



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2020/049

Région de la Capitale Nationale

Directives sur la désignation de l'habitat essentiel dans la zone riveraine pour les espèces d'eau douce en péril

Amanda L. Caskenette, Travis C. Durhack, Eva C. Enders

L'Institut des eaux douces
Pêches et Océans Canada
501, croissant University
Winnipeg, Manitoba R3T 2N6

Avant-propos

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

Publié par :

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

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



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Caskenette, A.L., Durhack, T.C., et Enders, E.C. 2020. Directives sur la désignation de l'habitat essentiel dans la zone riveraine pour les espèces d'eau douce en péril. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/049. vii + 71 p.

Also available in English :

Caskenette, A.L., Durhack, T.C., and Enders, E.C. 2020. Review of information to guide the identification of Critical Habitat in the riparian zone for listed freshwater fishes and mussels. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/049. vii + 67 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	VII
INTRODUCTION	1
LORSQUE L'HABITAT RIVERAIN EST UN HABITAT ESSENTIEL.....	7
DÉSIGNATION DE L'HABITAT ESSENTIEL RIVERAIN POUR LES ESPÈCES ACTUELLEMENT INSCRITES.....	8
COMMENT DÉTERMINER SI L'HABITAT RIVERAIN EST UN HABITAT ESSENTIEL	9
CARACTÉRISTIQUES RIVERAINES AYANT UNE INCIDENCE SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT AQUATIQUE ET LES ATTRIBUTS DE LA QUALITÉ DE L'EAU.....	11
Érosion.....	12
Filtration	12
Infiltration	13
Isolement	13
Sinuosité	13
Ombrage.....	14
Apport allochtone	14
L'EFFET DES CARACTÉRISTIQUES RIVERAINES SUR LES CARACTÉRISTIQUES AQUATIQUES	14
CARACTÉRISTIQUES RIVERAINES QUI SOUTIENNENT LES FONCTIONS DES POISSONS ET DES MOULES D'EAU DOUCE.....	28
DÉLIMITATION DE LA SURFACE PROTÉGÉE À L'INTÉRIEUR DE LA ZONE RIVERAINE ...	28
DÉLIMITATION DE L'HABITAT ESSENTIEL RIVERAIN POUR LES ESPÈCES ACTUELLEMENT INSCRITES.....	28
PROCESSUS	29
Érosion.....	30
Filtration et infiltration	31
Isolement	32
Sinuosité	32
Ombrage.....	32
Apport allochtone	33
AUTRES CONSIDÉRATIONS.....	33
Résilience aux variations naturelles et aux événements extrêmes	33
Végétation naturelle (potentiel du site)	34
Échelle	34
Connectivité	34
Zones sèches.....	35
Espèces hôte	35
Incertitudes.....	35
Autres ressources	36

ÉTUDES DE CAS.....	37
MULETTE FEUILLE D'ÉRABLE.....	37
MÉNÉ LONG.....	39
MEUNIER DE SALISH.....	40
CISCO DE PRINTEMPS.....	41
TRUITE FARDEE VERSANT DE L'OUEST.....	42
RÉFÉRENCES CITÉES.....	45
GLOSSAIRE.....	53
ANNEXE 1 : ANALYSE DOCUMENTAIRE.....	57
APERÇU DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DOCUMENTAIRE.....	58
A1 RÉFÉRENCES.....	59
ANNEXE 2 : RÈGLEMENTS ET RECOMMANDATIONS DES PROVINCES ET TERRITOIRES DU CANADA.....	63
A2 REFERENCES.....	72

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les caractéristiques de la zone riveraine qui influent sur les caractéristiques aquatiques et les processus par lesquels ces caractéristiques riveraines ont une incidence sur elles. Les détails relatifs aux paramètres de la qualité de l'eau (marqués d'un *) se trouvent dans un tableau distinct (tableau 2) afin de réduire les redondances.	15
Tableau 2 : Caractéristiques et processus riverains qui ont une incidence sur les caractéristiques de la qualité de l'eau.	26
Tableau 3 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain de la mulette feuille-d'érable.	38
Tableau 4 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain du méné long.	39
Tableau 5 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain du meunier de Salish.	41
Tableau 6 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain du cisco de printemps.	42
Tableau 7 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain de la truite fardée du versant de l'ouest.	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Processus d'inscription des espèces en péril.	3
Figure 2: Catégories d'espèces en péril. Chaque programme de rétablissement et plan d'action élaboré pour une espèce inscrite à l'annexe 1 de la loi comme étant menacée, en voie de disparition ou disparue du pays doit identifier l'habitat essentiel de cette espèce, dans la mesure du possible.....	4
Figure 3: Processus suivi pour la protection et le rétablissement des espèces en péril utilisé par le MPO conformément à la LEP. L'habitat essentiel est désigné dans le programme de rétablissement.....	5
Figure 4: Étapes pour l'identification de l'habitat essentiel d'une espèce ou d'une unité désignable d'une espèce pour l'élaboration de la stratégie de rétablissement ou du plan d'action.	6
Figure 5: Organigramme représentant des exemples de fonctions du cycle biologique, de caractéristiques et de paramètres de l'habitat essentiel.	8
Figure 6: Schéma des caractéristiques riveraines selon deux perspectives différentes : transversale (a) et aérienne (b).	10
Figure 7: Les caractéristiques riveraines peuvent constituer un habitat essentiel par a) leurs effets indirects, via les processus riverains, sur les caractéristiques aquatiques considérées comme un habitat essentiel ou b) par leurs effets directs sur les fonctions d'une espèce.....	11
Figure 8: Les sept principaux processus par lesquels les caractéristiques de la zone riveraine maintiennent les caractéristiques aquatiques selon deux perspectives différentes : transversale (a) et aérienne (b).	12

RÉSUMÉ

Le Programme des espèces en péril de Pêches et Océans Canada vise à assurer la protection de l'habitat nécessaire à la survie ou au rétablissement des moules et des poissons d'eau douce inscrits. Il est bien établi que la zone riveraine est essentielle au maintien des milieux aquatiques, des poissons et des moules d'eau douce. Malgré l'abondante documentation, les caractéristiques riveraines ne sont pas systématiquement incluses dans l'habitat essentiel des moules et des poissons d'eau douce inscrits. Une approche fondée sur des données probantes était nécessaire pour orienter la définition des caractéristiques de l'habitat essentiel en zone riveraine. L'habitat essentiel riverain est constitué de caractéristiques riveraines qui préservent la qualité des caractéristiques aquatiques désignées comme habitat essentiel et qui sont directement utilisées par les poissons et les moules. Nous avons effectué une analyse documentaire pour déterminer les caractéristiques riveraines pertinentes et les processus par lesquels celles-ci influent sur les caractéristiques aquatiques et les attributs de la qualité de l'eau. À partir de cette analyse documentaire, nous avons cerné sept principaux processus par lesquels les caractéristiques riveraines influent sur les caractéristiques aquatiques et les attributs de la qualité de l'eau : l'érosion, la filtration, l'infiltration, l'isolement, la sinuosité, l'ombrage et l'apport allochtone. En outre, nous avons déterminé les caractéristiques riveraines qui peuvent soutenir directement les fonctions des poissons et des moules d'eau douce selon leur cycle biologique. Nous avons évalué des méta-analyses, des examens et des articles de recherche fondamentale afin de fournir une certaine orientation sur l'étendue d'habitat riverain nécessaire pour soutenir ces sept processus. Nous avons décrit l'état actuel de la documentation concernant l'étendue de l'habitat requis, et avons indiqué là où davantage de données empiriques sont nécessaires. La dépendance de chaque processus aux attributs de la plaine inondable et d'autres considérations importantes ont été résumées et peuvent être consultées pour déterminer quelles caractéristiques riveraines devraient être protégées comme habitat essentiel pour une espèce inscrite. Nous avons inclus des ressources supplémentaires pour faciliter l'application de ces directives au moment de définir la zone géographique à protéger. Enfin, cinq études de cas ont été utilisées pour fournir un exemple de la façon dont les praticiens peuvent appliquer les directives présentées ici pour déterminer l'habitat essentiel riverain d'une espèce inscrite.

INTRODUCTION

Comité consultatif indépendant auprès du ministre de l'Environnement et du Changement climatique Canada (ECCC), le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) évalue le statut de conservation des espèces sauvages en se fondant sur un rapport de situation (figure 1). Les membres du COSEPAC sont des experts en biologie faunique provenant du milieu universitaire, du gouvernement, d'organisations non gouvernementales, du secteur privé, mais aussi des détenteurs des connaissances autochtones.

Une fois que le COSEPAC a évalué une espèce particulière comme étant préoccupante, menacée, en voie de disparition, disparue ou éteinte, le ministre d'ECCC considère l'inscription de l'espèce sur la liste de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP). ECCC subdélègue l'évaluation des espèces aquatiques au ministre des Pêches et des Océans (MPO). Selon leur statut, les espèces en péril sont classées dans l'une des catégories suivantes : données insuffisantes, espèces préoccupantes, menacées, en voie de disparition, disparues ou éteintes (figure 2). En vertu de la *Loi*, les espèces ou les unités désignables (UD) inscrites comme étant menacées, en voie de disparition ou disparues de même que leur habitat essentiel sont protégés. La liste la plus à jour des espèces en péril au Canada est disponible sur [le site Web du Registre des espèces en péril](#).

Les objectifs de la LEP sont d'éviter la disparition d'espèces sauvages, de contribuer au rétablissement des espèces menacées, en voie de disparition ou disparues et de veiller à ce que les espèces préoccupantes ne deviennent pas menacées ou en voie de disparition.

De nombreuses menaces anthropiques et naturelles peuvent mettre en danger les espèces sauvages. Les catégories de menaces de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) qui peuvent avoir une incidence sur les ressources aquatiques en eau douce comprennent (Salafsky *et al.* 2008; Faber-Langendoen *et al.* 2012; Master *et al.* 2012) :

- **Développement résidentiel et commercial** – Les zones d'habitation, urbaines, commerciales, industrielles, touristiques et de loisirs peuvent toutes altérer ou détruire l'habitat de telle sorte qu'il porte préjudice à une espèce;
- **Agriculture et aquaculture**– L'agriculture et l'aquaculture peuvent causer de la pollution. L'aquaculture peut entraîner des interactions négatives entre les espèces en raison des évasions ainsi que la transmission de maladies et d'agents pathogènes;
- **Production d'énergie et exploitation minière** – L'exploitation des mines et des carrières peut entraîner une perte ou une dégradation de l'habitat si elle se produit en dessous de la ligne des hautes eaux ou dans la plaine inondable;
- **Corridors de transport et de service** – Les routes, les chemins de fer, les services publics et les lignes de service peuvent modifier ou réduire l'habitat et peuvent créer des obstacles à la circulation;
- **Utilisation des ressources biologiques** – La pêche et l'exploitation des ressources aquatiques, que ce soit par la pêche ciblée d'une espèce particulière ou par des prélèvements accidentels (ex. : prises accessoires), l'exploitation forestière et la récolte du bois, les activités forestières ou la collecte de plantes terrestres ainsi que l'enlèvement de plantes terrestres à des fins de contrôle (c'est-à-dire les espèces envahissantes) peuvent affecter les communautés de poissons;
- **Intrusions et perturbations humaines** – Les activités récréatives, les travaux et les activités peuvent modifier l'habitat, réduire la valeur adaptative ou tuer des individus;

-
- **Modifications des systèmes naturels** – Les incendies et/ou la suppression des incendies, les barrages, la gestion de l'eau et d'autres modifications de l'écosystème peuvent altérer l'habitat;
 - **Pollution** – Le rejet dans l'environnement de déchets ménagers/urbains, d'effluents industriels, militaires, agricoles et forestiers, d'ordures et de déchets solides, et de polluants atmosphériques peut avoir un impact sur l'abondance des espèces;
 - **Phénomènes géologiques** – Les volcans, les tremblements de terre, les tsunamis, les avalanches et les glissements de terrain peuvent détruire ou modifier gravement l'habitat là où ils se produisent;
 - **Changements climatiques** – Le changement climatique peut entraîner un déplacement et une altération des habitats, des sécheresses, des températures extrêmes, des tempêtes et des inondations, rendant difficile, voire impossible, la survie de nombreuses espèces dans leur aire de répartition actuelle.

Dans la plupart des cas, plus d'un de ces facteurs anthropiques ou naturels a une incidence sur la biodiversité. Bien que certaines des menaces énumérées puissent avoir une incidence directe sur l'habitat aquatique, de nombreuses menaces peuvent se produire à l'extérieur de l'habitat aquatique de la zone riveraine, c'est-à-dire la zone située entre la ligne des hautes eaux et la zone sèche. Les menaces suivantes sont particulièrement susceptibles d'avoir une incidence sur l'habitat riverain : le développement résidentiel et commercial, l'agriculture, la foresterie, l'exploitation minière, les passages à niveau et les activités récréatives.

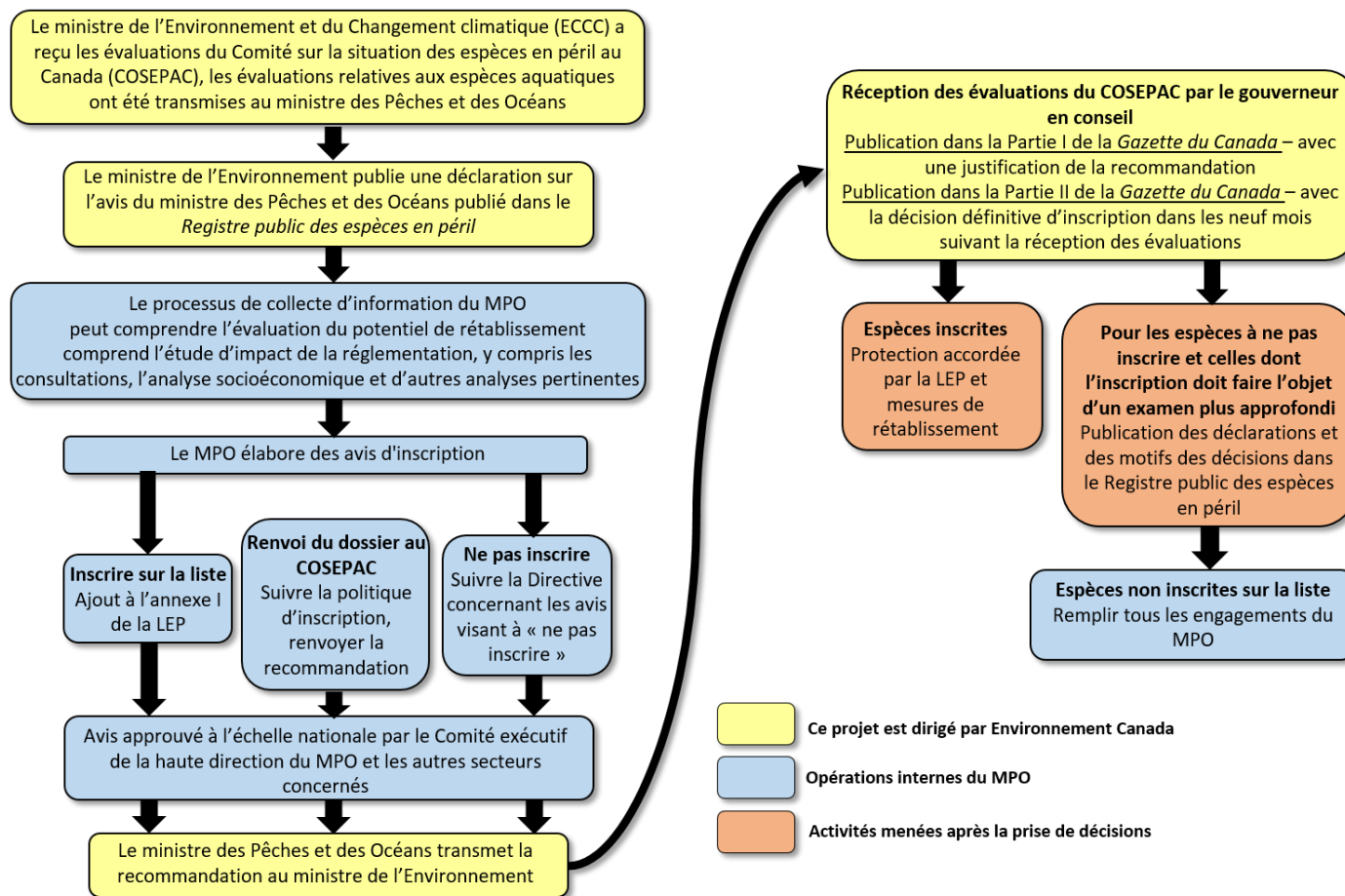


Figure 1: Processus d'inscription des espèces en péril.

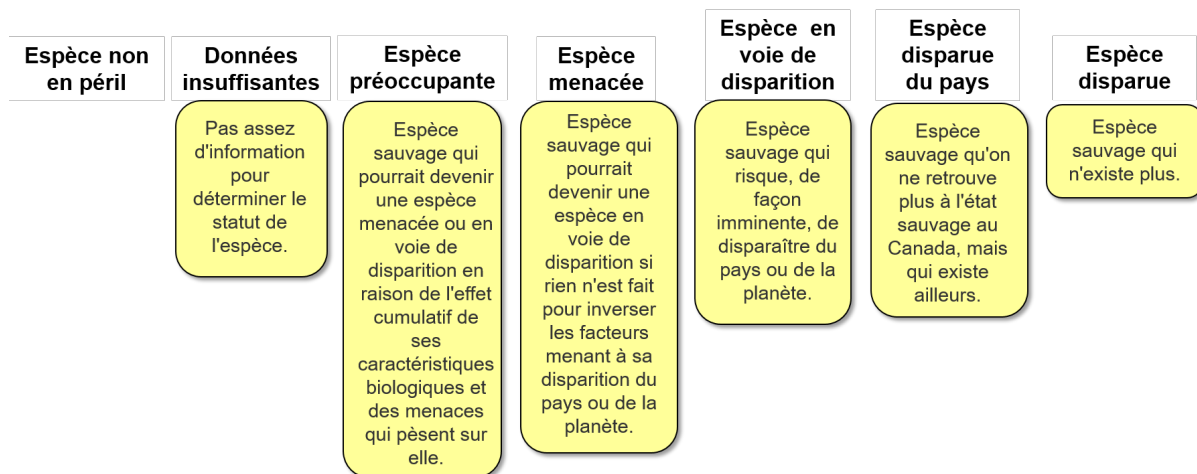


Figure 2: Catégories d'espèces en péril. Chaque programme de rétablissement et plan d'action élaboré pour une espèce inscrite à l'annexe 1 de la loi comme étant menacée, en voie de disparition ou disparue du pays¹ doit identifier l'habitat essentiel de cette espèce, dans la mesure du possible.

Le Programme des espèces en péril est responsable de l'exécution du mandat du MPO en vertu de la LEP afin d'assurer la protection, le rétablissement et la conservation de toutes les espèces aquatiques en péril inscrites au Canada. Lorsqu'une espèce aquatique est inscrite à l'annexe 1 de la LEP comme animal disparu du pays, en voie de disparition ou menacé, le MPO doit désigner et protéger l'habitat nécessaire à la survie et au rétablissement de cette espèce (figure 3), ce qui a un effet sur les objectifs en matière de population et de répartition établis dans un programme de rétablissement. La désignation s'appuie sur les renseignements disponibles les plus fiables (figure 4). Selon la LEP, l'habitat essentiel désigne « l'habitat nécessaire à la survie ou au rétablissement d'une espèce sauvage inscrite ». Pour les espèces aquatiques, l'habitat essentiel peut comprendre des parties de la zone riveraine.

¹ Les espèces classées comme disparues du pays en vertu de la LEP peuvent ne pas nécessiter l'identification d'un habitat essentiel, sauf si un programme de réintroduction est proposé.

