebulosus</i>	15	2
	<i>Noturus flavus</i>	1	0
	<i>Noturus insignis</i>	1	0
	Total	17	
Cyprinidae	<i>Notropis spilopterus</i>	50	4
	<i>Semotilus corporalis</i>	31	6
	<i>Pimephales notatus</i>	151	3
	<i>Notemigonus crysoleucas</i>	2	0
	<i>Hybognathus regius</i>	5	0
	<i>Notropis heterolepis</i>	5	0
	<i>Rhinichthys cataractae</i>	102	19
	<i>Margariscus margarita</i>	1	0
	<i>Notropis atherinoides</i>	41	0
	<i>Notropis vollucelus</i>	45	2
	<i>Semotilus atromaculatus</i>	1	0
Total	434		
Umbridae	<i>Umbra limi</i>	12	0
Atherinidae	<i>Labidesthes sicculus</i>	7	0
Catostomidae	<i>Catostomus commersoni</i>	10	0
	<i>Moxostoma anisurum</i>	1	0
	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	2	2
	Total	13	
Lotidae	<i>Lota lota</i>	2	0
Petromyzontidae	<i>Lampetra appendix</i>	45	2
	<i>Ichthyomyzon fossor</i>	6	0
	Total	51	

TABLEAU A4. Sommaire des échantillonnages en faits en 2011 et 2012 dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais selon les saisons.

Tributaires	Période	Nombre échantillonné		Abondance de poissons	Richesse en espèces
		Tronçons	Parcelles		
Blanche (Gatineau)	Juin 2012	34	74	106	16
	Août 2012		67	137	16
	Octobre 2012		72	140	13
Blanche (Thurso)	Juin 2012	36	78	93	13
	Août 2012		132	168	18
	Octobre 2012		67	90	13
Petite-Nation	Juin 2011	35	157	181	13
	Août 2011		88	98	16
	Octobre 2011		80	157	16
Saumon	Juin 2011	45	184	461	23
	Août 2011		80	149	12
	Octobre 2011		97	276	17
Total		150	1176	2056	34

TABLEAU A5. Moyenne (\pm ET) des variables environnementales examinées [profondeur (prof), substrat (subs), hétérogénéité (hete), débris ligneux (debr), plantes vasculaires et bryophytes (vege), périphyton (peri), vitesse du courant (vite), pente du lit du cours d'eau (pent) et température de l'eau (temp)] pour 101 parcelles fréquentées par le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) réparties dans quatre tributaires de la rivière des Outaouais échantillonnés au printemps (p), à l'été (e) et à l'automne (a) en 2011 et 2012.

Variables	Blanche (Gatineau)			Blanche (Thurso)			Petite-Nation			Saumon		
	p (n=3)	e (n=9)	a (n=5)	p (n=7)	e (n=9)	a (n=1)	p (n=9)	e (n=7)	a (n=5)	p (n=24)	e (n=9)	a (n=13)
prof (m)	0,200 (0,030)	0,349 (0,169)	0,190 (0,031)	0,386 (0,048)	0,329 (0,136)	0,340	0,349 (0,091)	0,353 (0,181)	0,434 (0,129)	0,299 (0,116)	0,339 (0,098)	0,382 (0,110)
subs	5,000 (1,000)	6,556 (1,014)	5,000 (1,000)	3,143 (0,378)	3,222 (1,093)	3,000	6,333 (1,414)	6,429 (0,535)	3,600 (1,960)	5,500 (1,180)	5,889 (0,601)	6,000 (0,577)
hete	4,667 (0,577)	4,333 (0,500)	4,200 (0,447)	2,000 (0,00)	1,778 (0,441)	2,000	2,778 (0,667)	3,143 (0,900)	2,600 (1,960)	3,542 (0,884)	2,778 (0,441)	4,154 (0,801)
debr	0,000 (0,000)	0,333 (0,500)	0,200 (0,447)	1,000 (0,000)	0,889 (0,333)	1,000	0,111 (0,333)	0,000 (0,000)	0,600 (0,490)	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)
vege	1,667 (1,155)	1,556 (1,014)	1,400 (0,548)	2,000 (1,000)	1,333 (0,707)	2,000	1,333 (0,500)	1,286 (0,488)	1,000 (0,000)	1,292 (0,550)	1,222 (0,667)	1,308 (0,855)
peri	1,333 (0,577)	2,000 (0,500)	1,400 (0,548)	1,000 (0,000)	1,333 (0,707)	2,000	1,000 (0,000)	1,143 (0,378)	1,400 (0,800)	1,833 (1,007)	1,444 (0,527)	1,000 (0,000)
vite (ms ⁻¹)	1,697 (0,306)	0,369 (0,279)	1,494 (0,363)	0,845 (0,130)	0,332 (0,272)	0,610	0,498 (0,256)	0,488 (0,225)	0,323 (0,274)	0,550 (0,345)	0,498 (0,333)	1,306 (0,676)
pent (%)	4,844 (5,767)	19,827 (33,374)	5,649 (4,454)	4,391 (3,279)	6,824 (7,686)	3,400	21,502 (13,993)	6,183 (3,401)	17,110 (12,551)	12,418 (10,472)	8,566 (3,275)	10,617 (4,337)
temp (°C) ^a	24,333 (0,737)	23,533 (0,153)	9,4 (0,283)	24,033 (0,850)	24,1 (n=1)	9,45 (n=2)	22,667 (0,354)	24,4 (0,379)	7,9 (0,424)	21,5 (0,849)	22,95 (1,344)	7,2 (1,75)