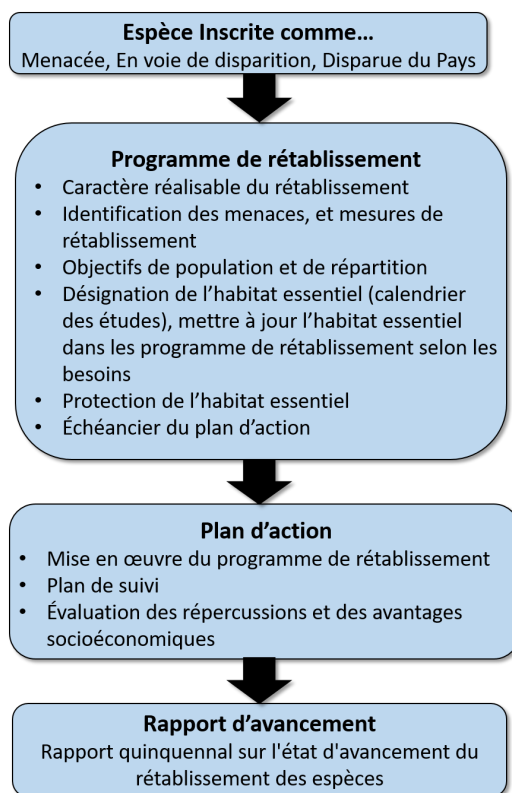


Figure 3: Processus suivi pour la protection et le rétablissement des espèces en péril utilisé par le MPO conformément à la LEP. L'habitat essentiel est désigné dans le programme de rétablissement.

Dans les « Lignes directrices pour la désignation de l'habitat essentiel des espèces aquatiques en péril » du MPO (2015), les zones riveraines sont définies comme des caractéristiques extérieures à l'écosystème aquatique qui appuient l'établissement et le maintien d'éléments de fosses profondes et peu profondes, fournissent de la nourriture aux poissons migrateurs et juvéniles appartenant à de nombreuses espèces et influencent la température de l'eau (p. ex. ombrage des arbres). Toutefois, comme cette définition de zone riveraine repose sur les exigences de quelques espèces de poissons seulement, elle ne représente peut-être pas les caractéristiques qui soutiennent la plupart des processus du cycle biologique des poissons et des moules d'eau douce qui se déroulent dans l'habitat essentiel (c.-à-d. les fonctions). Par conséquent, il est nécessaire de fournir une orientation qui s'appuie sur les approches existantes du Ministère pour la désignation de l'habitat essentiel riverain et qui les complète afin de prendre des décisions défendables sur le plan scientifique concernant la désignation de l'habitat essentiel dans une zone riveraine d'eau douce.

Aux fins du présent document de recherche, la zone riveraine a été définie comme étant la zone située entre la ligne des hautes eaux d'un plan d'eau et sa zone sèche. Toutefois, d'autres facteurs peuvent également être pris en considération, comme les zones de remontée des eaux souterraines qui peuvent s'étendre plus loin que la zone riveraine, mais qui ont quand même une incidence sur les caractéristiques aquatiques ou riveraines.

Le Programme sur les espèces en péril a sollicité l'avis du Secteur des sciences du MPO afin de mettre en place une approche plus rigoureuse et systématique en ce qui a trait à la désignation de l'habitat essentiel en zone riveraine. Le présent document de recherche vise à fournir des conseils concernant la désignation de l'habitat essentiel des espèces d'eau douce en péril dans la zone riveraine.

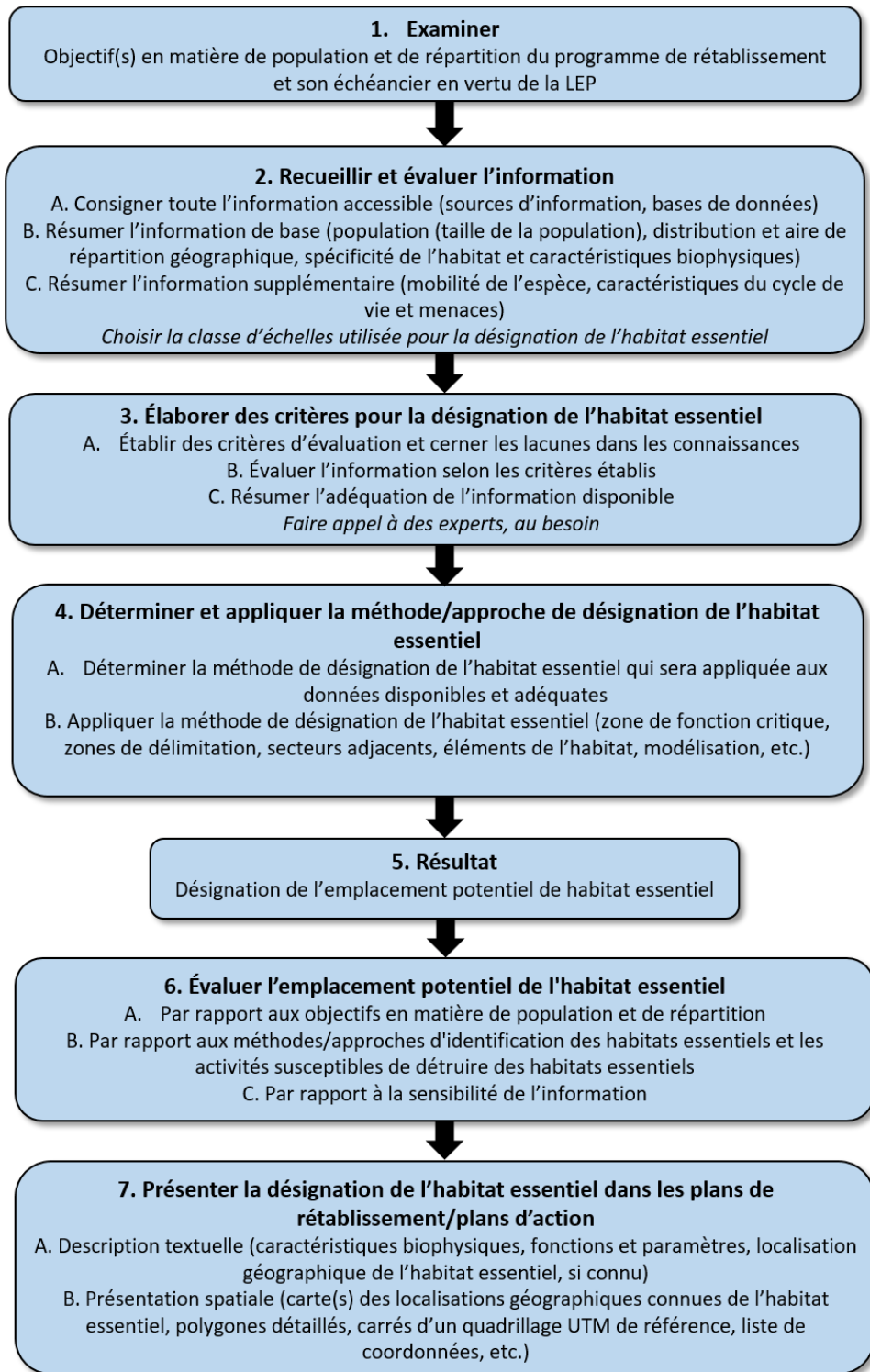


Figure 4: Étapes pour l'identification de l'habitat essentiel d'une espèce ou d'une unité désignable d'une espèce pour l'élaboration de la stratégie de rétablissement ou du plan d'action.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

1. fournir des directives sur la façon de déterminer quand des caractéristiques de l'habitat riverain font partie de l'habitat essentiel;
2. déterminer l'ensemble des caractéristiques que fournit l'habitat riverain pour les fonctions des moules et des poissons d'eau douce;
3. donner, le cas échéant, des avis scientifiques sur l'étendue de la zone riveraine qui est d'importance pour les caractéristiques qui font partie de l'habitat essentiel;
4. présenter des études de cas illustrant l'application des directives pour les praticiens.

LORSQUE L'HABITAT RIVERAIN EST UN HABITAT ESSENTIEL

La LEP protège l'habitat des moules et des poissons d'eau douce inscrits, car bon nombre des menaces persistantes affectent l'habitat, et celui-ci devra être protégé pour assurer le rétablissement. Pour déterminer l'habitat essentiel, on utilise une description biophysique. Les éléments biophysiques de l'habitat essentiel sont répartis en fonctions, caractéristiques et paramètres (figure 5). Les fonctions décrivent l'utilisation de l'habitat par une espèce et sont appuyées par des caractéristiques (MPO 2015). Les caractéristiques sont les composantes biophysiques de l'habitat essentiel qui ont la capacité de soutenir une fonction nécessaire pour atteindre les objectifs de population et de répartition de l'espèce (MPO 2015). Certaines caractéristiques désignées comme habitat essentiel peuvent soutenir indirectement les fonctions en appuyant ou en renforçant d'autres caractéristiques (MPO2015). Ces caractéristiques peuvent se trouver à l'extérieur de l'écosystème aquatique, c'est-à-dire dans les zones riveraines. Chaque caractéristique comprend de nombreux paramètres, qui sont les caractères mesurables qui permettent à la caractéristique de soutenir les fonctions de l'espèce (MPO 2015). Les paramètres fournissent le niveau le plus élevé d'information au sujet d'une caractéristique, de la qualité de la caractéristique et du mécanisme par lequel la caractéristique peut soutenir une exigence particulière du cycle biologique d'une espèce (MPO 2015).

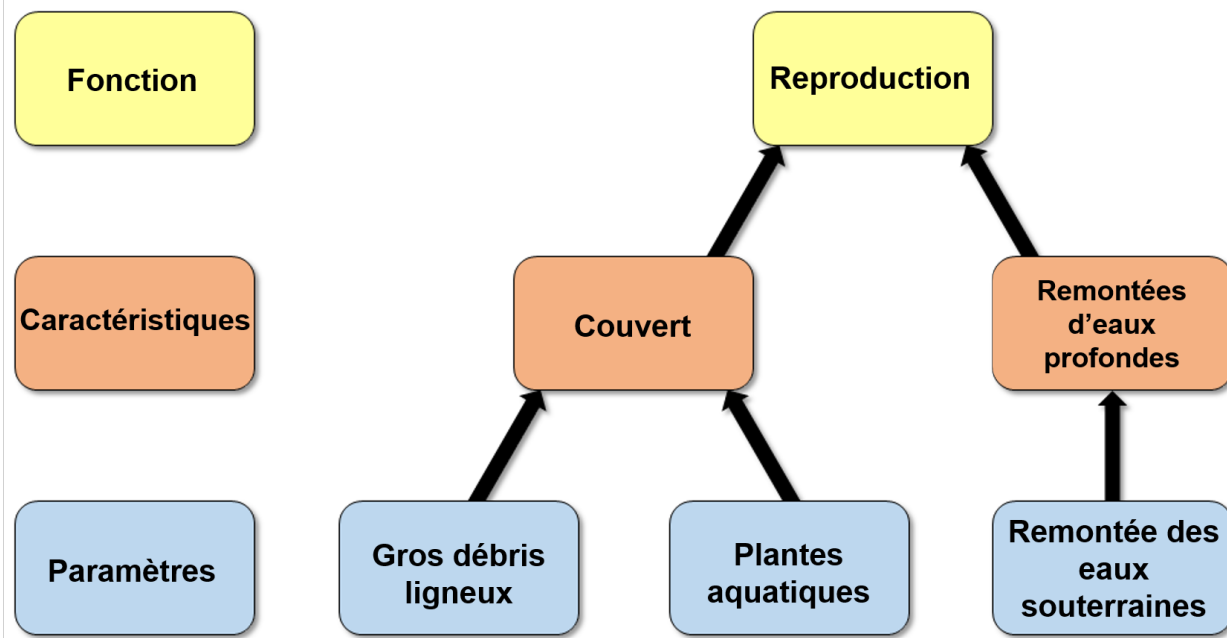


Figure 5: Organigramme représentant des exemples de fonctions du cycle biologique, de caractéristiques et de paramètres de l'habitat essentiel.

Il existe une documentation considérable qui souligne l'importance de la zone riveraine pour les habitats aquatiques (Pusey et Arthington 2003; Lind *et al.* 2019), les poissons (Murdoch *et al.* 2020) et moules d'eau douce (Zawal *et al.* 2016). Malgré le fait que les caractéristiques riveraines soutiennent clairement le maintien de l'habitat aquatique, elles ne sont pas systématiquement incluses dans l'habitat essentiel. Dans le cas des espèces évaluées par le COSEPAC comme étant menacées, en voie de disparition ou disparues, le Secteur des sciences du MPO effectue une évaluation du potentiel de rétablissement dans laquelle l'habitat essentiel potentiel peut être décrit (figure 1). Ce document de recherche contient des renseignements dans la mesure du possible pour déterminer la faisabilité du rétablissement de l'espèce (ECCC 2017). Les conseils scientifiques contenus dans l'évaluation du potentiel de rétablissement (EPR) servent à élaborer un programme de rétablissement pour les espèces jugées aptes au rétablissement (figure 4). La stratégie de rétablissement détermine les menaces pesant sur les espèces ou leur habitat, définit l'habitat essentiel dans la mesure du possible et fixe des objectifs de population et de répartition pour le rétablissement des espèces (ECCC 2017). Le processus est dirigé par le Programme sur les espèces en péril (figure 1).

DÉSIGNATION DE L'HABITAT ESSENTIEL RIVERAIN POUR LES ESPÈCES ACTUELLEMENT INSCRITES

Parmi les 34 rapports d'EPR actuellement disponibles pour les espèces de poissons et de moules d'eau douce figurant dans le registre de la LEP comme étant menacées, en voie de disparition ou disparues, dix mentionnent les zones riveraines au moment d'aborder les besoins de l'espèce en habitat (neuf poissons, une moule). Parmi les dix espèces pour lesquelles on mentionne les zones riveraines, huit étaient des espèces fluviales et deux étaient des espèces lacustres. Six EPR mentionnent l'« habitat riverain » ou la « végétation riveraine », tandis que quatre rapports d'EPR font état de caractéristiques et de paramètres riverains particuliers, notamment les débris ligneux, les sources de nourriture terrestres, les berges sapées, le couvert, la stabilité des berges, l'ombrage et la protection contre l'utilisation des terres

adjacentes. L'EPR pour plusieurs espèces a indiqué qu'il y avait actuellement un manque de données ou de compréhension lorsqu'on tentait de définir l'habitat essentiel potentiel pour l'espèce, ce qui pourrait avoir contribué au défaut d'inclure des zones riveraines comme habitat essentiel potentiel.

On a découvert que parmi les espèces désignées comme menacées ou en voie de disparition, 33 espèces et populations de poissons et dix espèces de moules disposaient de programmes de rétablissement. De ce nombre, neuf espèces de poissons (douze populations) comptaient un habitat riverain parmi leur habitat essentiel. Parmi les neuf espèces de poissons, cinq sont des espèces fluviales et quatre sont des espèces lacustres (sept populations). Quatre programmes de rétablissement ne précisaient que l'habitat riverain à ce niveau de base, tandis que les huit autres programmes abordaient les contributions de l'habitat riverain à l'habitat aquatique, notamment la protection de l'intégrité d'autres caractéristiques aquatiques comme l'habitat de radiers et de fosses peu profondes, l'apport de débris ligneux de grandes et de petites dimensions, le maintien localisé de la stabilité des berges, l'ombrage pour rafraîchir les températures dans le cours d'eau, l'apport d'insectes et de nourriture terrestres, la limitation des apports d'éléments nutritifs supplémentaires et le maintien de la morphologie naturelle du chenal.

Presque tous les programmes de rétablissement que nous avons examinés, y compris ceux qui n'incluaient pas de zones riveraines comme habitat essentiel, considéraient la perte ou la réduction des zones riveraines – ou les dommages causés à celles-ci – comme une menace pour les espèces, et incluaient la protection ou le rétablissement des zones riveraines dans les sections de planification du rétablissement. Cela indique la nécessité de directives sur la façon de déterminer quand les caractéristiques riveraines constituent un habitat essentiel.

COMMENT DÉTERMINER SI L'HABITAT RIVERAIN EST UN HABITAT ESSENTIEL

Richardson *et al.* (2010) ont suggéré que l'habitat riverain devrait être considéré comme un habitat essentiel si la diminution de la productivité riveraine influe sur la qualité de l'eau ou de l'habitat aquatique d'une manière qui nuit à la survie ou au rétablissement d'une espèce en péril. La productivité de la zone riveraine est altérée si les caractéristiques riveraines (figure 6) ne sont pas en mesure de soutenir les fonctions du cycle biologique des poissons et des moules. Par conséquent, les caractéristiques riveraines doivent être considérées comme un habitat essentiel si elles sont nécessaires pour maintenir l'habitat aquatique ou les paramètres de qualité de l'eau nécessaires à la survie ou au rétablissement des poissons et des moules d'eau douce (figure 7a). Si une caractéristique riveraine influe sur des caractéristiques de l'habitat aquatique désignées comme habitat essentiel, cela montre la voie à suivre en ce qui a trait à la désignation de la caractéristique riveraine comme habitat essentiel (Richardson *et al.* 2010). Les lignes directrices actuelles de la LEP sur la détermination de l'habitat essentiel n'indiquent pas comment inclure la qualité de l'eau dans les critères de l'habitat essentiel (MPO 2015), puisque la qualité de l'eau n'est pas une caractéristique, mais plutôt un ensemble de paramètres communs à la plupart des caractéristiques aquatiques. En ce sens, les caractéristiques riveraines qui influent sur la qualité de l'eau ont une incidence sur les caractéristiques aquatiques qui seraient altérées par la mauvaise qualité de l'eau. Toutefois, les caractéristiques riveraines situées en amont des caractéristiques de l'habitat essentiel aquatique peuvent influencer sur le débit d'eau et les paramètres de qualité de l'habitat essentiel aquatique, et elles devraient également être prises en compte dans la définition de l'habitat essentiel riverain.

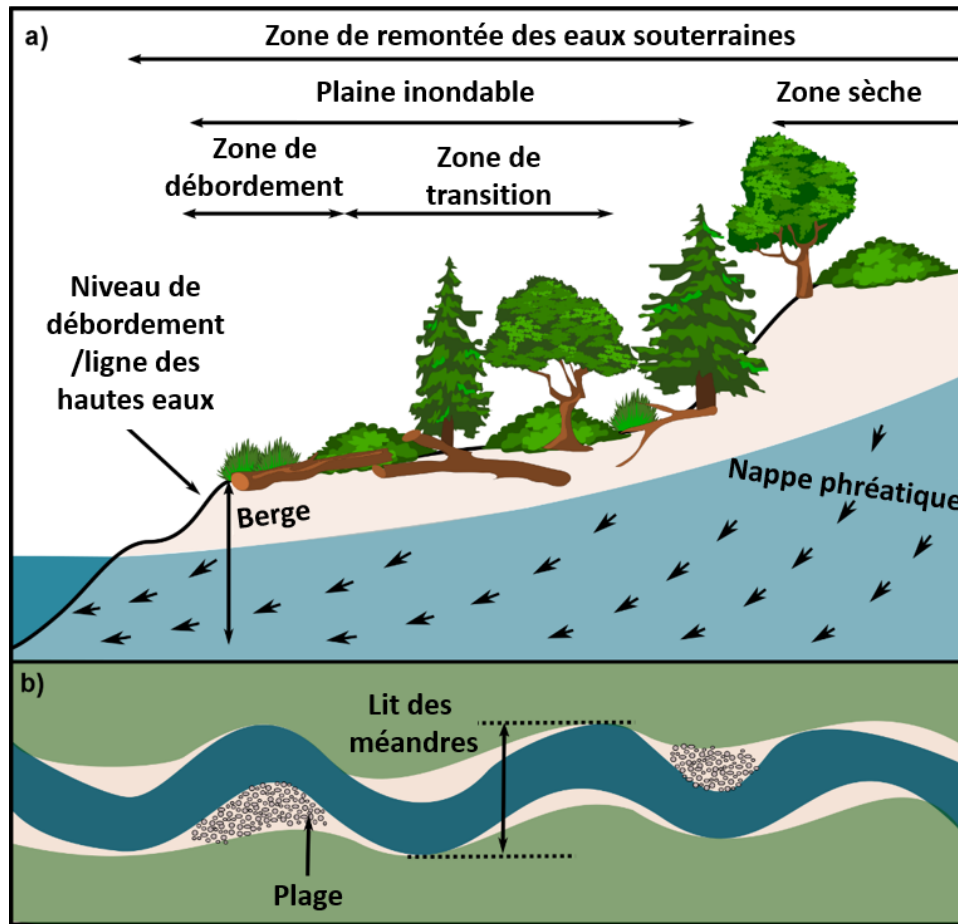


Figure 6: Schéma des caractéristiques riveraines selon deux perspectives différentes : transversale (a) et aérienne (b).

La frontière entre les milieux terrestres et aquatiques ne constitue pas nécessairement une barrière pour les poissons et les moules d'eau douce. En raison des changements de niveau d'eau (p. ex. inondation), de la capacité de tolérer la dessiccation ou des exigences liées au cycle biologique, les caractéristiques riveraines peuvent également soutenir directement les fonctions de certains poissons ou de certaines moules d'eau douce. Les caractéristiques riveraines qui soutiennent directement les fonctions nécessaires à la survie ou au rétablissement des poissons et des moules d'eau douce devraient également être incluses dans l'habitat essentiel (figure 7b).

Par conséquent, nous suggérons que les caractéristiques riveraines constituent un habitat essentiel lorsqu'elles :

1. sont nécessaires au maintien des caractéristiques aquatiques désignées comme constituant un habitat essentiel;
2. sont nécessaires au maintien du débit et de la qualité de l'eau en amont de l'habitat essentiel;
3. soutiennent les fonctions nécessaires à la survie ou au rétablissement d'une espèce sauvage inscrite.

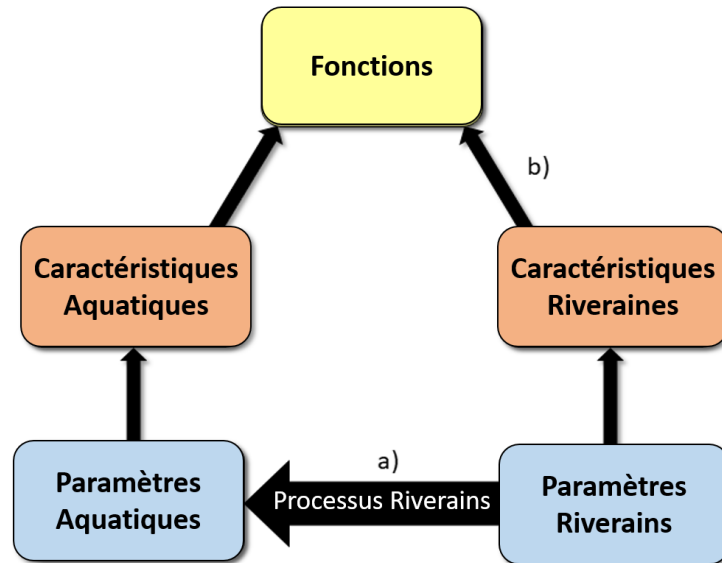


Figure 7: Les caractéristiques riveraines peuvent constituer un habitat essentiel par a) leurs effets indirects, via les processus riverains, sur les caractéristiques aquatiques considérées comme un habitat essentiel ou b) par leurs effets directs sur les fonctions d'une espèce.

CARACTÉRISTIQUES RIVERAINES AYANT UNE INCIDENCE SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT AQUATIQUE ET LES ATTRIBUTS DE LA QUALITÉ DE L'EAU

La définition de la zone riveraine utilisée dans le présent document de recherche est la suivante : zone située entre la ligne des hautes eaux d'un plan d'eau et sa zone sèche. L'écosystème de la zone riveraine possède des propriétés physiques, géomorphologiques et chimiques uniques. L'écosystème riverain sert d'interface entre les milieux aquatiques et terrestres et est sensible aux changements environnementaux (Naiman et Décamps 1997). Les activités qui se déroulent dans la zone riveraine ont des répercussions directes sur l'habitat aquatique en raison des liens étroits entre les caractéristiques aquatiques et riveraines.

Bien que les caractéristiques riveraines interagissent de façons nuancées et variées avec les caractéristiques aquatiques, elles le font au moyen de quelques processus. Les sept principaux processus par lesquels les caractéristiques riveraines soutiennent les caractéristiques aquatiques sont l'érosion, la filtration, l'infiltration, l'isolement, la sinuosité, l'ombrage et l'apport allochtone (figure 8). Ces processus sont dynamiques et ont lieu à l'intérieur d'une gamme de variations naturelles dont il faut tenir compte lorsqu'on désigne des zones riveraines comme habitat essentiel.

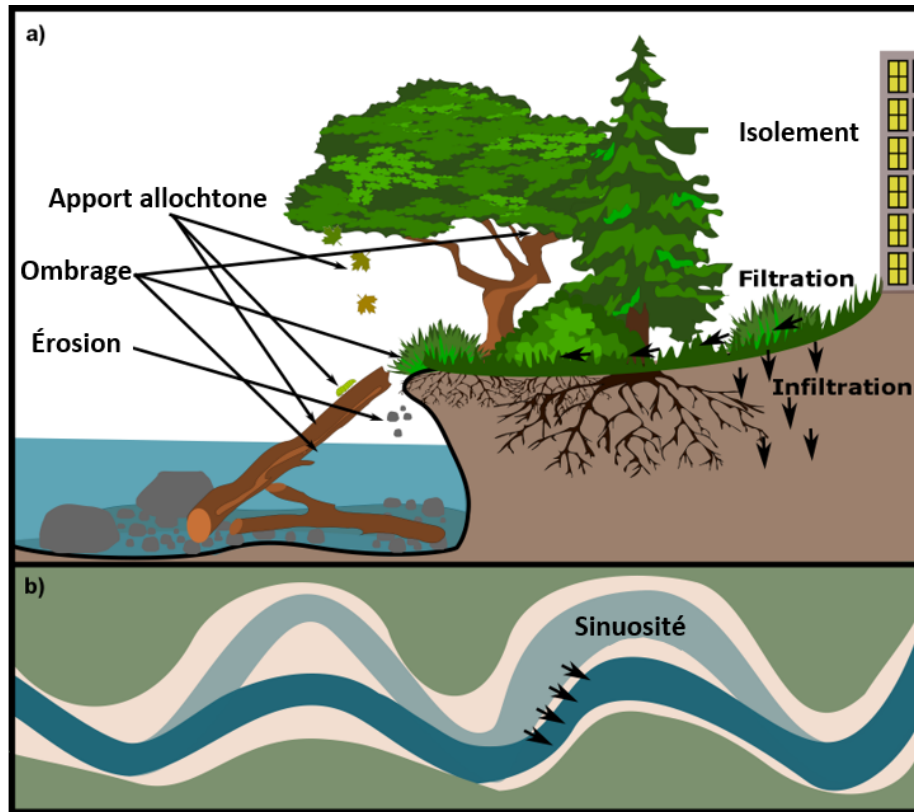


Figure 8: Les sept principaux processus par lesquels les caractéristiques de la zone riveraine maintiennent les caractéristiques aquatiques selon deux perspectives différentes : transversale (a) et aérienne (b).

Érosion

L'érosion est le processus de dégradation progressive du sol par l'action du vent, de l'eau ou de la gravité. Lorsque l'érosion se produit dans une gamme naturelle de variations, elle contrôle la sédimentation et l'envasement et soutient des caractéristiques aquatiques comme la végétation aquatique et les espaces interstitiels. Les niveaux naturels d'érosion empêchent les nutriments excédentaires et les contaminants contenus dans le sol de la zone de débordement d'entrer dans le plan d'eau (Fox *et al.* 2016) et permettent de préserver la clarté de l'eau. Le contrôle de la sédimentation maintient les espaces entre les sédiments grossiers, ce qui a une incidence sur les niveaux d'oxygène dissous dans le plan d'eau (Wood et Armitage 1997). Ces paramètres soutiennent des caractéristiques comme les eaux dormantes, le couvert, les remous, l'habitat lacustre benthique, l'habitat lacustre littoral, l'environnement photique, les radiers, les hauts-fonds et les milieux humides. L'érosion en plaine inondable est atténuée par la végétation riveraine, qui préserve la structure des berges et des plages (Mondal et Patel 2018).

Filtration

La filtration consiste à éliminer la matière, la lumière ou le bruit de l'air ou de l'eau. La filtration empêche les nutriments excédentaires et les contaminants contenus dans les eaux de surface et souterraines de la zone riveraine d'entrer dans le plan d'eau (Miller *et al.* 2016; Yu *et al.* 2019). La végétation riveraine préserve des caractéristiques aquatiques comme l'environnement acoustique et photique en filtrant la lumière et les sons artificiels provenant de

la zone riveraine et des zones sèches. Lorsque la végétation et les sols riverains sont maintenus dans leur état naturel, leur capacité de filtration conserve les paramètres de qualité de l'eau de nombreux éléments aquatiques (Smiley, *Jr. et al.* 2011; Yu *et al.* 2019). L'absence de contaminants et le maintien de niveaux naturels de pH et de nutriments (c.-à-d. la qualité de l'eau) sont un paramètre de plusieurs caractéristiques aquatiques, notamment les eaux dormantes, les couverts, les remous, la disponibilité de la nourriture, les espèces hôtes, l'habitat lacustre benthique, l'habitat lacustre littoral, l'habitat lacustre pélagique, les corridors de migration et de déplacement et les milieux humides.

Infiltration

L'infiltration est le processus par lequel les eaux de surface pénètrent dans le sol. La végétation riveraine fournit de l'ombrage et une structure qui empêchent l'évaporation et le ruissellement et qui permettent aux eaux de surface de la zone riveraine de s'infiltrer dans la nappe phréatique. Les niveaux naturels d'infiltration ont une incidence sur l'écoulement des eaux de surface et souterraines vers le plan d'eau, ce qui préserve le débit et les niveaux d'eau naturels. Le débit et le niveau ont une incidence directe sur de nombreuses caractéristiques de l'habitat aquatique, notamment les eaux dormantes, les remous, les plats lenticules, les espèces hôtes, l'habitat en amont, les corridors de migration et de déplacement, les fosses, les radiers, les rapides, les hauts-fonds et les milieux humides.

L'infiltration dans le sol de la plaine inondable permet la filtration avant que les contaminants et les nutriments excédentaires puissent pénétrer dans les plans d'eau, ce qui préserve la qualité de l'eau (Conseil national de recherches 2002). L'infiltration d'eau de surface dans la zone riveraine empêche l'eau tempérée de s'écouler directement dans le plan d'eau, ce qui modifie la température de l'eau (Herb *et al.* 2008) et réalimente les réserves d'eaux souterraines qui fournissent des zones de remontée d'eau dans les plans d'eau (Chu *et al.* 2008). L'infiltration peut se produire sur des zones diffuses où le taux d'infiltration est faible ou sur des zones localisées où le taux d'infiltration est élevé, ce qui permet aux précipitations de s'infiltrer rapidement dans la nappe phréatique.

Isolement

L'isolement est le processus qui consiste à éloigner un endroit ou une chose d'une perturbation. Plus la source est éloignée, plus l'intensité du bruit ou de la lumière diminue. Par conséquent, la zone riveraine isole le plan d'eau du bruit et de la pollution lumineuse qui peuvent nuire à l'environnement acoustique et photique. Les restrictions imposées à l'utilisation humaine d'une zone riveraine peuvent isoler les plans d'eau de perturbations physiques comme les sentiers. La protection des zones riveraines contre l'utilisation humaine (p. ex. l'agriculture et la foresterie) ou le développement (p. ex. l'exploitation minière et la construction de routes) isole contre les sources de contamination, les nutriments excédentaires et les vibrations excessives.

Sinuosité

La sinuosité est le processus par lequel se forme les méandres. Un cours d'eau va et vient, change de forme en traversant une plaine inondable ou une vallée, tout en érodant et en déposant des sédiments sur les berges alternantes (Callander 1978). La formation naturelle de méandres d'un cours d'eau crée des caractéristiques d'habitat comme le couvert, les eaux dormantes et les hauts-fonds. Les méandres influent sur le débit et le niveau des cours d'eau à travers les changements dans la morphologie de ceux-ci (Feld *et al.* 2011). Les méandres peuvent également soutenir la spéciation sympatrique en créant des obstacles au flux génétique (Ruzzante *et al.* 2019).

Ombrage

L'ombrage consiste à contrôler la quantité de lumière reçue par une surface. Dans l'habitat aquatique, l'ombrage créé par la végétation, les débris ligneux grossiers et les berges sapées offre une couverture (Raines et Miranda 2016; Vargas-Luna *et al.* 2018) et préserve l'environnement photique. L'ombrage offert par la végétation riveraine permet de préserver les variations naturelles de la température de l'eau dans l'habitat aquatique (Broadmeadow et Nisbet 2004) et des eaux de surface et souterraines dans l'habitat riverain (Moore *et al.* 2005).

Apport allochtone

L'apport allochtone est le processus de transfert de l'énergie, de la nourriture et des composantes structurales de l'habitat terrestre à l'habitat aquatique. Les caractéristiques riveraines fournissent de la nourriture pour les poissons (p. ex. insectes terrestres), les moules (p. ex. matière organique) et leurs proies aquatiques (p. ex. nutriments et matières organiques). Les apports d'éléments nutritifs fournissent de l'énergie et soutiennent la végétation aquatique, laquelle offre un couvert et appuie des caractéristiques comme les eaux dormantes et les milieux humides. De plus, la végétation riveraine et les apports du sol vers l'habitat aquatique fournissent des indices sensoriels qui peuvent orienter la migration des poissons le long de leurs corridors migratoires. La végétation riveraine naturelle fournit le carbone, l'azote et le phosphore nécessaires à la production primaire dans l'habitat aquatique (Brett *et al.* 2017). La météorisation naturelle du substrat rocheux alimente les réserves de calcium dans le sol et la végétation riveraine, lesquelles sont ensuite exportées vers les plans d'eau (Reid *et al.* 2019).

Les sédiments grossiers de la zone riveraine, comme le gravier et les rochers provenant des berges et des plages, sont transférés dans les plans d'eau à la suite d'un processus d'érosion et de sinuosité. L'apport de bois, aussi appelé recrutement de bois, est l'apport de bois dans les plans d'eau à partir d'arbres riverains en raison de la mortalité d'arbres individuels, de perturbations touchant plusieurs arbres ou de la sinuosité d'une rivière ou d'un ruisseau (Warren *et al.* 2009). L'apport de bois et de sédiments grossiers joue de nombreux rôles, notamment la création d'habitats (p. ex. fosses), la création d'un couvert (p. ex. débris ligneux grossiers et amas de racines) et la modification de la dynamique des chenaux des cours d'eau. Les débris ligneux grossiers présents dans les cours d'eau peuvent modifier la dynamique de l'écoulement, réduisant ainsi la formation de frasil destructif et de glace de fond (Nilsson *et al.* 2013).

L'EFFET DES CARACTÉRISTIQUES RIVERAINES SUR LES CARACTÉRISTIQUES AQUATIQUES

Nous avons effectué une analyse documentaire pour trouver des données scientifiques récentes concernant l'effet des caractéristiques riveraines sur les caractéristiques aquatiques et les paramètres de la qualité de l'eau. L'analyse documentaire a été effectuée en cherchant des articles qui correspondent à un ensemble général de termes de recherche élaborés pour repérer les articles portant sur l'effet de la zone riveraine sur l'habitat en eau douce, puis peaufinée pour des caractéristiques particulières de l'habitat aquatique à partir d'une liste normalisée des caractéristiques de l'habitat essentiel et des paramètres particuliers de la qualité de l'eau déterminés lors d'une recherche préliminaire d'articles portant sur la qualité de l'eau (annexe 1). Afin de déterminer quelles caractéristiques riveraines peuvent être considérées comme un habitat essentiel en raison de leur incidence sur les caractéristiques de l'habitat essentiel aquatique (figure 7a), les processus connexes ont été décrits pour chaque caractéristique aquatique (tableau 1) et paramètre de qualité de l'eau (tableau 2).

Tableau 1 : Les caractéristiques de la zone riveraine qui influent sur les caractéristiques aquatiques et les processus par lesquels ces caractéristiques riveraines ont une incidence sur elles. Les détails relatifs aux paramètres de la qualité de l'eau (marqués d'un *) se trouvent dans un tableau distinct (tableau 2) afin de réduire les redondances.

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Environnement acoustique	Intensité du son	filtration, isolement	Les caractéristiques riveraines filtrent et isolent les plans d'eau du bruit anthropique (p. ex. circulation routière/pont, urbanisation) qui peut interférer avec le rapport signal sur bruit, masquer les signaux ou modifier le comportement des organismes.	berge, plaine inondable	(Mickle et Higgs 2018; Reid et al. 2019)
Zones de remontée des eaux	décharge d'eau souterraine	infiltration	La remontée des eaux dans l'habitat d'eau douce est causée par la décharge des eaux souterraines qui sont réapprovisionnées dans la zone d'apport en eau de la nappe souterraine.	plaine inondable, zone de remontée des eaux souterraines	(Ouellet et al. 2017)
Zones de remontée des eaux	qualité de l'eau*	-	-	-	
Eaux stagnantes	végétation aquatique	érosion, filtration, apport allochtone	La végétation aquatique peut réduire l'écoulement et créer des eaux stagnantes. Elle est soutenue par la zone riveraine grâce au contrôle de la sédimentation, de l'envasement, de la limpidité de l'eau, de la lumière et des apports de nutriments.	berge, plage, plaine inondable	(Cheng et Yong-ming 2008; Jones et al. 2012)

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Eaux stagnantes	-	sinuosité	La migration des chenaux dans le lit des méandres crée des eaux stagnantes.	lit des méandres	(Biron et al. 2018)
Eaux stagnantes	-	érosion	La végétation riveraine protège les berges contre l'érosion et la formation de bassins d'eaux stagnantes séparés du plan d'eau.	berge, plage, plaine inondable	(Mondal et Patel 2018)
Eaux stagnantes	débris ligneux grossiers	apport allochtone	Les eaux stagnantes sont créées par des débris ligneux grossiers provenant de la plaine inondable.	plaine inondable	(Lehane et al. 2002; Seo et al. 2010)
Eaux stagnantes	qualité de l'eau*	-	-	-	-
Couvert	décharge d'eau souterraine	infiltration	La remontée des eaux dans l'habitat d'eau douce est causée par la décharge des eaux souterraines qui sont réapprovisionnées dans la zone de remontée des eaux de la nappe souterraine.	plaine inondable, zone de remontée des eaux souterraines	(Malcolm et al. 2005)
Couvert	espaces interstitiels	érosion	La végétation dans la plaine inondable contrôle l'érosion et empêche la sédimentation qui remplit les espaces interstitiels.	berge, plage, plaine inondable	(Wohl 2015)
Couvert	-	ombrage, érosion, sinuosité	Les berges sapées sont maintenues en place grâce au contrôle de l'érosion dans la plaine inondable et favorisées par la sinuosité dans le lit des méandres.	berge, plage, plaine inondable, lits des méandres	(Florsheim et al. 2008; Vargas-Luna et al. 2018)

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Couvert	débris ligneux grossiers	apport allochtone, ombrage	Les débris ligneux grossiers dans la plaine inondable fournissent de l'ombre. Les débris ligneux grossiers provenant de la plaine inondable qui tombent dans l'habitat aquatique créent un habitat complexe et offrent un couvert.	plaine inondable	(Crook et Robertson 1999)
Couvert	petits débris ligneux	apport allochtone	Les petits débris ligneux provenant de la plaine inondable qui tombent dans l'habitat aquatique créent un abri pour les poissons juvéniles et les petits poissons.	plaine inondable	(Enefalk et Bergman 2016)
Couvert	-	ombrage	La végétation riveraine en surplomb dans la zone de débordement offre un couvert.	berge, plaine inondable	(Raines et Miranda 2016)
Couvert	débit et niveau	infiltration, sinuosité	L'infiltration dans la plaine inondable et la sinuosité dans le lit des méandres ont une incidence sur les débits et le niveau de l'eau, ce lequel influe sur la disponibilité des abris et du couvert.	plaine inondable, lit des méandres	(National Research Council 2002; Logez et al. 2016)
Couvert	végétation aquatique	érosion, filtration, apport allochtone	La végétation aquatique offre un couvert. e La plaine inondable favorise le maintien de la végétation aquatique grâce au contrôle de la sédimentation, de l'envasement, de la limpidité de l'eau, de la lumière et des apports de nutriments.	berge, plage, plaine inondable	(Jones et al. 2012; Massicotte et al. 2015)