a. Moyenne des températures à l'embouchure, au centre et dans le secteur des rapides des rivières

Références

Annexe A

Boudreault, A. 1984. Méthodologie utilisée pour la photo-interprétation des rivières à saumon de la Côte-Nord. Rapport de Gilles Shooner et associés inc. présenté au ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Loretteville (Québec). 26 p.

Annexe B

TABLEAU B1. Caractérisation du dimorphisme sexuel chez les fouille-roche gris (Coad 2012) et classes des stades reproductifs (Winn 1953).

	Sexe	Stade reproductif
Mâle	Présence d'écailles sur la ligne médiane de l'abdomen	0 – coloration pâle de la tête et des nageoires pectorales et dorsales (couleur normale) 1 – coloration foncée de la tête et des nageoires pectorales et dorsales (couleur de fraye)
Femelle	Absence d'écailles sur la ligne médiane de l'abdomen	---

TABLEAU B2. Échelle granulométrique de Boudreault (1984).

Substrat	Code	Taille (mm)	Valeur ordinale
Roche-mère	RM	NA	9
Gros bloc	GB	>500	8
Bloc	B	250-500	7
Galet	Ga	80 – 250	6
Caillou	C	40 – 80	5
Gravier	Gr	5 – 40	4
Sable	S	0.125 – 5	3
Limon	L	<0.125	2
Matière organique	MO	NA	1

TABLEAU B3. Classes des variables ordinales et catégoriques.

Variables	Classes					
	0	1	2	3	4	5
Hétérogénéité	Donnée non-disponible	1 composante 100%	2 composantes ≠50%-50%	2 composantes, =50%-50%	3 composantes ≠33%-33%-33%	≥3 composantes =33%-33%-33%
Recouvrement de plantes vasculaires et bryophytes	Donnée non-disponible	Absence de végétation	Faible < 25% de recouvrement	Moyen 25% à 50% de recouvrement	Élevé 50% à 75% de recouvrement	Très élevé > 75% de recouvrement
Recouvrement de périphyton	Donnée non-disponible	Absence de périphyton	Faible < 25% de recouvrement	Moyen 25% à 50% de recouvrement	Élevé 50% à 75% de recouvrement	Très élevé > 75% de recouvrement
Présence de Débris ligneux	Absence	Présence				

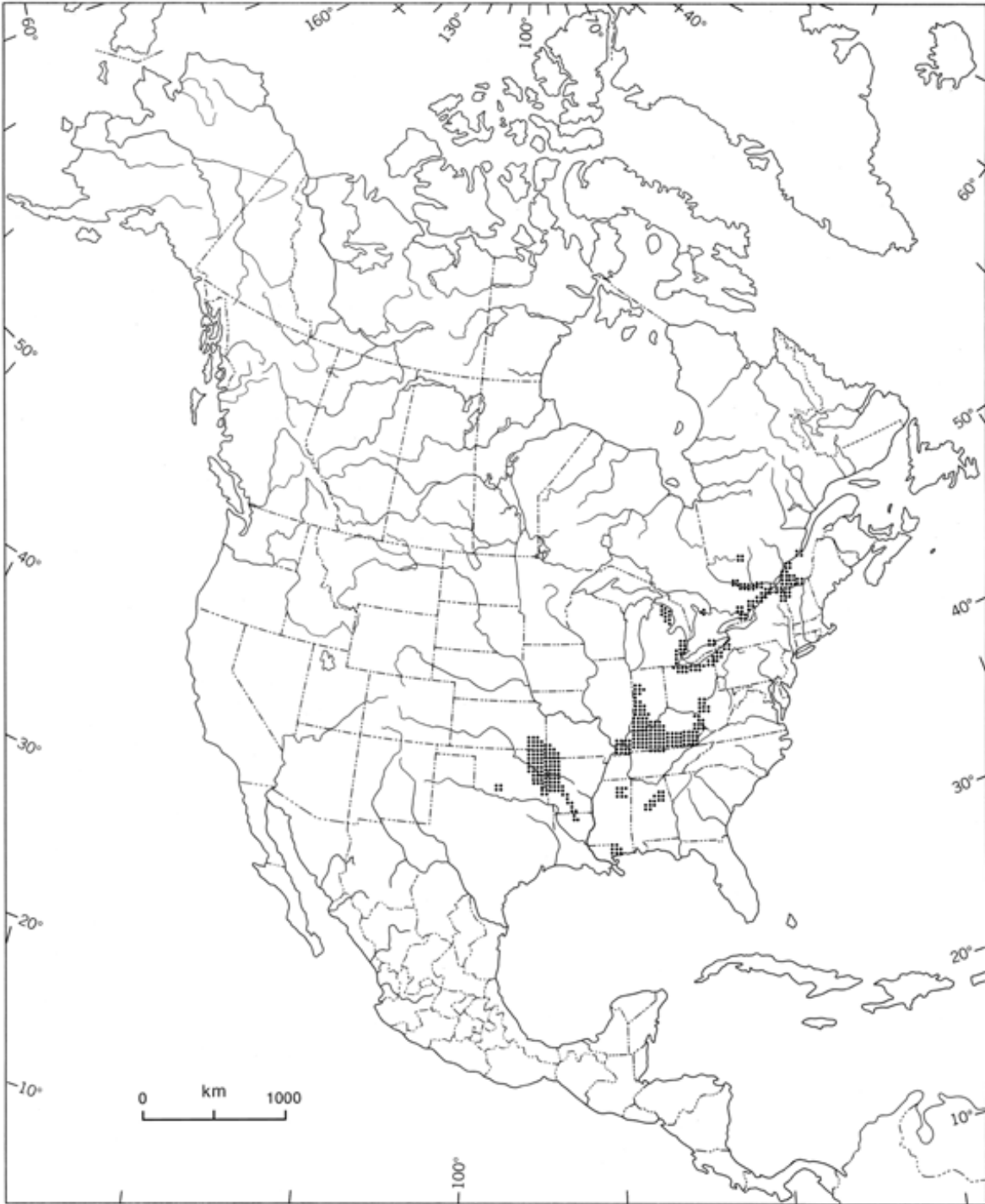


FIGURE B1. Distribution nord-américaine du fouille-roche gris (*Percina copelandi*). Tiré de Phelps et Francis (2002).