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Remous (complexité hydraulique)	végétation aquatique	érosion, filtration, apport allochtone	La végétation aquatique génère des tourbillons. La plaine inondable favorise le maintien de la végétation aquatique grâce au contrôle de la sédimentation, de l'envasement, de la limpidité de l'eau, de la lumière et des apports de nutriments.	berge, plage, plaine inondable	(Nepf 2012; Jones et al. 2012)
Remous (complexité hydraulique)	débris ligneux grossiers	apport allochtone	Les débris ligneux grossiers provenant de l'habitat terrestre qui tombent dans l'habitat aquatique créent des obstacles causant des remous.	plaine inondable	(Lehane et al. 2002)
Remous (complexité hydraulique)	débit	infiltration, sinuosité	L'infiltration dans la plaine inondable et la sinuosité dans le lit des méandres ont une incidence sur les débits et le niveau de l'eau, ce qui a une incidence sur le régime d'écoulement des remous.	plaine inondable, lit des méandres	(National Research Council 2002)
Remous (complexité hydraulique)	qualité de l'eau*	-	-	-	-
Source de nourriture	proies terrestres et amphibiens	apport allochtone	Les espèces-proies terrestres et amphibiens présentes dans la plaine inondable fournissent de la nourriture dans l'habitat aquatique en raison d'une utilisation fortuite ou de leurs besoins liés à un cycle biologique.	plaine inondable	(Albertson et al. 2018)

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Source de nourriture	matière organique terrestre	apport allochtone	Le transfert de matières organiques de la plaine inondable à l'habitat aquatique fournit de la nourriture aux poissons d'eau douce et aux moules.	plaine inondable	(Brett et al. 2017)
Source de nourriture	insectes aquatiques	apport allochtone	Certaines étapes du cycle biologique des insectes aquatiques (p. ex. le stade adulte) nécessitent l'utilisation de la plaine inondable; les insectes aquatiques ont également besoin de nutriments d'origine terrestre et de matières organiques.	berge, plage, plaine inondable	(Harabis 2017)
Source de nourriture	végétation aquatique	érosion, filtration, apport allochtone	La plaine inondable favorise le maintien de la végétation aquatique grâce au contrôle de la sédimentation, de l'envasement, de la limpidité de l'eau, de la lumière et des apports de nutriments.	berge, plage, plaine inondable	(Jones et al. 2012)
Plats lenticques	débit et niveau	infiltration, sinuosité	L'infiltration dans la plaine inondable et la sinuosité dans le lit des méandres influent sur les débits et le niveau de l'eau, ce qui a une incidence sur le régime d'écoulement des plats lenticques.	plaine inondable, lit des méandres	(National Research Council 2002)
Plats lenticques	qualité de l'eau*	-	-	-	-

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Espèces hôtes (disponibilité)	qualité de l'eau	filtration	Les sources terrestres de nitrates filtrées par la plaine inondable ont une incidence sur la capacité des moules à se fixer à l'espèce-hôte.	plaine inondable	(Moore et Bringolf 2018)
Espèces hôtes (disponibilité)	débit et niveau	infiltration, sinuosité	L'infiltration dans la plaine inondable et la sinuosité dans le lit des méandres influent sur le débit et le niveau de l'eau, ce qui a une incidence sur la capacité des moules à se fixer à l'espèce-hôte.	plaine inondable, lit des méandres	(National Research Council 2002; Modesto et al. 2018)
Habitat en amont	débit et niveau	infiltration, sinuosité	L'infiltration dans la plaine inondable et la sinuosité dans le lit des méandres influent sur les débits et le niveau de l'eau, ce qui a une incidence sur l'habitat en amont.	plaine inondable, lit des méandres	(National Research Council 2002)
Habitat en amont	qualité de l'eau*	-	-	-	-
Habitat lacustre benthique	sédiment	filtration,érosion	L'érosion et la filtration des contaminants dans la plaine inondable ont une incidence sur la qualité et la quantité des sédiments dans l'habitat benthique.	berge, plage, plaine inondable	(Crane 2017)
Habitat lacustre benthique	qualité de l'eau*	-	-	-	-

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Habitat lacustre littoral	végétation aquatique	érosion, filtration, apport allochtone	La filtration et l'érosion de la plaine inondable ainsi que l'altération de l'habitat littoral ont une incidence sur la présence de végétation aquatique dans les habitats littoraux des lacs.	berge, plage, plaine inondable	(Doi et al. 2010)
Habitat lacustre littoral	qualité de l'eau*	-	-	-	-
Habitat lacustre pélagique	qualité de l'eau*	-	-	-	-
Corridors de migration/de déplacement	indices sensoriels	apport allochtone, filtration	Les indices sensoriels qui favorisent le retour à la frayère natale ou déclenchent le signal de la migration peuvent provenir des contaminants de la plaine inondable ou être perturbés par ceux-ci.	plaine inondable	(Scholz et al. 1976)
Corridors de migration/de déplacement	débit et niveau	infiltration	L'infiltration dans la plaine inondable a une incidence sur les débits et le niveau d'eau, ce qui a une incidence sur les liens hydrologiques entre les habitats essentiels.	plaine inondable	(Crook et al. 2015)
Corridors de migration/de déplacement	qualité de l'eau*	-	-	-	-

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Environnement photique	lumière artificielle	filtration, isolement	La filtration dans la plaine inondable de la pollution lumineuse (lampadaires, maisons, etc.) et l'isolement de celle-ci ont une incidence sur le comportement parental d'un poisson, le moment de la migration et les déplacements des proies.	plaine inondable	(Foster et al. 2016; Reid et al. 2019)
Environnement photique	ombre	ombrage	L'ombre favorisé par la végétation riveraine, les berges en surplomb et les débris ligneux grossiers dans la zone en surplomb a une incidence sur la quantité et la qualité de la lumière dans l'habitat aquatique.	berge, plaine inondable	(Pusey et Arthington 2003)
Environnement photique	turbidité	érosion, filtration	La végétation riveraine dans la plaine inondable influe sur la charge sédimentaire du plan d'eau en contrôlant l'érosion et la filtration des eaux de surface qui, autrement, augmenteraient la turbidité.	berge, plage, plaine inondable	(Vargas-Luna et al. 2018)
Environnement photique	couleur de l'eau	apport allochtone, filtration	L'absence de brunissement ou de verdissement de l'eau attribuable à la filtration de nutriments terrestres ou de matières organiques dans la plaine inondable a une incidence sur l'environnement photique.	plaine inondable	(Karlsson et al. 2009)

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Fosses	débit et niveau	infiltration, sinuosité	L'infiltration dans la plaine inondable et la sinuosité dans le lit des méandres influent sur les débits et le niveau de l'eau, ce qui a une incidence sur la connectivité entre les fosses du plan d'eau.	plaine inondable, lit des méandres	(National Research Council 2002)
Fosses	débris ligneux grossiers	apport allochtone	L'ajout de débris ligneux grossiers provenant de la plaine inondable augmente la présence de fosses dans les rivières et les ruisseaux.	plaine inondable	(Davidson et Eaton 2013)
Fosses	qualité de l'eau*	-	-	-	-
Rapides	sédiment grossier exposé	érosion, sinuosité, apport allochtone	Le contrôle de l'érosion dans la plaine inondable réduit la charge de sédiments dans le plan d'eau, ce qui favorise les sédiments grossiers exposés. La sinuosité et l'érosion des plages et des berges créent des sédiments grossiers sous forme d'apport allochtone.	berge, plage, plaine inondable	(National Research Council 2002)
Rapides	débit et niveau	infiltration, sinuosité	L'infiltration dans la plaine inondable et la sinuosité dans le lit des méandres influent sur les débits et le niveau de l'eau, ce qui a une incidence sur la production de rapides qui ont besoin de régimes d'écoulement appropriés.	plaine inondable, lit des méandres	National Research Council 2002)

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Rapides	débris ligneux grossiers	apport allochtone	L'ajout de débris ligneux grossiers provenant de la plaine inondable augmente la présence de rapides dans les rivières et les ruisseaux.	plaine inondable	(Davidson et Eaton 2013)
Rapides	qualité de l'eau*	-	-	-	-
Ruisselets	débit et niveau	infiltration, sinuosité	L'infiltration dans la plaine inondable et la sinuosité dans le lit des méandres influent sur les débits et le niveau d'eau, ce qui a une incidence sur la production de ruisselets puisqu'ils nécessitent un régime d'écoulement approprié.	plaine inondable, lit des méandres	National Research Council 2002)
Ruisselets	qualité de l'eau*	-	-	-	-
Hauts-fonds	débit et niveau	infiltration, sinuosité	L'infiltration dans la plaine inondable et la sinuosité dans le lit des méandres influent sur les débits et le niveau d'eau, ce qui détermine si les hauts-fonds sont submergés ou non.	plaine inondable, lit des méandres	National Research Council 2002)
Hauts-fonds	sédiment	sinuosité, érosion	L'érosion des berges et des plages ainsi que la sinuosité dans le lit des méandres influent sur la sédimentation dans la zone riveraine, ce qui peut ajouter ou supprimer des hauts-fonds.	berge, plage, plaine inondable, lits des méandres	National Research Council 2002)
Hauts-fonds	qualité de l'eau*	-	-	-	-

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Espèces sympatriques	-	sinuosité, apport allochtone	Les systèmes hiérarchiques, dendritiques et fragmentés dans l'espace peuvent présenter une grande diversité génétique. Le fait de permettre que les processus naturels créent des chenaux dendritiques et des lacs en expansion pourrait favoriser la spéciation sympatrique.	plaine inondable, lit des méandres	(Ruzzante et al. 2019)
Milieux humides	végétation aquatique	érosion, filtration, apport allochtone	La plaine inondable favorise le maintien de la végétation aquatique grâce au contrôle de la sédimentation, de l'envasement, de la limpidité de l'eau, de la lumière et des apports de nutriments.	berge, plage, plaine inondable	National Research Council 2002)
Milieux humides	débit et niveau	infiltration, décharge d'eau souterraine	Les milieux humides sont préservés par l'écoulement des rivières et des ruisseaux, l'apport d'eaux souterraines et le ruissellement provenant de la plaine inondable.	plaine inondable, zone d'alimentation des eaux souterraines, lit des méandres	National Research Council 2002)
Milieux humides	qualité de l'eau*	-	-	-	-

Tableau 2 : Caractéristiques et processus riverains qui ont une incidence sur les caractéristiques de la qualité de l'eau.

Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Contaminants	érosion, filtration, infiltration, isolement	Les contaminants contenus dans les eaux de surface et les sédiments sont filtrés par la végétation et les sédiments riverains (par le phénomène d'infiltration) dans la plaine inondable et ne peuvent pénétrer dans l'habitat aquatique en raison du contrôle de l'érosion et à l'isolement.	berge, plage, plaine inondable	(Yu <i>et al.</i> 2019; Reid <i>et al.</i> 2019)
Oxygène dissous	érosion, filtration	Les niveaux naturels d'oxygène dissous qui sont à la disposition des poissons et des moules dans un plan d'eau sont maintenus au moyen de la filtration des nutriments et du contrôle de la sédimentation qui autrement remplirait les espaces interstitiels.	berge, plage, plaine inondable	(Wood et Armitage 1997; Crossman <i>et al.</i> 2019)
Nutriments (P, N, C, Ca)	érosion, filtration, infiltration, apport allochtone	L'érosion, la filtration, l'infiltration et l'apport allochtone dans une plaine inondable qui fonctionne bien maintiennent les niveaux naturels de nutriments dans les plans d'eau.	berge, plage, plaine inondable	(Stutter <i>et al.</i> 2019)
pH	érosion, filtration, infiltration, apport allochtone	Les capacités de tamponnement du pH des sols influent sur le pH de l'eau de surface et de l'eau souterraine, l'érosion contribue à l'acidification des sols dans l'eau, et la litière de feuilles influe sur le pH aquatique.	berge, plage, plaine inondable	(Hruška <i>et al.</i> 2001)

Paramètres aquatiques	Processus	Détails	Caractéristiques riveraines	Référence(s)
Température	ombrage, infiltration	Dans la plaine inondable, l'ombre des berges sapées et de la végétation riveraine sur les eaux de surface et souterraines et l'infiltration qui réapprovisionne la zone d'alimentation des eaux souterraines contribuent au maintien des variations naturelles de la température de l'eau.	berge, plage, plaine inondable, zone d'alimentation des eaux souterraines	(Chu <i>et al.</i> 2008; Albertson <i>et al.</i> 2018)

CARACTÉRISTIQUES RIVERAINES QUI SOUTIENNENT LES FONCTIONS DES POISSONS ET DES MOULES D'EAU DOUCE

La section précédente a décrit comment les caractéristiques riveraines peuvent être considérées comme un habitat essentiel en raison de leur incidence sur l'habitat essentiel aquatique. Les caractéristiques riveraines peuvent également assurer directement les fonctions des poissons et des moules d'eau douce (figure 7b). Nous avons effectué une analyse documentaire pour trouver les données scientifiques les plus récentes concernant l'effet des caractéristiques riveraines sur les fonctions des poissons et des moules d'eau douce. L'analyse documentaire a été effectuée au moyen d'un ensemble général de termes de recherche qui représentent la zone riveraine, puis peaufinée pour des fonctions particulières à partir d'une liste normalisée de fonctions (glossaire, annexe 1). Cette analyse n'a permis de trouver que très peu d'articles, ce qui dénote la rareté de la documentation; en fait, le manque d'informations sur les effets précis des caractéristiques riveraines sur les fonctions des poissons et des moules d'eau douce avait déjà été noté (Richardson *et al.* 2010).

Une zone riveraine protégée soutient plusieurs fonctions des poissons et des moules d'eau douce en rendant le plan d'eau plus difficile d'accès et en l'isolant des récoltes, des espèces envahissantes et des sentiers et routes qui peuvent traverser les plans d'eau et détruire l'habitat.

Les caractéristiques de la zone riveraine appuient directement l'alimentation et la recherche de nourriture des poissons ou des moules d'eau douce qui utilisent des habitats terrestres pendant une certaine partie de leur cycle biologique. Ces caractéristiques seront spécifiques à chaque espèce, par exemple les poissons qui déposent des œufs sur les plages (Martin *et al.* 2004). Les plaines inondables sèches seraient considérées comme une caractéristique riveraine qui soutient directement la dispersion, la reproduction et l'alevinage pour les espèces qui utilisent cette caractéristique lors d'inondations intermittentes (Henning *et al.* 2006, 2007). Certains poissons utilisent les berges et les plages pour migrer et franchir les barrières (p. ex. anguilles [Trancart *et al.* 2018]). La disponibilité d'insectes terrestres comme source de nourriture serait considérée comme une caractéristique riveraine plutôt qu'une caractéristique aquatique issue d'apports allochtones si la recherche de nourriture se fait à l'extérieur de l'habitat aquatique (p. ex. insectes sur la végétation riveraine).

DÉLIMITATION DE LA SURFACE PROTÉGÉE À L'INTÉRIEUR DE LA ZONE RIVERAINE

DÉLIMITATION DE L'HABITAT ESSENTIEL RIVERAIN POUR LES ESPÈCES ACTUELLEMENT INSCRITES

Dix des 34 EPR disponibles pour les espèces de poissons et de moules figurant dans le registre de la LEP comme étant menacées ou en voie de disparition mentionnaient expressément l'habitat riverain. Dans la plupart des EPR, l'habitat essentiel n'était pas défini dans l'espace, tandis que pour deux espèces, des jugements spatiaux ont été réalisés. L'EPR pour le meunier de Salish (*Catostomus* sp.) a indiqué qu'une zone riveraine continue d'une largeur de 5 à 30 m à partir du sommet de la berge était requise (Pearson 2015). L'EPR du méné long (*Clinostomus elongatus*) a suggéré une largeur de 30 m adjacente au lit des méandres (MPO 2019). La détermination réelle des zones spatiales qui contiennent un habitat essentiel, lorsqu'elle n'est pas expressément définie dans l'EPR, peut être fondée sur le Secteur des sciences (dans

l'EPR) ou sur l'interprétation de celle-ci par le Programme de protection des espèces en péril (comme pour de nombreuses espèces des Grands Lacs).

Plusieurs programmes de rétablissement ont fourni des orientations concernant la largeur pour laquelle une zone riveraine devrait être protégée en tant qu'habitat essentiel, mais l'étendue de la protection varie. Pour quatre espèces d'épinoches à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*, huit populations), les programmes de rétablissement ont indiqué que l'habitat essentiel comprend une zone riveraine d'une largeur de 15 m autour des lacs où on retrouve l'espèce et une zone riveraine d'une largeur de 30 m autour des ruisseaux et des marais reliant ces lacs entre eux (Pêches et Océans Canada 2019a). Le programme de rétablissement pour la population de bar rayé (*Morone saxatilis*) du fleuve Saint-Laurent n'a indiqué que la zone riveraine sous l'influence des marées comme faisant partie de l'habitat essentiel, laquelle n'est située que 0 à 2 m au-dessus du bord de l'eau (Pêches et Océans Canada 2019b), alors que l'habitat essentiel du lépisosté tacheté (*Lepisosteus oculatus*) couvre les « zones inondées » de l'habitat riverain (Staton *et al.* 2012). L'habitat essentiel du naseux moucheté (*Rhinichthys osculus*) s'étend jusqu'à la ligne des hautes eaux, mais pas au-delà de celle-ci (Pêches et Océans Canada 2018a). De même, l'habitat essentiel de la tête carminée (*Notropis percobromus*) ne comprend que la « largeur du niveau de débordement » (Pêches et Océans Canada 2013). Enfin, les programmes de rétablissement du naseux de Nooksack (*Rhinichthys cataractae* ssp.) et du meunier de Salish ont indiqué que les dimensions de la zone riveraine englobaient toutes les zones riveraines sur les deux berges et sur toute la longueur des tronçons aquatiques désignés de l'habitat essentiel (Pêches et Océans Canada 2019c, 2019d). Pour ces deux espèces, l'habitat essentiel riverain est considéré comme continu et s'étend vers l'intérieur des terres à partir du sommet de la berge jusqu'à une largeur équivalant à la zone de vulnérabilité calculée pour chacun des cinq caractéristiques et paramètres riverains : débris ligneux grossiers, maintien localisé de la stabilité des berges, processus naturels de modification des chenaux, ombrage et chute d'insectes et de débris (calculés à l'aide de méthodes conformes à celles utilisées en vertu du Riparian Areas Protection Regulation de la Colombie-Britannique (Gouvernement de la Colombie-Britannique 2019); c.-à-d., entre 5 à 30 m selon les caractéristiques du cours d'eau).

La vaste gamme de largeurs recommandées de protection riveraine (0 à 30 m) dans les EPR et les programmes de rétablissement signifie qu'il est important de tenir compte des exigences de l'espèce et des caractéristiques du paysage au moment de recommander une protection de l'habitat essentiel dans la zone riveraine. Les incohérences entre les espèces et l'absence de recommandations pour de nombreuses espèces peuvent également signifier un manque de clarté concernant la distance à l'intérieur de la zone riveraine où les caractéristiques de l'habitat essentiel riverain doivent être protégées pour maintenir les fonctions de l'espèce.

PROCESSUS

Au moment de définir l'habitat essentiel dans le programme de rétablissement, celui-ci doit inclure une description claire de la zone géographique à protéger (MPO 2015). Cela comprend la zone géographique représentant les caractéristiques riveraines considérées comme un habitat essentiel.