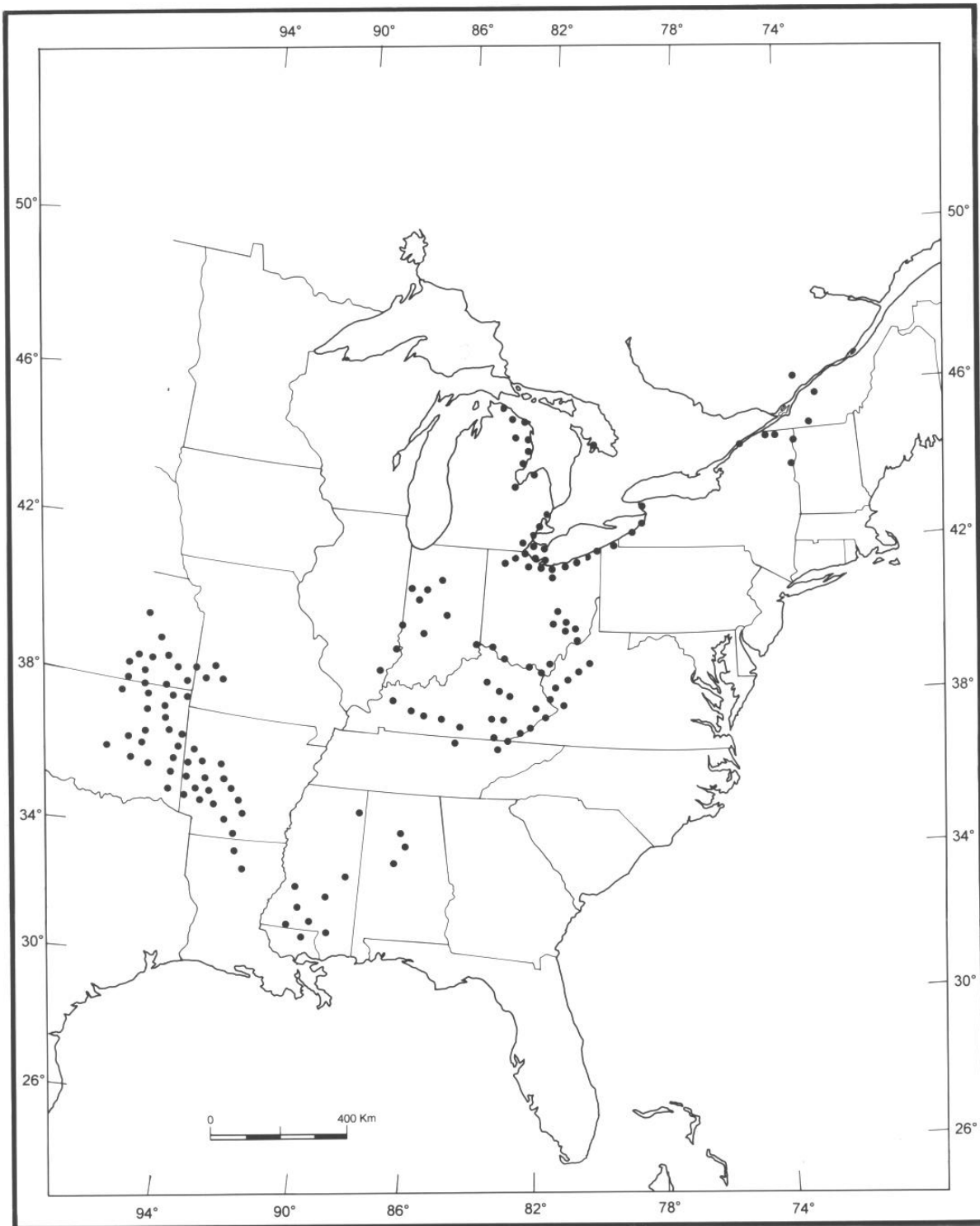


FIGURE B2. Répartition géographique du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) dans la région des Grands-Lacs, Tiré de Lapointe (1997).