L'étendue de l'habitat essentiel riverain doit reposer sur une compréhension empirique des processus qui influent sur la capacité de la zone riveraine à soutenir les fonctions des poissons et des moules d'eau douce. La documentation actuelle sur ces processus et sur les besoins particuliers des diverses espèces doit être prise en compte pour déterminer la relation entre la taille de l'habitat protégé et son influence sur la qualité de la caractéristique d'habitat aquatique d'intérêt. Il est également important de tenir compte de la forme de la courbe de réponse et de toutes les dépendances des paramètres de la zone riveraine (p. ex. pente, utilisation des terres,

type de sol) (Gene *et al.* 2019). Par conséquent, une valeur unique pour toute l'étendue de l'habitat essentiel à protéger ne sera probablement pas représentative de toutes les espèces ou de tous les paysages. Il est donc difficile d'élaborer une norme nationale.

Afin de fournir un certain contexte en ce qui concerne les informations disponibles sur l'étendue de l'habitat, des méta-analyses et des examens, ainsi que des études empiriques pertinentes, ont été consultés pour chacun des processus associés aux caractéristiques riveraines. Il ne s'agit nullement d'un résumé complet de toutes les recherches menées sur le sujet, ce qui aurait nécessité une méta-analyse formelle dépassant la portée du présent document de recherche. Les valeurs indiquées ci-dessous ne doivent pas être considérées comme des cibles.

Érosion

La capacité des caractéristiques de la zone riveraine à contrôler l'érosion dépend de nombreux facteurs, mais il existe un consensus selon lequel les quatre principaux facteurs à prendre en considération sont les paramètres riverains suivants: la pente, la végétation, le type de sol et les précipitations annuelles moyennes (Nigel *et al.* 2013).

Dans le cadre d'une étude sur le terrain dans la région de Portneuf, au Québec, des pentes supérieures à 8 % (pentes en % = rapport de déclivité * 100) ont été jugées sujettes à l'érosion, ce qui a amené les auteurs à suggérer qu'il pourrait être nécessaire de protéger la totalité de la pente, du plan d'eau jusqu'au bord de la zone sèche (Nigel *et al.* 2013). L'étendue de la protection pour les pentes moins inclinées dépendra quant à elle des trois facteurs suivants : la végétation, les sédiments et le ruissellement.

Le ratio de la profondeur des racines par rapport à la hauteur de la berge, la densité des racines et la protection de surface sont les trois mesures qui peuvent être étudiées pour comprendre la capacité de la végétation à contrôler l'érosion de la plaine inondable (Rosgen 2001). Ces mesures doivent être examinées sur une longueur de rive suffisante car la connectivité de la végétation riveraine influe sur l'érosion (Rosgen, 2001). Plus le pourcentage de profondeur des racines, de densité des racines et de protection de surface le long du tronçon est élevé, plus l'influence exercée par la végétation sur l'érosion est importante. Si la végétation ne fournit pas une protection de surface ainsi que des racines d'une profondeur et d'une densité suffisantes, l'érodabilité des sédiments des berges et l'écoulement fluvial entraîneront l'instabilité et l'érosion des berges (Sweeney et Newbold 2014). En raison des systèmes racinaires profonds des arbres, on estime que les plaines inondables boisées offrent une meilleure protection contre l'érosion que celles couvertes par d'autres types de végétation (Sweeney et Newbold 2014; Rood *et al.* 2015). Toutefois, il a été démontré que les graminées, qui ont habituellement une densité de racines plus élevée que les arbres, sont plus efficaces pour prévenir l'érosion que les arbres sur les pentes moins inclinées (Lyons *et al.* 2000).

Les sédiments qui ne sont pas compactés et qui contiennent plus d'argile et de matières organiques sont plus résistants à l'érosion que les sols et les sédiments compactés composés de sable ou de limon (Blanco et Lal 2010). La teneur en eau des sols a aussi une incidence sur l'érosion, puisque les sols saturés peuvent contenir moins d'eau, ce qui entraîne un ruissellement plus important. Les grands agrégats de sol instables sont plus susceptibles de s'éroder (Blanco et Lal 2010).

Les précipitations qui s'écoulent en surface sont appelées « ruissellement ». Le débit de ruissellement influe sur la capacité des caractéristiques de la zone riveraine à contrôler l'érosion. Le ruissellement est influencé par des facteurs météorologiques (c.-à-d. les précipitations) ainsi que par la géologie physique et la topographie du terrain. Les années inhabituellement pluvieuses ou les perturbations dans les zones sèches sont plus susceptibles

d'augmenter le ruissellement et l'érosion (Lee *et al.* 2004). Les régions où les précipitations annuelles sont plus élevées et où le couvert en zone sèche est imperméable (p. ex. chaussée) peuvent nécessiter une extension de la zone riveraine protégée. La résilience aux changements environnementaux futurs, lesquels peuvent accroître la gravité et la fréquence des événements météorologiques extrêmes, doit être prise en compte au moment de définir l'habitat essentiel riverain.

Filtration et infiltration

Les zones riveraines réduisent les effets du ruissellement de polluants provenant de l'agriculture ou d'autres sources sur l'environnement aquatique grâce à l'absorption par les plantes, au stockage dans le sol et au mélange des eaux souterraines. L'infiltration d'eau de surface dans la plaine inondable réduit le ruissellement de surface dans les plans d'eau, ce qui réduit au minimum les inondations et l'affouillement. Comme dans le cas pour l'érosion, c'est lorsque le débit d'eau (de surface et souterrain) est réparti uniformément et que les taux d'infiltration dans le sol sont élevés (p. ex. sédiments non saturés qui ne sont ni compactés ou congelés) que les plaines inondables seront les plus efficaces à contrôler le ruissellement.

Les zones localisées présentant des taux d'infiltration élevés permettant aux précipitations de s'infiltrer rapidement dans la nappe phréatique (p. ex. fissures dans le substrat rocheux, flux des macropores) peuvent réduire la capacité de filtration d'une zone riveraine (Orozco-Lopez *et al.* 2018). Les milieux humides situés dans une dépression et les autres éléments paysagers qui retiennent l'eau (p. ex. végétation dense) et réduisent le ruissellement ont une importance disproportionnellement plus élevée dans la plaine inondable pour accroître la filtration et l'infiltration. De plus, la présence d'arbres et de débris ligneux grossiers dans la plaine inondable augmente la rugosité hydraulique, ce qui ralentit le ruissellement et augmente la capacité de stockage, permettant ainsi aux plans d'eau de se rétablir plus rapidement des écoulements abondants (Keeton *et al.* 2017).

La végétation dans la zone riveraine peut également servir d'obstacle pour éliminer le bruit et la pollution lumineuse. Le bruit de la circulation routière peut être réduit par une bande de forêt moyennement dense d'une largeur de 5 m (Ow et Ghosh 2017), qui agit de façon similaire aux barrières antibruit artificielles construites dans les zones habitées.

Les simulations fondées sur des modèles de procédés montrent que la filtration et l'infiltration des contaminants et des nutriments excédentaires provenant de l'agriculture dans la zone riveraine dépendent principalement de la végétation, de la pente, de la texture du sol, de l'ampleur de la source de pollution, du type de contaminant et du fait que les contaminants sont attachés aux sédiments (et la taille des sédiments) ou dissous dans l'eau (Dosskey *et al.* 2008). Cela suggère une grande variété de recommandations en matière de largeurs. Par exemple, lorsque les contaminants sont dissous dans l'eau, proviennent d'une source abondante (p. ex. une grande ferme active) et que la plaine inondable est inclinée et constituée principalement d'argile, aucune largeur ne suffirait à éliminer la contamination ou les nutriments excédentaires (Dosskey *et al.* 2008). En revanche, lorsque les contaminants sont fixés à de grandes particules de sédiments, proviennent d'une source faible et que la plaine inondable est plate et constituée de sols fins, alors, une efficacité de 100 % pourrait être atteinte à presque n'importe quelle largeur de zone riveraine.

Une méta-analyse axée sur les terres agricoles en Suède, mais comprenant également des études provenant du Canada et de nombreux autres pays, a révélé que les zones riveraines filtraient les sédiments avec un taux d'efficacité variant de 77 % à 100 % à une largeur de 8,8 m (plage : 3,3 à 18 m, 44 articles), filtraient l'azote avec un taux d'efficacité variant de 75 à 100 % à une largeur de 11 m (plage : 0,7 à 30 m, 28 articles) et filtraient le phosphore avec un taux

d'efficacité de 75 à 98 % à une largeur de 11 m (plage : 4 à 18 m, 22 articles) (Lind *et al.* 2019). La variation de l'efficacité d'une étude à l'autre dépendait dans une large mesure de la pente (Lind *et al.* 2019) et, bien que cela n'ait pas été démontré, elle était aussi fort probablement affectée par les autres conditions environnementales dont dépend la capacité de filtration de la zone riveraine. La courbe de réponse pour l'élimination des sédiments s'est saturée à des largeurs forestières d'environ 30 m dans une méta-analyse des zones tampons boisées d'Europe, des États-Unis et de l'Ontario. Toutefois, la courbe de réponse pour l'élimination du nitrate ne semblait pas se saturer sous des largeurs d'au moins 80 m et dépendait des débits d'écoulement souterrain (Sweeney et Newbold 2014).

Dans de nombreuses régions du Canada, il faut également tenir compte des limites de filtration et d'infiltration en hiver et au printemps lorsque la neige est présente, que les graminées sont aplaties et que le sol est gelé. Par exemple, la plupart des études effectuées dans les paysages dominés par l'agriculture et portant sur la capacité de la végétation de la zone riveraine à réduire les concentrations de phosphore dans les plans d'eau sont menées dans des climats chauds ou tempérés (Kieta *et al.* 2018). Un examen des études menées dans des climats froids a révélé une très large plage d'efficacité (de -36 % à 89 %) en ce qui concerne l'élimination du phosphore dans des zones riveraines, lesquelles variaient de 5 à 50 m et comprenaient principalement des graminées et des arbustes (Kieta *et al.* 2018).

Isolement

Les zones riveraines peuvent isoler le plan d'eau des sources de pollution, des contaminants, des espèces envahissantes et des nutriments excédentaires, ou de l'utilisation humaine (p. ex. pêche, sentiers) et du développement qui peuvent avoir une incidence directe sur les fonctions des poissons et des moules d'eau douce. Plus un plan d'eau est difficile à atteindre, moins il est probable qu'il soit exploité. Par exemple, plus un plan d'eau est éloigné, défini par l'accès routier ou la visibilité, moins la pression de la pêche et la probabilité d'introduction d'espèces envahissantes seront importantes (Drake et Mandrak 2014; Kizuka *et al.* 2014), ce qui laisse entendre que la facilité d'accès augmente l'utilisation.

Sinuosité

Le déplacement d'un cours d'eau à travers sa plaine inondable est un processus naturel. La zone située entre le bord le plus éloigné des méandres d'un cours d'eau sinueux est appelée le « lit des méandres », et la largeur naturelle de ce lit dépendra de la pente de la plaine inondable, de la profondeur du chenal et de la présence de sédiments résistants à l'érosion. Il est peu probable que la pente d'un cours d'eau soit naturelle si elle est supérieure à 10 %, tandis que les pentes inférieures à 4 % permettent la formation de méandres ou les anastomoses (Rosgen 1994). L'imagerie par satellite peut être utilisée pour déterminer si le cours d'eau présente des signes de formation de méandres (p. ex. lacs en croissance, sinuosité ou changements dans l'emplacement du chenal au fil du temps).

Ombrage

L'ombrage fourni par les arbres influe sur la température de l'eau et offre un couvert. La capacité d'une forêt à réguler la température de l'eau dépend de la largeur, de la densité, de la composition, de la longueur et de l'âge de la forêt (Feld *et al.* 2018). Une forêt de 30 m de chaque côté du plan d'eau peut protéger contre les augmentations de température (Sweeney et Newbold 2014; Feld *et al.* 2018) et se révèle le plus efficace pour les cours d'eau de moins de 5 m de largeur (Feld *et al.* 2018). L'étendue de la zone riveraine requise pour préserver les berges sapées dépendra de l'érosion et de la sinuosité (voir ci-dessus).

L'ombrage produit un microclimat unique dans les zones riveraines boisées où les températures et les niveaux d'humidité diffèrent de ceux des zones ouvertes. La température du sol dans les zones riveraines boisées peut être jusqu'à 10 à 15 °C plus basse sous le couvert forestier pendant la journée et jusqu'à 1 à 2 °C plus élevée la nuit, ce qui affecte probablement la température de la surface et des eaux de surface qui pénètrent dans les plans d'eau (*Moore et al.* 2005). De même, on a supposé que le réchauffement des eaux souterraines peu profondes dans les forêts exploitées pourrait entraîner une augmentation des températures dans les cours d'eau.

Apport allochtone

Il existe une compréhension générale de l'importance des apports terrestres pour les poissons et les moules d'eau douce (Richardson et Sato 2015). Les plaines riveraines inondables productives dans lesquelles poussent herbes, arbres et arbustes fournissent des animaux (c.-à-d. insectes, amphibiens et petits mammifères), des couches de feuilles mortes, de la matière organique, du pollen, des fruits et des graines aux réseaux trophiques d'eau douce. En général, les apports allochtones aux cours d'eau sont plus élevés dans les forêts plus anciennes et non exploitées (Richardson et Sato 2015), et l'utilisation des apports terrestres par les poissons augmente lorsque la pollution aquatique est plus élevée (*Kraus et al.* 2016).

Une méta-analyse axée sur les terres agricoles en Suède, mais comprenant des études provenant du Canada et de nombreux autres pays, a permis de déterminer la nécessité d'une forêt d'une largeur de 25 m (de 15 à 33 m, 4 articles) pour les insectes et de 53 m (de 20 à 100 m, 6 articles) pour les amphibiens et les petits mammifères (*Lind et al.* 2019). Les apports d'insectes terrestres sont considérablement plus élevés dans les lacs vierges (*Francis et Schindler* 2009), ce qui suggère que le développement devrait être limité le long des rives des lacs pour maintenir les apports d'insectes. Les transitions entre les composantes de l'écosystème forestier (p. ex. débris ligneux, couches de feuilles mortes, composition de l'humus et chimie du sol) se sont produites à environ 10 à 20 m du bord des cours d'eau dans le sud des Appalaches, ce qui peut indiquer l'étendue de la forêt qui interagit fortement (c.-à-d. fournit des apports allochtones) avec les plans d'eau étudiés (*Clinton et al.* 2010).

Il a été suggéré que les plaines inondables soient protégées sur une largeur d'environ 30 m ou jusqu'à la hauteur des arbres matures pour soutenir le recrutement de bois (*Sweeney et Newbold* 2014). Il existe également des preuves qu'il y a plus de débris ligneux grossiers dans les plans d'eau qui sont entourés de peuplements forestiers plus anciens (*Lind et al.* 2019). Le fait de permettre à une rivière de créer des méandres peut également accroître le recrutement de débris ligneux grossiers dans les cours d'eau.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Résilience aux variations naturelles et aux événements extrêmes

L'objectif de la protection de l'habitat riverain est de s'assurer que celui-ci est suffisamment vaste pour fournir les services écosystémiques (c.-à-d. les processus) à l'habitat aquatique. Cela signifie également le maintien d'une zone riveraine suffisamment grande pour permettre le bon fonctionnement des caractéristiques riveraines et leur résilience aux variations naturelles et aux événements extrêmes. La résilience renvoie à la probabilité qu'un système change s'il est exposé à des pressions et à sa capacité de se rétablir après une perturbation (MPO 2011). Des études à long terme pourraient être nécessaires pour saisir les pertes d'utilité de l'habitat essentiel dans la zone riveraine en raison d'une protection limitée. Cela témoigne de la capacité de toutes les largeurs proposées d'habitat riverain de préserver les paramètres terrestres nécessaires pour soutenir les processus désignés.

Végétation naturelle (potentiel du site)

La fourniture de processus essentiels par l'habitat essentiel riverain dépend de la présence d'une communauté végétale naturelle typique de la zone biogéoclimatique locale. Le caractère naturel désigne dans quelle mesure un système a déjà été modifié, directement ou indirectement, par des activités humaines (MPO 2011). Il est possible qu'une communauté végétale riveraine altérée, comme une pelouse ou un champ cultivé, ne fournisse pas de processus fonctionnels clés comme l'ombrage ou l'apport de débris ligneux grossiers. Il est donc implicite dans la désignation de l'habitat essentiel riverain qu'une communauté végétale naturelle soit présente ou, si celle-ci est absente, qu'elle soit activement ou passivement restaurée en une communauté végétale appropriée. La restauration passive au moyen d'une succession naturelle de plantes peut nécessiter la cessation de toute forme d'utilisation des terres qui empêche la revégétalisation (p. ex. tonte, pâturage, agriculture). La communauté végétale naturelle visée peut être déterminée en considérant l'état potentiel de la végétation du site qui peut varier d'une couverture végétale peu élevée à des arbustes et des arbres, selon les conditions du sol, l'indice d'humidité disponible et le climat locaux. Il est important de rappeler que la végétation potentielle du site est le potentiel futur du site et que les répercussions existantes de l'activité humaine n'influencent pas le résultat. Il convient toutefois de noter que si des infrastructures permanentes (enrochement, bâtiments) sont présentes dans la zone riveraine, il pourrait ne pas être possible de rétablir le fonctionnement biophysique naturel.

Échelle

L'ampleur de l'influence de l'habitat riverain sur l'habitat aquatique dépend de la taille du plan d'eau. Les petits plans d'eau (p. ex. les ruisseaux) peuvent avoir des liens plus solides avec l'habitat riverain que les grands plans d'eau (p. ex. les grands lacs). Toutefois, la réglementation varie souvent en fonction des dimensions du plan d'eau (p. ex. proportion de la largeur du chenal), ce qui réduit la protection – du point de vue de la distance par rapport à la ligne des hautes eaux – pour les plans d'eau plus petits. Cela est attribuable à l'habitat riverain et à l'étendue de l'habitat terrestre qui interagit directement avec l'habitat aquatique dont les dimensions varient selon le plan d'eau (Naiman et Décamps 1997). Toutefois, l'étendue de la zone riveraine qui interagit directement avec le plan d'eau dépend également de la position de ce plan d'eau dans un réseau hydrographique, du régime hydraulique et de la géomorphologie locale (Naiman et Décamps 1997). Ces aspects doivent être pris en compte au moment de définir l'habitat essentiel riverain en fonction de la taille du plan d'eau.

Connectivité

L'habitat essentiel riverain devra généralement être situé des deux côtés du cours d'eau adjacent aux caractéristiques aquatiques de l'habitat essentiel que les processus riverains soutiennent. Toutefois, l'habitat riverain en amont de l'habitat aquatique essentiel désigné (y compris les tronçons où ne vit aucun poisson) peut également être désigné si les caractéristiques de l'habitat riverain en amont sont nécessaires pour maintenir les caractéristiques de l'habitat aquatique en aval. Cela peut se produire, par exemple, lorsque l'absence d'habitat riverain en amont entraîne une diminution de la stabilité des berges et des apports de sédiments ou de nutriments excessifs qui ont un effet négatif sur l'habitat essentiel aquatique en aval ou lorsque l'absence d'ombrage affecte la qualité de l'eau en aval (p. ex. température, oxygène dissous) ou contribue à l'érection d'une barrière de qualité de l'eau entre les caractéristiques de l'habitat essentiel aquatique. L'étendue appropriée de l'habitat essentiel riverain en amont d'un site dépendra du processus que cet habitat soutient, du contexte local et des besoins en matière d'habitat de l'espèce inscrite. Par exemple, le programme de

rétablissement de la lamproie de Vancouver (*Entosphenus macrostomus*) a désigné 100 m d'habitat riverain en amont sur des cours d'eau de frai abrupts afin de maintenir la stabilité des berges au-dessus des aires de frai de la lamproie (MacConnachie et Wade 2016), mais les étendues appropriées en amont pourraient être beaucoup plus longues aux fins de régulation de la température (p. ex. 2,5 km en amont); (Barton *et al.* 1985; Cross *et al.* 2013).

Zones sèches

La performance de la zone riveraine dépend souvent de l'état et de l'utilisation des zones sèches. Bien que les conseils scientifiques fournis dans le présent document portent sur l'habitat essentiel associé à la zone riveraine, il est important de noter que la désignation de l'habitat essentiel riverain n'atténuera pas les menaces pour les zones sèches. Certaines zones sèches peuvent aussi avoir une importance disproportionnée pour la préservation des caractéristiques de l'habitat essentiel aquatique et doivent donc être protégées. Par exemple, la source d'eau géothermique de la physse de Liard Hot Springs (*Physella wright*) est située loin de ce qui pourrait être considéré comme la zone riveraine (Heron 2007). Une fois repéré, l'emplacement de la source peut justifier la désignation d'habitat essentiel pour empêcher les activités de forage d'interrompre l'alimentation en eau de la source thermale. De même, des zones sèches (non riveraines) distinctes peuvent être essentielles à l'alimentation des eaux souterraines ou au débit de base des cours d'eau pendant les périodes prolongées d'étiage. En outre, la désignation de l'habitat essentiel dans la zone riveraine ou même dans les zones sèches n'est pas un substitut à la gestion adéquate de l'utilisation des terres à plus grande échelle.

Espèces hôte

En vertu des lignes directrices actuelles de la LEP, la disponibilité d'une espèce hôte est considérée comme une caractéristique de l'habitat essentiel lorsque cela est nécessaire à la survie, au rétablissement et à la résilience d'une espèce inscrite sur la liste de la LEP. La LEP ne considère toutefois pas l'habitat qui soutient l'hôte comme un habitat essentiel. Les activités qui se déroulent à l'extérieur de l'habitat essentiel désigné et qui réduisent la disponibilité des hôtes à l'intérieur de cet habitat peuvent être considérées comme des activités susceptibles de détruire l'habitat essentiel. Il est possible qu'il ne s'agisse que d'un site de passage; nous estimons que l'inclusion de l'habitat de l'espèce hôte à l'habitat essentiel devrait être envisagée au cas par cas. Si la disponibilité d'une espèce hôte limite la survie ou le rétablissement d'une espèce inscrite, l'habitat de l'espèce hôte peut également devoir être considéré comme un habitat essentiel.

Incertitudes

Les conseils susmentionnés comportent des incertitudes inhérentes. Les méta-analyses peuvent fournir des recommandations plus précises en matière de largeur comparativement aux études individuelles et à un examen de l'hétérogénéité que de nombreuses études individuelles ne sont pas en mesure de fournir. Toutefois, même les méta-analyses qui ne sont pas capables de saisir la variété des climats rencontrés au Canada, ont tendance à avoir une portée limitée à un certain type d'utilisation des terres (p. ex. l'agriculture) et, en raison de leurs exigences d'inclusion, peuvent être limitées aux études à court terme. Bon nombre des examens et des méta-analyses mentionnés ci-dessus ont été effectués dans des zones agricoles; pour cette raison, on y retrouvait plus d'informations sur l'érosion, la filtration et l'infiltration que sur l'isolement, la sinuosité, l'ombrage ou l'apport allochtone.

Autres ressources

Au moment de définir la zone géographique à protéger, des ressources supplémentaires peuvent être nécessaires pour déterminer la pente, les sédiments et la couverture terrestre dans la zone occupée par l'espèce inscrite. De plus, il est important de tenir compte des lignes directrices provinciales sur la protection des zones riveraines autour des plans d'eau.

Données sur les pentes

Les renseignements du SIG peuvent être téléchargés ou demandés à partir des bases de données suivantes :

[Ressources naturelles Canada – Information topographique](#)

[Gouvernement du Canada – Extraction de données géospatiales](#)

Données sur le sol

Les renseignements du SIG peuvent être téléchargés ou demandés à partir des bases de données suivantes :

[Système d'information sur les sols du Canada](#)

[Gouvernement du Canada – Gouvernement Ouvert – Levés pédologiques détaillés.](#)

[Gouvernement du Canada – Gouvernement Ouvert – Sols du Canada, produit dérivé](#)

[Ressources naturelles Canada – Publications du Service canadien des forêts : Digital mapping of soil properties in Canadian managed forests at 250 m of resolution using the k-nearest neighbor method.](#)

Données sur la couverture terrestre

Les renseignements du SIG peuvent être téléchargés ou demandés à partir de la base de données suivante :

[Gouvernement du Canada – Gouvernement Ouvert – Couverture des terres du Canada 2015](#)

Lignes directrices provinciales

Au moment de désigner l'habitat essentiel des espèces visées par la LEP, les biologistes et les gestionnaires collaborent avec les provinces où se trouvent les populations. Les provinces conservent leurs propres règlements sur l'habitat riverain destinés à la protection des plans d'eau dans le contexte d'usages des terres. Nous avons examiné les règlements provinciaux, les lignes directrices et les documents sur les pratiques exemplaires existants, et nous avons dressé une liste de ces documents afin de montrer les différences à l'échelle du pays (annexe 2). Le programme de la LEP est tenu de consulter les provinces respectives au sujet de la désignation de l'habitat essentiel et travaille souvent en étroite collaboration avec les organismes de réglementation provinciaux pour établir des zones protégées en utilisant les règlements provinciaux actuels.

ÉTUDES DE CAS

Toutes les espèces ne seront pas également touchées par la zone riveraine. Par exemple, les espèces qui ne sont pas sensibles à la qualité de l'eau, qui préfèrent les eaux chaudes et troubles et qui vivent dans la zone pélagique d'un grand lac nécessitent probablement un habitat essentiel moins riverain. Étant donné que les exigences en matière d'habitat diffèrent selon les espèces et les écosystèmes, la délimitation de l'habitat essentiel riverain doit être propre à l'espèce et au site et est évaluée plus efficacement par les experts de chaque espèce en se fondant sur la biologie de celle-ci et sur la connaissance de la géomorphologie locale.

Dans ce dernier chapitre, nous présentons cinq études de cas utilisant la mulette feuille-d'érable (*Quadrula*), le méné long (*Clinostomus elongatus*), le meunier de Salish (*Catostomus sp.*), le cisco de printemps (*Coregonus sp.*) et la truite fardée versant de l'ouest (*Oncorhynchus clarkii lewisi*) pour illustrer l'utilisation des directives formulées dans le présent rapport. Ces études de cas ne doivent en aucun cas remplacer la désignation actuelle d'habitat essentiel.

MULETTE FEUILLE D'ÉRABLE

On retrouve la mulette feuille-d'érable, une moule d'eau douce, dans les eaux canadiennes de certaines régions du Manitoba et de l'Ontario; cette espèce est séparée en deux unités désignables (UD) : l'UD des Grands Lacs – haut Saint-Laurent en Ontario et l'UD de Saskatchewan – fleuve Nelson au Manitoba. En 2016, l'UD des Grands Lacs – haut Saint-Laurent est passée du statut d'espèce menacée à celui d'espèce préoccupante, et l'UD de Saskatchewan – fleuve Nelson est passée du statut d'espèce en voie de disparition à celui d'espèce menacée (Pêches et Océans Canada 2018b). La mulette feuille-d'érable nécessite une espèce hôte, la barbue de rivière (*Ictalurus punctatus*), à l'étape de la reproduction et du développement.

La mulette feuille-d'érable requière des milieux humides et des rapides situés dans des cours d'eau de moyenne à grande taille dont le débit est lent à rapide et sur des substrats de gravier grossier, de gravier fin, de sable, de mélanges de boue et d'argile et/ou de boue. Parmi les paramètres de qualité de l'eau nécessaires à la survie, on retrouve de faibles concentrations de contaminants, des niveaux d'oxygène dissous supérieurs à 4 mg l⁻¹ et des températures de l'eau comprises entre 0 et 27 °C (tableau 5). Les sources de nourriture des adultes et des juvéniles doivent comprendre un apport en plancton, y compris en débris organiques et en protozoaires (Pêches et Océans Canada 2018b).

L'espèce hôte, la barbue de rivière, requière un habitat semblable à celui de la mulette feuille-d'érable, qui vit généralement dans des cours d'eau dont le débit est modéré à rapide et dont le fond est recouvert de gravier, de sable ou de boue. La barbue de rivière passe la plus grande partie de son temps dans des trous ou des endroits recouverts comme sous des roches, des troncs d'arbres submergés ou des berges sapées. Les mâles utilisent ces zones pour aménager un nid qu'ils défendent pendant la période de frai. Les insectes terrestres et la végétation sont souvent des sources de nourriture pour la barbue de rivière et les espèces de poissons dont celle-ci se nourrit. La barbue de rivière est abondante et largement répandue. Par conséquent, sa disponibilité ne devrait pas être limitée à celle de la mulette feuille-d'érable.

Pour la mulette feuille-d'érable, les processus requis pour soutenir les caractéristiques essentielles de l'habitat comprennent l'érosion, la filtration, l'apport allochtone, l'infiltration, l'écoulement des eaux souterraines et la sinuosité (tableau 1). Pour appuyer ces processus, l'habitat essentiel doit inclure l'habitat riverain qui comprend la plaine inondable, le lit des méandres, la berge et les zones d'alimentation adjacentes à l'habitat essentiel aquatique (tableau 3). En outre, les berges, les plages et les plaines inondables adjacentes à l'habitat en

amont peuvent devoir être protégées afin de préserver la qualité et le débit d'eau de l'habitat essentiel aquatique.

Tableau 3 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain de la mulette feuille-d'érable.

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Caractéristiques riveraines
Source de nourriture	végétation aquatique, feuilles mortes	filtration, apport allochtone	berge, plaine inondable
Rapides	débit et niveau, sédiments grossiers, qualité de l'eau*	érosion, infiltration, sinuosité, apport allochtone	berge, plaine inondable, lit des méandres
Habitat en amont	débit et niveau, qualité de l'eau*	sinuosité, infiltration	plaine inondable, lit des méandres
Milieux humides	végétation aquatique, débit et niveau, qualité de l'eau*	érosion, filtration, infiltration, apport allochtone	berge, plaine inondable, lit des méandres, zone de remontée des eaux souterraines
Paramètres de la qualité de l'eau*			
	contaminants, oxygène dissous, nutriments, pH, température	érosion, filtration, infiltration, isolement, apport allochtone	berge, plaine inondable

MÉNÉ LONG

Le méné long a besoin de fosses, de radiers et de zones de remontée d'eau comme éléments d'habitat essentiel pour soutenir les fonctions nécessaires à la survie de l'espèce (MPO 2019). Le maintien de ces caractéristiques de l'habitat essentiel nécessite l'érosion, l'infiltration, la sinuosité, l'ombrage et l'apport allochtone (tableau 1). De plus, le méné long présente des exigences spécifiques en ce qui concerne les paramètres de la qualité de l'eau, notamment une eau claire, une température inférieure à 24 °C ainsi qu'un niveau d'oxygène dissous supérieur à 7 mg l⁻¹ (MPO 2019). Pour conserver ces paramètres de qualité de l'eau, un procédé de filtration supplémentaire est requis (tableau 1).

On retrouve le méné long dans les cours d'eau sujets au processus de formation de méandres. Selon les données empiriques actuelles, pour permettre la sinuosité, la largeur du lit des méandres devrait être considérée comme un habitat essentiel (tableau 4). Au-delà du lit des méandres, la pente, les sédiments et la végétation dans la plaine inondable restante détermineront l'étendue des caractéristiques riveraines à considérer comme un habitat essentiel. Les éléments qui retiennent l'eau et permettent l'infiltration (p. ex. végétation dense, milieux humides) dans la zone d'alimentation des eaux souterraines doivent être considérés comme des habitats essentiels pour maintenir les zones de remontée d'eau. La berge, la plage, la plaine inondable et le lit de méandres en amont de l'habitat essentiel aquatique peuvent également être considérés comme un habitat essentiel pour protéger la qualité de l'eau et le débit de l'habitat essentiel aquatique. Enfin, la plaine inondable et le lit de méandres adjacents aux corridors de migration et de mouvement reliant l'habitat essentiel aquatique pourraient avoir besoin de protection pour assurer la qualité et l'écoulement de l'eau.

Tableau 4 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain du méné long.

Caractéristiques aquatiques	Attributs aquatiques	Processus	Caractéristiques riveraines
Zones de remontée des eaux	écoulement des eaux souterraines, qualité de l'eau*	infiltration	plaine inondable, zone de remontée des eaux souterraines
Couvert	débris ligneux grossiers, végétation riveraine excessive, berges sapées, qualité de l'eau*	érosion, sinuosité, ombrage, apport allochtone	berge, plaine inondable
Source de nourriture	insectes terrestres	apport allochtone	plaine inondable
Corridors de mouvement/migration	débit et niveau, qualité de l'eau*	infiltration, sinuosité	plaine inondable, lit des méandres
Fosses	débit et niveau, débris ligneux grossiers, qualité de l'eau*	infiltration, sinuosité, apport allochtone	plaine inondable, lit des méandres

Caractéristiques aquatiques	Attributs aquatiques	Processus	Caractéristiques riveraines
Radiers	sédiment grossier exposé, débit et niveau, débris ligneux grossier, qualité de l'eau*	érosion, infiltration, sinuosité, apport allochtone	plaine inondable, lit des méandres
Habitat en amont	débit et niveau, qualité de l'eau*	filtration, infiltration	plaine inondable
Milieus humides	débit et niveau, qualité de l'eau*	infiltration	plaine inondable, zones de remontée des eaux souterraines
Paramètres de la qualité de l'eau*			
	oxygène dissous, température, turbidité	érosion, infiltration, sinuosité, ombrage	berge, plage, plaine inondable, lit des méandres

MEUNIER DE SALISH

Le meunier de Salish Sucker (*Catostomus* sp.) est un petit poisson d'eau douce qu'on retrouve dans les cours d'eau sinueux en amont, les fondrières, les marais et les étangs de castor à faible altitude dans onze bassins versants de la vallée du Fraser entre Surrey et Chilliwack, dans le sud de la Colombie-Britannique (MPO 2019). Le meunier de Salish a besoin d'un mélange de rapides, de plats lenticulaires et de bassins profonds et peu profonds comme habitat pour soutenir toutes les étapes de sa vie. La connectivité de ces habitats aquatiques est importante, car le poisson utilise différents types d'habitats à différents stades biologiques. L'habitat trouble où la profondeur de l'eau est supérieure à 70 cm est utilisé pour le frai, et les populations qui n'ont pas d'habitat trouble près de leur marais ou de leur étang parcourent de longues distances afin de trouver un habitat trouble convenable pour le frai. Les bassins peu profonds et les plats sont utilisés comme aire d'alevinage par les jeunes meuniers de Salish de l'année, tandis que les juvéniles et les adultes se trouvent le plus souvent dans un habitat en bassin profond (profondeur de plus de 70 cm). Des niveaux d'oxygène dissous adéquats ($\geq 4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), des températures d'eau entre 6 et 23 °C et de faibles niveaux de sédiments, de nutriments et de toxines sont nécessaires dans tous les habitats aquatiques essentiels pour assurer la survie du meunier de Salish.

L'habitat riverain a été désigné comme habitat essentiel pour le meunier de Salish dans le programme de rétablissement (MPO 2019); plus particulièrement, il s'agit d'une bande continue de végétation indigène sur toute la longueur de l'habitat essentiel aquatique. Les sept processus fournis par l'habitat riverain sont requis pour le meunier de Salish. Les processus d'érosion, d'infiltration, de filtration et d'isolement protègent les paramètres de la qualité de l'eau contre le ruissellement agricole et la sédimentation provenant de l'aménagement de terrains résidentiels; l'apport allochtone fournit des débris ligneux grossiers pour la formation des fosses

et est une source majeure d'insectes terrestres, qui est une source alimentaire importante de poissons adultes, juvéniles et jeunes de l'année; l'ombrage fournit un couvert et le contrôle de la température; et la sinuosité assure un apport en débris ligneux grossiers et la formation de couvert et de fosses (tableau 5).

Tableau 5 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain du meunier de Salish.

Caractéristiques aquatiques	Paramètres aquatiques	Processus	Caractéristiques riveraines
Fosse	débit et niveau, débris ligneux grossiers, qualité de l'eau*	infiltration, sinuosité, apport allochtone	plaine inondable, lit des méandres
Rapides	sédiment grossier exposé, débit et niveau, débris ligneux grossier, qualité de l'eau*	érosion, infiltration, sinuosité, apport allochtone	berge, plage, plaine inondable, lits des méandres
Plats	débit, qualité de l'eau*	infiltration, sinuosité	plaine inondable, lit des méandres
Couvert	végétation aquatique, espaces interstitiels, débit et niveau, débris ligneux grossiers, petits débris ligneux, qualité de l'eau*	érosion, filtration, infiltration, sinuosité, recrutement, ombrage, apport allochtone	plaine inondable, berge, lit des méandres, plage,
Source de nourriture	proie terrestre, insectes aquatiques	apport allochtone	berge, plage, plaine inondable
Corridors de migration/déplacement	indices sensoriels, débit et niveau, qualité de l'eau*	filtration, infiltration, apport allochtone	plaine inondable
Environnement photique	turbidité, ombrage	érosion, filtration, ombrage	berge, plage, plaine inondable
Habitat en amont	débit et niveau, qualité de l'eau*	filtration, infiltration	plaine inondable
Paramètres de la qualité de l'eau*			
	contaminants, oxygène dissous, nutriments, température	érosion, filtration, infiltration, isolement, ombrage, apport allochtone	berge, plage, plaine inondable, zone d'alimentation des eaux souterraines

CISCO DE PRINTEMPS

Le cisco de printemps est endémique dans le lac des Écorces, au Québec et, par conséquent, tout le lac a été considéré comme un habitat essentiel pour cette espèce (MPO, 2014). Le cisco de printemps nécessite une eau fraîche et bien oxygénée, surtout pendant le frai (c.-à-d. < 6 °C), et semble effectuer des migrations verticales dans les zones plus profondes du lac pour réguler sa température (MPO, 2010). Au lac des Écorces, on a observé de l'érosion menant à la sédimentation de l'habitat lacustre benthique (MPO, 2010). L'élimination de la végétation riveraine par les résidents et la contamination provenant des eaux usées et du ruissellement

d'origine agricole ont été désignées comme les principales menaces pour le cisco de printemps (MPO, 2010).

La préservation de la qualité de l'habitat benthique est essentielle à la survie du cisco de printemps. (DFO 2010). Pour empêcher l'érosion des caractéristiques riveraines, une protection supplémentaire peut être requise selon la pente et les sédiments (tableau 6). Selon la [carte topographique](#), des changements d'élévation de 60 m peuvent se produire à aussi peu que 100 m du rivage, ce qui suggère que certaines zones autour du lac auront des pentes très abruptes et que la protection devrait s'étendre jusqu'au bord des zones sèches de la plaine inondable dans ces zones. L'ombrage des arbres situés à 30 m de la ligne des hautes eaux peut être considéré comme une caractéristique de l'habitat essentiel, mais il est possible que les effets de l'ombrage ne contribuent pas de façon significative à la température d'un lac de cette taille. De plus, les zones riveraines adjacentes aux affluents du lac (c.-à-d. habitat en amont) qui ne sont pas actuellement considérées comme des habitats aquatiques essentiels pour le cisco de printemps peuvent aussi être considérées comme des habitats riverains essentiels.

Tableau 6 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain du cisco de printemps.

Caractéristiques aquatiques	Attributs aquatiques	Processus	Caractéristiques riveraines
Habitat benthique lacustre	sédiment, qualité de l'eau*	érosion	berge, plage, plaine inondable
Habitat en amont	débit, qualité de l'eau*	infiltration	plaine inondable
Attributs de la qualité de l'eau*			
	oxygène dissous	érosion, filtration	berge, plage, plaine inondable
	température	ombrage, infiltration	plaine inondable
	contaminants	érosion, filtration, infiltration, isolement	berge, plage, plaine inondable
	nutriments (P, N, C, Ca)	érosion, filtration, infiltration, apport allochtone	berge, plage, plaine inondable

TRUITE FARDÉE VERSANT DE L'OUEST

La truite fardée versant de l'ouest nécessite une multitude de caractéristiques d'habitat aquatique, notamment des segments de cours d'eau comprenant des caractéristiques de radiers, de rapides, de fosses et d'eaux dormantes pour les populations qui résident dans les cours d'eau, et les lacs pour les populations adfluviales (COSEPAC, 2016). Le maintien de ces caractéristiques de l'habitat aquatique nécessite l'érosion, l'infiltration, la sinuosité, l'ombrage et l'apport allochtone (tableau 1). De plus, la truite fardée du versant de l'ouest a des exigences

particulières en ce qui concerne les attributs de la qualité de l'eau, notamment une eau claire, froide et aérée (Pêches et Océans Canada, 2019e). Pour conserver ces attributs de qualité de l'eau, un procédé de filtration supplémentaire est requis (tableau 1).