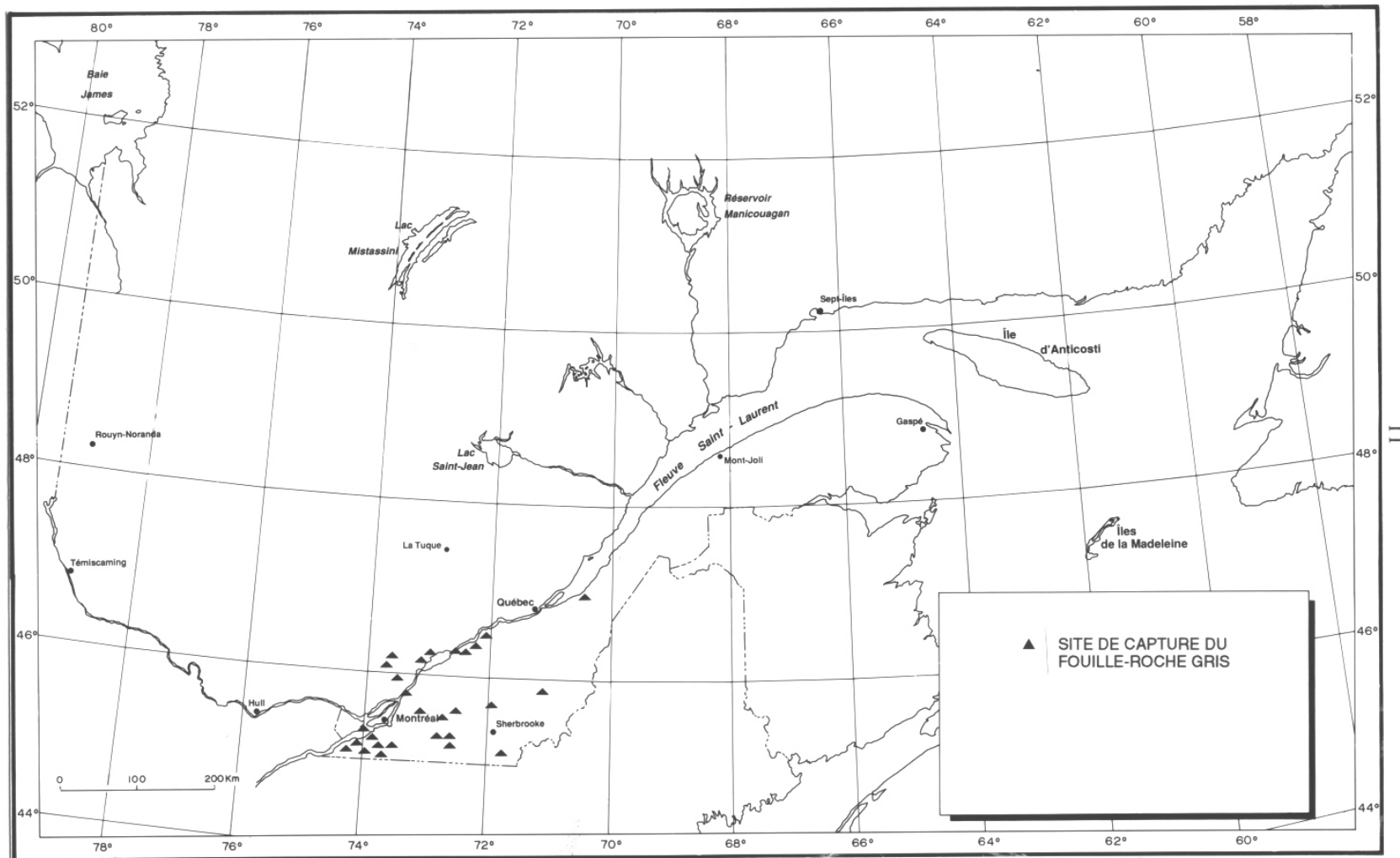


FIGURE B3. Répartition du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Tiré de Lapointe (1997).

Références

Annexe B

Boudreault, A. 1984. Méthodologie utilisée pour la photo-interprétation des rivières à saumon de la Côte-Nord. Rapport de Gilles Shooner et associés inc. présenté au ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Loretteville (Québec). 26 p.

Coad, B. W. 2012. Fishes of Canada's National Capital Region. Canadian Museum of Nature, Ottawa, Ontario, Canada. Percidae – Perches – Perches et Dards [en ligne]. Disponible à <http://www.briancoad.com/NCR/ContentsNCR.htm#Percidae> [cité 25 juillet 2012].

Lapointe, M. 1997. Rapport sur la situation du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Québec. 55 p.

Phelps, A., et Francis., A. 2002. Rapport du COSEPAC sur la situation du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Canada. Dans Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. p.1–21.

Winn, H.E. 1953. Breeding Habits of the Percid Fish *Hadropterus copelandi* in Michigan. Copeia. **1953**(1): 26-30. Disponible à <http://www.jstor.org/stable/1440239> [cité 28 mai 2013].