On retrouve la truite fardée du versant de l'ouest dans les cours d'eau d'amont qui sont soumis à des processus de sinuosité certes moindres que c'est le cas pour le méné long, mais les cours d'eau connaissent tout de même une sinuosité. Par conséquent, compte tenu des preuves scientifiques, cela suggère que la largeur du lit des méandres devrait être considérée comme un habitat essentiel (tableau 7). En raison de l'habitat montagnoux de la truite fardée du versant de l'ouest, la pente dans la plaine inondable restant déterminera l'étendue des caractéristiques riveraines à considérer comme un habitat essentiel, les sédiments et la végétation jouant des rôles moindres. Lorsque la pente est supérieure à 8 %, toute la plaine inondable jusqu'au bord de la zone sèche devra être protégée pour limiter l'érosion. Les éléments qui retiennent l'eau et permettent l'infiltration (p. ex. végétation dense, milieux humides) dans la zone d'alimentation des eaux souterraines doivent être considérés comme des habitats essentiels pour maintenir les zones de remontée d'eau. De plus, les caractéristiques riveraines adjacentes à l'habitat en amont de l'habitat essentiel aquatique peuvent être considérées comme un habitat essentiel pour protéger la qualité, le niveau et le débit de l'eau. Enfin, l'habitat riverain adjacent aux corridors de migration et de déplacement reliant l'habitat essentiel aquatique pourrait avoir besoin de protection pour assurer la qualité et l'écoulement de l'eau.

Tableau 7 : Directives pour la désignation de l'habitat essentiel riverain de la truite fardée du versant de l'ouest.

Caractéristiques aquatiques	Attributs aquatiques	Processus	Caractéristiques riveraines
Zones de remontée des eaux	écoulement des eaux souterraines, qualité de l'eau*	infiltration	plaine inondable, zone d'alimentation des eaux souterraines
Eaux dormantes	structure, qualité de l'eau*	érosion, sinuosité	berge, plaine inondable, lit des méandres
Couvert	débris ligneux grossiers, berges sapées, végétation riveraine en surplomb, qualité de l'eau*	érosion, sinuosité, ombrage, apport allochtone	plaine inondable, lit des méandres
Source de nourriture	insectes terrestres	apport allochtone	plaine inondable
Corridors de migration/de déplacement	débit et niveau, qualité de l'eau*	infiltration	plaine inondable

Caractéristiques aquatiques	Attributs aquatiques	Processus	Caractéristiques riveraines
Fosses	débit et niveau, débris ligneux grossiers, qualité de l'eau*	infiltration, sinuosité, apport allochtone	plaine inondable, lit des méandres
Radiers	sédiment grossier exposé, débit et niveau, débris ligneux grossier, qualité de l'eau*	érosion, sinuosité, apport allochtone	berge, plaine inondable, lit des méandres
Habitat en amont	débit et niveau, qualité de l'eau*	infiltration, sinuosité	plaine inondable, lit des méandres
Attributs de la qualité de l'eau*			
	oxygène dissous, température, turbidité	érosion, filtration, infiltration, écoulement des eaux souterraines, sinuosité, ombrage	berge, plaine inondable, zone d'alimentation des eaux souterraines, lit des méandres

RÉFÉRENCES CITÉES

- Albertson, L.K., Ouellet, V., and Daniels, M.D. 2018. Impacts of stream riparian buffer land use on water temperature and food availability for fish. *J. Freshw. Ecol.* **33**(1): 195–210. doi:10.1080/02705060.2017.1422558.
- Barton, D.R., Taylor, W.D., and Biette, R.M. 1985. Dimensions of riparian buffer strips required to maintain trout habitat in southern Ontario streams. **5**: 365–378.
- Biron, P.M., Buffin-Bélanger, T., and Massé, S. 2018. The need for river management and stream restoration practices to integrate hydrogeomorphology: Stream restoration and hydrogeomorphology. *Can. Geogr. Géographe Can.* **62**(2): 288–295. doi:10.1111/cag.12407.
- Blanco, H., and Lal, R. 2010. Principles of soil conservation and management. Springer, Dordrecht.
- Brett, M.T., Bunn, S.E., Chandra, S., Galloway, A.W.E., Guo, F., Kainz, M.J., Kankaala, P., Lau, D.C.P., Moulton, T.P., Power, M.E., Rasmussen, J.B., Taipale, S.J., Thorp, J.H., and Wehr, J.D. 2017. How important are terrestrial organic carbon inputs for secondary production in freshwater ecosystems? *Freshw. Biol.* **62**(5): 833–853. doi:10.1111/fwb.12909.
- Broadmeadow, S., and Nisbet, T.R. 2004. The effects of riparian forest management on the freshwater environment: a literature review of best management practice. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **8**(3): 286–305. doi:10.5194/hess-8-286-2004.
- Callander, R.A. 1978. River meandering. *Annu. Rev. Fluid Mech.* **10**: 129–158. doi:10.1146/annurev.fl.10.010178.001021.
- Cheng, L., and Yong-ming, S. 2008. Flow structure and sediment transport with impacts of aquatic vegetation. *J. Hydrodyn.* **20**(4): 461–468. doi:10.1016/S1001-6058(08)60081-5.
- Chu, C., Jones, N.E., Mandrak, N.E., Piggott, A.R., and Minns, C.K. 2008. The influence of air temperature, groundwater discharge, and climate change on the thermal diversity of stream fishes in southern Ontario watersheds. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **65**(2): 297–308. doi:10.1139/F08-007.
- Clinton, B.D., Vose, J.M., Knoepp, J.D., Elliott, K.J., Reynolds, B.C., and Zarnoch, S.J. 2010. Can structural and functional characteristics be used to identify riparian zone width in southern Appalachian headwater catchments? *Can. J. For. Res.* **40**(2): 235–253. doi:10.1139/X09-182.
- Collaboration for Environmental Evidence. 2018. Guidelines and standards for evidence synthesis in environmental management. Version 5.0. Available from www.environmentalevidence.org/information-for-authors.
- Crane, J.L. 2017. Ambient sediment quality conditions in Minnesota lakes, USA: Effects of watershed parameters and aquatic health implications. *Sci. Total Environ.* **607**: 1320–1338. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.05.241.
- Crook, D.A., Lowe, W.H., Allendorf, F.W., Eros, T., Finn, D.S., Gillanders, B.M., Hadweng, W.L., Harrod, C., Hermoso, V., Jennings, S., Kilada, R.W., Nagelkerken, I., Hansen, M.M., Page, T.J., Riginos, C., Fry, B., and Hughes, J.M. 2015. Human effects on ecological connectivity in aquatic ecosystems: Integrating scientific approaches to support

-
- management and mitigation. *Sci. Total Environ.* **534**: 52–64.
doi:10.1016/j.scitotenv.2015.04.034.
- Crook, D.A., and Robertson, A.I. 1999. Relationships between riverine fish and woody debris: implications for lowland rivers. *Mar. Freshw. Res.* **50**: 941–953. doi:10.1071/MF99072.
- Cross, B.K., Bozek, M.A., and Mitro, M.G. 2013. Influences of Riparian Vegetation on Trout Stream Temperatures in Central Wisconsin. *N. Am. J. Fish. Manag.* **33**(4): 682–692. doi:10.1080/02755947.2013.785989.
- Crossman, J., Futter, M.N., Elliott, J.A., Whitehead, P.G., Jin, L., and Dillon, P.J. 2019. Optimizing land management strategies for maximum improvements in lake dissolved oxygen concentrations. *Sci. Total Environ.* **652**: 382–397.
doi:10.1016/j.scitotenv.2018.10.160.
- Davidson, S.L., and Eaton, B.C. 2013. Modeling channel morphodynamic response to variations in large wood: Implications for stream rehabilitation in degraded watersheds. *Geomorphology* **202**(SI): 59–73. doi:10.1016/j.geomorph.2012.10.005.
- Dosskey, M.G., Helmers, M.J., and Eisenhauer, D.E. 2008. A design aid for determining width of filter strips. *J. Soil Water Conserv.* **63**(4): 232–241. doi:10.2489/jswc.63.4.232.
- Drake, D.A.R., and Mandrak, N.E. 2014. Bycatch, bait, anglers, and roads: Quantifying vector activity and propagule introduction risk across lake ecosystems. *Ecol. Appl.* **24**(4): 877–894. doi:10.1890/13-0541.1.
- ECCC. 2017. [Rapport annuel de 2017 sur la Loi sur les espèces en péril. Environnement et Changement climatique Canada.](#)
- Enefalk, A., and Bergman, E. 2016. Effect of fine wood on juvenile Brown Trout behaviour in experimental stream channels. *Ecol. Freshw. Fish* **25**(4): 664–673.
doi:10.1111/eff.12244.
- Faber-Langendoen, D., Keeler-Wolf, T., Meidinger, D., Josse, C., Tart, D., Navarro, G., Hoagland, B., Ponomarenko, S., Saucier, J.-P., Fults, G., and Helmer, E. 2012. Classification and description of world formation types. Part II (Description of formation types). Hierarchy Revisions Working Group, Federal Geographic Data Committee, FGDC Secretariat, U.S. Geological Survey. Reston, VA, and NatureServe, Arlington, VA.
- Feld, C.K., Birk, S., Bradley, D.C., Hering, D., Kail, J., Marzin, A., Melcher, A., Nemitz, D., Pedersen, M.L., Pletterbauer, F., Pont, D., Verdonschot, P.F.M., and Friberg, N. 2011. From natural to degraded rivers and back again: A test of restoration ecology theory and practice. *In Advances in Ecological Research. Edited by Woodward, G.* pp. 119–209.
- Feld, C.K., Fernandes, M.R., Ferreira, M.T., Hering, D., Ormerod, S.J., Venohr, M., and Gutiérrez-Cánovas, C. 2018. Evaluating riparian solutions to multiple stressor problems in river ecosystems - A conceptual study. *Water Res.* **139**: 381–394.
doi:10.1016/j.watres.2018.04.014.
- Florsheim, J.L., Mount, J.F., and Chin, A. 2008. Bank erosion as a desirable attribute of rivers. *BioScience* **58**(6): 519–529. doi:10.1641/B580608.
- Foster, J.G., Algera, D.A., Brownscombe, J.W., Zolderdo, A.J., and Cooke, S.J. 2016. Consequences of different types of littoral zone light pollution on the parental care behaviour of a freshwater teleost fish. *Water, Air, Soil Pollut.* **227**: 404.
doi:10.1007/s11270-016-3106-6.
-

-
- Fox, G.A., Purvis, R.A., and Penn, C.J. 2016. Streambanks: A net source of sediment and phosphorus to streams and rivers. *J. Environ. Manage.* **181**: 602–614. doi:10.1016/j.jenvman.2016.06.071.
- Francis, T.B., and Schindler, D.E. 2009. Shoreline urbanization reduces terrestrial insect subsidies to fishes in North American lakes. *Oikos* **118**(12): 1872–1882. doi:10.1111/j.1600-0706.2009.17723.x.
- Gene, S.M., Hoekstra, P.F., Hannam, C., White, M., Truman, C., Hanson, M.L., and Prosser, R.S. 2019. The role of vegetated buffers in agriculture and their regulation across Canada and the United States. *J. Environ. Manage.* **243**: 12–21. doi:10.1016/j.jenvman.2019.05.003.
- Government of British Columbia. 2019. Riparian areas protection regulation. Available from <http://canlii.ca/t/53pnx>.
- Harabis, F. 2017. Does the management of surrounding terrestrial habitats increase the tendency of odonates to leave aquatic habitats? *Biodivers. Conserv.* **26**(9): 2155–2167. doi:10.1007/s10531-017-1350-8.
- Henning, J.A., Gresswell, R.E., and Fleming, I.A. 2006. Juvenile salmonid use of freshwater emergent wetlands in the floodplain and its implications for conservation management. *North Am. J. Fish. Manag.* **26**(2): 367–376. doi:10.1577/M05-057.1.
- Henning, J.A., Gresswell, R.E., and Fleming, I.A. 2007. Use of seasonal freshwater wetlands by fishes in a temperate river floodplain. *J. Fish Biol.* **71**(2): 476–492. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01503.x.
- Herb, W.R., Janke, B., Mohseni, O., and Stefan, H.G. 2008. Thermal pollution of streams by runoff from paved surfaces. *Hydrol. Process.* **22**(7): 987–999. doi:10.1002/hyp.6986.
- Heron, J. 2007. Recovery Strategy for the Hotwater Physa (*Physella wrighti*) in Canada. Fisheries and Oceans Canada, Ottawa.
- Hruška, J., Laudon, H., Johnson, C.E., Köhler, S., and Bishop, K. 2001. Acid/base character of organic acids in a boreal stream during snowmelt. *Water Resour. Res.* **37**(4): 1043–1056. doi:10.1029/2000WR900290.
- Jones, J.I., Collins, A.L., Naden, P.S., and Sear, D.A. 2012. The relationship between fine sediment and macrophytes in rivers. *Riv. Res. Appl.* **28**(7): 1006–1018. doi:10.1002/rra.1486.
- Karlsson, J., Bystrom, P., Ask, J., Ask, P., Persson, L., and Jansson, M. 2009. Light limitation of nutrient-poor lake ecosystems. *Nature* **460**: 506–509. doi:10.1038/nature08179.
- Keeton, W.S., Copeland, E.M., Sullivan, S.M.P., and Watzin, M.C. 2017. Riparian forest structure and stream geomorphic condition: implications for flood resilience. *Can. J. For. Res.* **47**(4): 476–487. doi:10.1139/cjfr-2016-0327.
- Kieta, K.A., Owens, P.N., Lobb, D.A., Vanrobbaeys, J.A., and Flaten, D.N. 2018. Phosphorus dynamics in vegetated buffer strips in cold climates: a review. *Environ. Rev.* **26**(3): 255–272. doi:10.1139/er-2017-0077.
- Kizuka, T., Akasaka, M., Kadoya, T., and Takamura, N. 2014. Visibility from roads predict the distribution of invasive fishes in agricultural ponds. *PloS One* **9**(6). doi:10.1371/journal.pone.0099709.
-

-
- Kraus, J.M., Pomeranz, J.F., Todd, A.S., Walters, D.M., Schmidt, T.S., and Wanty, R.B. 2016. Aquatic pollution increases use of terrestrial prey subsidies by stream fish. *J. Appl. Ecol.* **53**(1): 44–53. doi:10.1111/1365-2664.12543.
- Lee, P., Smyth, C., and Boutin, S. 2004. Quantitative review of riparian buffer width guidelines from Canada and the United States. *J. Environ. Manage.* **70**(2): 165–180. doi:10.1016/j.jenvman.2003.11.009.
- Lehane, B., Giller, P., O'halloran, J., Smith, C., and Murphy, J. 2002. Experimental provision of large woody debris in streams as a trout management technique. *Aquat. Conserv.-Mar. Freshw. Ecosyst.* **12**(3): 289–311. doi:10.1002/aqc.516.
- Lind, L., Hasselquist, E.M., and Laudon, H. 2019. Towards ecologically functional riparian zones: A meta-analysis to develop guidelines for protecting ecosystem functions and biodiversity in agricultural landscapes. *J. Environ. Manage.* **249**: 109391. doi:10.1016/j.jenvman.2019.109391.
- Logez, M., Roy, R., Tissot, L., and Argillier, C. 2016. Effects of water-level fluctuations on the environmental characteristics and fish-environment relationships in the littoral zone of a reservoir. *Fundam. Appl. Limnol.* **189**(1): 37–49. doi:10.1127/fal/2016/0963.
- Lyons, J., Trimble, S., and Paine, L. 2000. Grass versus trees: Managing riparian areas to benefit streams of central North America. *J. Am. Water Assoc.* **36**(4): 919–930. doi:10.1111/j.1752-1688.2000.tb04317.x.
- MacConnachie, S., and Wade, J. 2016. Information in support of the identification of Critical Habitat for the Cowichan (Vancouver) Lamprey (*Entosphenus macrostomus*). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc., Fisheries and Oceans Canada.
- Malcolm, I., Soulsby, C., Youngson, A., and Hannah, D. 2005. Catchment-scale controls on groundwater-surface water interactions in the hyporheic zone: Implications for salmon embryo survival. *Riv. Res. Appl.* **21**(9): 977–989. doi:10.1002/rra.861.
- Martin, K.L.M., Van Winkle, R.C., Drais, J.E., and Lakisic, H. 2004. Beach-Spawning Fishes, Terrestrial Eggs, and Air Breathing. *Physiol. Biochem. Zool.* **77**(5): 750–759. doi:10.1086/421755.
- Massicotte, P., Bertolo, A., Brodeur, P., Hudon, C., Mingelbier, M., and Magnan, P. 2015. Influence of the aquatic vegetation landscape on larval fish abundance. *J. Great Lakes Res.* **41**(3): 873–880. doi:10.1016/j.jglr.2015.05.010.
- Master, L.L., Faber-Langendoen, D., Bittman, R., Hammerson, G.A., Heidel, B., Ramsay, L., Snow, K., Teucher, A., and Tomaino, A. 2012. NatureServe conservation status assessments: Factors for evaluating species and ecosystem risk. NatureServe, Arlington, VA. Available from http://www.natureserve.org/sites/default/files/publications/files/natureserveconservationstatusfactors_apr12_1.pdf.
- Mickle, M.F., and Higgs, D.M. 2018. Integrating techniques: a review of the effects of anthropogenic noise on freshwater fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **75**(9): 1534–1541. doi:10.1139/cjfas-2017-0245.
- Miller, J.J., Curtis, T., Chanasyk, D.S., Reedyk, S., and Willms, W.D. 2016. Effectiveness of soil in vegetated buffers to retain nutrients and sediment transported by concentrated runoff through deep gullies. *Can. J. Soil Sci.* **96**(2): 154–168. doi:10.1139/cjss-2015-0038.
-

-
- Modesto, V., Ilarri, M., Souza, A.T., Lopes-Lima, M., Douda, K., Clavero, M., and Sousa, R. 2018. Fish and mussels: Importance of fish for freshwater mussel conservation. *Fish Fish.* **19**(2): 244–259. doi:10.1111/faf.12252.
- Mondal, S., and Patel, P.P. 2018. Examining the utility of river restoration approaches for flood mitigation and channel stability enhancement: a recent review. *Environ. Earth Sci.* **77**(5). doi:10.1007/s12665-018-7381-y.
- Moore, A.P., and Bringolf, R.B. 2018. Effects of nitrate on freshwater mussel glochidia attachment and metamorphosis success to the juvenile stage. *Environ. Pollut.* **242**(A): 807–813. doi:10.1016/j.envpol.2018.07.047.
- Moore, R., Spittlehouse, D., and Story, A. 2005. Riparian microclimate and stream temperature response to forest harvesting: A review. *J. Am. Water Resour. Assoc.* **41**(4): 813–834.
- MPO. 2010. L'information a l'appui de l'évaluation du potentiel de rétablissement du méné camus (*Notropis anogenus*) au Canada. *Secr. can. de consult. sci. du MPO.* 2010/009.
- MPO. 2011. Zones d'importance Écologique et Biologique - Leçons Apprises. *Secr. can. de consult. sci. du MPO.* 2011/049.
- MPO. 2014. Programme de rétablissement du cisco de printemps (*Coregonus* sp.). La série de programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- MPO. 2015. Lignes directrices pour la désignation de l'habitat essentiel des espèces aquatiques en péril. Pêches et Océans Canada.
- MPO. 2019. Évaluation du potentiel de rétablissement du méné long (*Clinostomus elongatus*) au Canada. *Secr. can. de consult. sci. du MPO.* 2019/012.
- Murdoch, A., Mantyka-Pringle, C., and Sharma, S. 2020. The interactive effects of climate change and land use on boreal stream fish communities. *Sci. Total Environ.* **700**: 1–12. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134518.
- Naiman and, R.J., and Décamps, H. 1997. The ecology of interfaces: Riparian Zones. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **28**(1): 621–658. doi:10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621.
- National Research Council. 2002. Riparian areas: Functions and strategies for management. National Academies Press, Washington, D.C. doi:10.17226/10327.
- Nepf, H.M. 2012. Flow and transport in regions with aquatic vegetation. *Annu. Rev. Fluid Mech.* **44**(1): 123–142. doi:10.1146/annurev-fluid-120710-101048.
- Nigel, R., Chokmani, K., Novoa, J., Rousseau, A.N., and Dufour, P. 2013. Recommendations for riparian buffer widths based on field surveys of erosion processes on steep cultivated slopes. *Can. Water Resour. J.* **38**(4): 263–279. doi:10.1080/07011784.2013.830815.
- Nilsson, C., Jansson, R., Kuglerová, L., Lind, L., and Ström, L. 2013. Boreal riparian vegetation under climate change. *ecosystems* **16**(3): 401–410. doi:10.1007/s10021-012-9622-3.
- Orozco-Lopez, E., Munoz-Carpena, R., Gao, B., and Fox, G.A. 2018. Riparian vadose zone preferential flow: Review of concepts, limitations, and perspectives. *Vadose Zone J.* **17**(1). doi:10.2136/vzj2018.02.0031.
- Ouellet, V., Gibson, E.E., Daniels, M.D., and Watson, N.A. 2017. Riparian and geomorphic controls on thermal habitat dynamics of pools in a temperate headwater stream. *Ecohydrology* **10**(8). doi:10.1002/eco.1891.
-

-
- Ow, L.F., and Ghosh, S. 2017. Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. *Appl. Acoust.* **120**: 15–20. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.01.007>.
- Pearson, M. 2015. Recovery Potential Assessment for the Salish Sucker in Canada. *Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.*, DFO.
- Pêches et Océans Canada. 2013. Programme de rétablissement de la tête carminée (*Notropis percobromus*) au Canada. Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- Pêches et Océans Canada. 2018a. Programme de rétablissement du naseux moucheté (*Rhinichthys osculus*) au Canada. Ottawa.
- Pêches et Océans Canada. 2018b. Programme de rétablissement et plan d'action visant la muette feuille d'érable (*Quadrula quadrula*) au Canada (population des Grands Lacs – du haut Saint-Laurent) [Proposition]. Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- Pêches et Océans Canada. 2019a. Programme de rétablissement des paires d'espèces d'épinoches du lac Paxton, du lac Enos et du ruisseau Vananda (*Gasterosteus aculeatus*) au Canada. Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- Pêches et Océans Canada. 2019b. Programme de rétablissement et plan d'action du bar rayé (*Morone saxatilis*), population du fleuve Saint-Laurent, au Canada [version proposée]. Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- Pêches et Océans Canada. 2019c. Programme de rétablissement du naseux de Nooksack (*Rhinichthys cataractae* spp.) au Canada [proposition]. 1re modification. Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- Pêches et Océans Canada. 2019d. . Programme de rétablissement du meunier de Salish (*Catostomus* sp. cf. *catostomus*) au Canada [proposition]. 1re modification. Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- Pêches et Océans Canada. 2019e. Programme de rétablissement et plan d'action pour la truite fardée versant de l'ouest (*Oncorhynchus clarkii lewisi*), populations de l'Alberta (également appelées populations de la rivière Saskatchewan et du fleuve Nelson) au Canada. Pêches et Océans Canada, Ottawa.
- Pusey, B., and Arthington, A. 2003. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. *Mar. Freshw. Res.* **54**(1): 1–16. doi:[10.1071/MF02041](https://doi.org/10.1071/MF02041).
- Raines, C.D., and Miranda, L.E. 2016. Role of riparian shade on the fish assemblage of a reservoir littoral. *Environ. Biol. Fishes* **99**(10): 753–760. doi:[10.1007/s10641-016-0519-4](https://doi.org/10.1007/s10641-016-0519-4).
- Reid, A.J., Carlson, A.K., Creed, I.F., Eliason, E.J., Gell, P.A., Johnson, P.T.J., Kidd, K.A., MacCormack, T.J., Olden, J.D., Ormerod, S.J., Smol, J.P., Taylor, W.W., Tockner, K., Vermaire, J.C., Dudgeon, D., and Cooke, S.J. 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biol. Rev.* **94**(3): 849–873. doi:[10.1111/brv.12480](https://doi.org/10.1111/brv.12480).
- Richardson, J.S., and Sato, T. 2015. Resource subsidy flows across freshwater-terrestrial boundaries and influence on processes linking adjacent ecosystems. *Ecohydrology* **8**(3): 406–415. doi:[10.1002/eco.1488](https://doi.org/10.1002/eco.1488).
- Richardson, J.S., Taylor, E., Schluter, D., Pearson, M., and Hatfield, T. 2010. Do riparian zones qualify as critical habitat for endangered freshwater fishes? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **67**(7): 1197–1204. doi:[10.1139/F10-063](https://doi.org/10.1139/F10-063).
-

-
- Rood, S., Bigelow, S., Polzin, M., Gill, K., and Coburn, C. 2015. Biological bank protection: tress are more effective than grasses at resisting erosion from major river floods. *Ecohydrology* **8**(5): 772–779. doi:10.1002/eco.1544.
- Rosgen, D.L. 1994. A classification of natural rivers. *Catena* **22**(3): 169–199. doi:10.1016/0341-8162(94)90001-9.
- Rosgen, D.L. 2001. A practical method of computing streambank erosion rate. *In* Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference. Reno, Nevada. pp. 9–15. Available from <https://semspub.epa.gov/work/01/554370.pdf>.
- Ruzzante, D.E., McCracken, G.R., Salisbury, S.J., Brewis, H.T., Keefe, D., Gaggiotti, O.E., and Perry, R. 2019. Landscape, colonization, and life history: their effects on genetic diversity in four sympatric species inhabiting a dendritic system. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **76**(12): 2288–2302. doi:10.1139/cjfas-2018-0416.
- Salafsky, N., Salzer, D., Stattersfield, A.J., Hilton-Taylor, C., Neugarten, R., Butchart, S.H.M., Collen, B., Cox, N., Master, L.L., O'Connor, S., and Wilkie, D. 2008. A Standard lexicon for biodiversity conservation: Unified Classifications of Threats and Actions: Classifications of Threats & Actions. *Conserv. Biol.* **22**(4): 897–911. doi:10.1111/j.1523-1739.2008.00937.x.
- Scholz, A., Horrall, R., Cooper, J., and Hasler, A. 1976. Imprinting to chemical cues: The basis for home stream selection in salmon. *Science* **192**(4245): 1247–1249. doi:10.1126/science.1273590.
- Seo, J.I., Nakamura, F., and Chun, K.W. 2010. Dynamics of large wood at the watershed scale: a perspective on current research limits and future directions. *Landsc. Ecol. Eng.* **6**(2): 271–287. doi:10.1007/s11355-010-0106-3.
- Smiley, Jr., P.C., King, K.W., and Fausey, N.R. 2011. Influence of herbaceous riparian buffers on physical habitat, water chemistry, and stream communities within channelized agricultural headwater streams. *Ecol. Eng.* **37**(9): 1314–1323. doi:10.1016/j.ecoleng.2011.03.020.
- Staton, S.K., Boyko, A.L., Dunn, S.E., and Burrige, M. 2012. Recovery Strategy for the Spotted Gar (*Lepisosteus oculatus*) in Canada. Fisheries and Oceans Canada, Ottawa.
- Stutter, M., Kronvang, B., Huallachain, D.O., and Rozemeijer, J. 2019. Current insights into the effectiveness of riparian management, attainment of multiple benefits, and potential technical enhancements. *J. Environ. Qual.* **48**(2): 236–247. doi:10.2134/jeq2019.01.0020.
- Sweeney, B.W., and Newbold, J.D. 2014. Streamside forest buffer width needed to protect stream water quality, habitat, and organisms: a literature review. *J. Am. Water Resour. Assoc.* **50**(3): 560–584. doi:10.1111/jawr.12203.
- Trancart, T., Feunteun, E., Danet, V., Carpentier, A., Mazel, V., Charrier, F., Druet, M., and Acou, A. 2018. Migration behaviour and escapement of European silver eels from a large lake and wetland system subject to water level management (Grand-Lieu Lake, France): New insights from regulated acoustic telemetry data. *Ecol. Freshw. Fish* **27**(2): 570–579. doi:10.1111/eff.12371.
- Vargas-Luna, A., Crosato, A., Anders, N., Hoitink, A.J.F., Keesstra, S.D., and Uijttewaai, W.S.J. 2018. Morphodynamic effects of riparian vegetation growth after stream restoration: Morphodynamic effects of riparian vegetation growth after restoration. *Earth Surf. Process. Landf.* **43**(8): 1591–1607. doi:10.1002/esp.4338.
-

-
- Warren, D.R., Kraft, C.E., Keeton, W.S., Nunery, J.S., and Likens, G.E. 2009. Dynamics of wood recruitment in streams of the northeastern US. *For. Ecol. Manag.* **258**(5): 804–813. doi:10.1016/j.foreco.2009.05.020.
- Wohl, E. 2015. Legacy effects on sediments in river corridors. *Earth-Sci. Rev.* **147**: 30–53. doi:10.1016/j.earscirev.2015.05.001.
- Wood, P., and Armitage, P. 1997. Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environ. Manage.* **21**(2): 203–217. doi:10.1007/s002679900019.
- Yu, C., Duan, P., Yu, Z., and Gao, B. 2019. Experimental and model investigations of vegetative filter strips for contaminant removal: A review. *Ecol. Eng.* **126**: 25–36. doi:10.1016/j.ecoleng.2018.10.020.
- Zawal, A., Lewin, I., Stepień, E., Szlauer-Lukaszewska, A., Buczyńska, E., Buczyński, P., and Stryjecki, R. 2016. The influence of the landscape structure within buffer zones, catchment land use and instream environmental variables on mollusc communities in a medium-sized lowland river. *Ecol. Res.* **31**(6): 853–867. doi:10.1007/s11284-016-1395-2.

GLOSSAIRE

Environnement acoustique : Ce qui a trait au son dans un environnement.

Anthropogénique : Tout ce qui provient de l'activité humaine.

Habitat (espèces aquatiques) : Les frayères, aires d'alevinage, de croissance et d'alimentation et routes migratoires dont sa survie dépend, directement ou indirectement, ou aires où elle s'est déjà trouvée et où il est possible de la réintroduire.

Zones de remontée d'eau : Zones où l'eau froide et profonde monte vers la surface; ces zones sont souvent riches en nutriments.

Paramètre : Les paramètres sont les propriétés mesurables d'une caractéristique. Ils décrivent comment les caractéristiques définies soutiennent les fonctions nécessaires aux processus vitaux de l'espèce. Ensemble, les paramètres permettent à la caractéristique de soutenir la fonction. Essentiellement, les paramètres fournissent le niveau d'information le plus élevé au sujet d'une caractéristique.

Adhésion : Lien physique par lequel une moule est fixée.

Évitement : Action de s'abriter des prédateurs ou des conditions environnementales défavorables.

Eaux stagnantes : Section d'eau calme d'un cours d'eau située à côté du courant principal, mais séparée par un haut-fond, de la terre ou un habitat aux limites d'un radier ou d'un rapide; souvent séparé de la source pendant les saisons sèches.

Berge : Terres situées directement sur le bord d'un plan d'eau.

Plage : Rive caillouteuse ou sablonneuse située entre la ligne des hautes eaux et la ligne des basses eaux.

Frottement contre la grève : Action de frotter des parties du corps sur un substrat.

Mise bas : Acte de donner naissance à un petit.

Communication : Partage de l'information; un moyen de connexion.

Contaminants : Substances considérées comme toxiques pour les organismes ou ayant une incidence sur la qualité de l'eau.

Parade nuptiale : Comportement des animaux visant à attirer un partenaire.

Couvert : Quelque chose qui répond aux besoins de l'espèce comme le repos, l'évitement des prédateurs et la protection contre les conditions environnementales défavorables.

Habitat essentiel : Habitat nécessaire à la survie ou au rétablissement d'une espèce sauvage inscrite, qui est désigné comme tel dans un programme de rétablissement ou un plan d'action élaboré à l'égard de l'espèce.

Dispersion : Déplacement des individus hors de leur site natal vers d'autres milieux et d'autres individus.

Oxygène dissous : Niveau d'oxygène libre dissous dans l'eau dont disposent les organismes vivants.

Remous : Tourbillon d'eau et courant inverse créés lorsque l'eau rencontre un obstacle.

Érosion : L'érosion est le processus par lequel le sol s'use graduellement par le vent, l'eau ou la gravité.

Caractéristique : Les caractéristiques décrivent les composantes structurelles essentielles qui soutiennent les fonctions requises pour répondre aux besoins de l'espèce. Les caractéristiques peuvent changer au fil du temps et comprennent habituellement plus d'un attribut. Une modification ou une perturbation de la caractéristique ou de l'un de ses attributs peut avoir une incidence sur la fonction et sa capacité à répondre aux besoins biologiques de l'espèce.

Alimentation : Manger de la nourriture ou des proies.

Filtration : La filtration consiste à éliminer la matière, la lumière ou le bruit de l'air ou de l'eau.

Plaine inondable : Zone de terre basse directement entourant une rivière, souvent sujette aux inondations.

Source de nourriture : Qualité, quantité ou accessibilité de la nourriture.

Recherche de nourriture : Recherche de nourriture ou de proies.

Forêt : Superficie de terrain couverte principalement par des arbres.

Fonction : Processus du cycle de vie des espèces inscrites ayant lieu dans l'habitat essentiel. Capacité de survivre dans une grande variété de types de substrats, à l'exception de la boue et de l'argile. Activités susceptibles d'entraîner la destruction de l'habitat essentiel.

Plat lentique : Courant lent et non turbulent; un plat lentique est trop peu profond pour être une fosse et le courant y est trop lent pour qu'il soit un rapide.

Zone de remontée des eaux souterraines : Superficie de terrain où les précipitations et les eaux de surface peuvent s'infiltrer dans le sol et se retrouver dans la nappe phréatique.

Croissance : Processus par lequel passe un organisme vivant lorsqu'il effectue la transition entre les diverses étapes de son cycle de vie pour atteindre l'âge adulte.

Espèce hôte : Espèce capable d'accueillir de petits organismes pendant que ceux-ci terminent un processus de leur cycle de vie nécessaire à leur survie ou à leur rétablissement.

Incubation : Phase au cours de laquelle les œufs ou les embryons sont maintenus propres et leurs propriétés biophysiques et chimiques sont préservées.

Infiltration : L'infiltration est le processus par lequel les eaux de surface pénètrent dans le sol.

Habitat en amont : Habitat d'un ruisseau qui se trouve en amont d'une caractéristique d'habitat essentiel.

Isolement : L'isolement est le processus qui consiste à éloigner un endroit ou une chose d'une perturbation.

Habitat lacustre benthique : Fond d'un lac.

Habitat lacustre littoral : Zone littorale peu profonde, souvent avec une végétation enracinée.

Habitat lacustre pélagique : Eau libre au-delà de la zone littorale; colonne d'eau.

Établissement des larves : Phase dans laquelle les larves nageuses se transforment et adoptent un mode de vie benthique.

Sinuosité : La sinuosité est le processus par lequel un ruisseau ou une rivière va et vient, change de forme en traversant une plaine inondable ou une vallée, tout en érodant et en déposant des sédiments sur des berges alternantes.

Lit des méandres : L'espace qu'occupe un cours d'eau sinueux sur sa plaine inondable.

Migration : Déplacement périodique ou saisonnier d'un grand nombre d'individus d'une région ou d'une population à une autre.

Corridors de migration/de déplacement : Zones contiguës d'habitat naturel à travers lesquelles les animaux peuvent migrer et se déplacer.

Mue : Perte d'une couche externe d'épiderme.

Nidification : Action de construire un nid.

Défense de nid : Action de défendre un nid contre des prédateurs hétérosécifiques ou consécifiques.

Nutriments (P, N, C, Ca) : Substances organiques et inorganiques présentes dans l'eau qui peuvent être utilisées par un organisme pour survivre, croître et se reproduire.

Hivernage : Passer l'hiver à un endroit particulier.

Environnement photique : Couche supérieure d'un plan d'eau qui reçoit la lumière du soleil. La profondeur de l'environnement photique peut changer selon la turbidité de l'eau.

Espace physique : Espace entourant un individu.

Fosse : Zone creuse d'eau stagnante.

Alevinage : Soutenir le développement de la progéniture jusqu'à sa maturité ou jusqu'à son autonomie, habituellement au moyen de soins.

Reproduction : Processus par lequel les organismes donnent naissance à une progéniture et qui consiste fondamentalement en la ségrégation d'une partie du corps parental par un processus sexuel ou asexuel et sa croissance subséquente et sa différenciation en un nouvel individu, ce qui comprend entre autres l'accouplement, le frai, la gestation, la mise bas et la dispersion.

Isolement reproductif : Barrières à l'habitat qui empêchent les membres d'espèces différentes de produire une progéniture, préservant ainsi l'intégrité de l'espèce en réduisant le flux génétique entre les espèces apparentées.

Résidence : Gîte, terrier, nid ou autre aire ou lieu semblable occupé ou habituellement occupé par un ou plusieurs individus pendant tout ou partie de leur vie, notamment pendant la reproduction, l'élevage, les haltes migratoires, l'hivernage, l'alimentation ou l'hibernation.

Repos : État corporel caractérisé par une diminution des activités fonctionnelles et métaboliques.

Radier : Zone peu profonde, bien aérée et à écoulement rapide.

Habitat riverain : Mélange de lit de cours d'eau, d'eau, d'arbres, d'arbustes et de graminées dans une zone qui fournit ou influence directement l'habitat aquatique.

Zone riveraine : Zone située entre le bord d'un plan d'eau et la zone sèche.

Rapides : Courant modéré et eau de surface lisse.

Salinité : Niveau de sel inorganique dissous dans un plan d'eau.

Ombrage : L'ombrage consiste à ajuster la quantité de lumière admise sur une surface.

Pente : Degré d'inclinaison du terrain entourant un plan d'eau. Influe sur la façon dont les eaux de surface et les précipitations pénètrent dans un plan d'eau, les pentes abruptes provoquant un écoulement beaucoup plus rapide des eaux de surface et pouvant entraîner une contamination et une accumulation de nutriments accrues.

Socialisation : Désigne les processus de développement par lesquels les individus apprennent les comportements nécessaires, notamment les comportements altruistes et ceux liés à la reproduction et à la migration.

Rassemblement : Congrégation d'individus se préparant à la reproduction ou à la migration.

Apport allochtone : L'apport allochtone est le processus de transfert de l'énergie, de la nourriture et des composantes structurelles de l'habitat terrestre à l'habitat aquatique.

Hauts-fonds : Zones relativement peu profondes qui peuvent ou non se trouver près des marges du plan d'eau; ces zones peuvent devenir émergées en période de faibles précipitations.

Espèces sympatriques : Espèces qui coexistent en sympatrie les unes avec les autres; nécessaires pour le maintien des processus écologiques et évolutifs régissant l'isolement reproductif et les paires d'espèces sympatriques.

Milieus humides : Zones humides immergées ou imbibées d'eau de façon permanente ou temporaire, et caractérisées par une végétation adaptée aux sols saturés. Les zones incluses sont entre autres les suivantes : marais d'eau douce et salée, marécages, tourbières hautes, tourbières basses, forêts inondées de façon saisonnière et bourbiers.

Recrutement de bois : Le recrutement de bois est l'apport de bois dans les plans d'eau à partir de la forêt riveraine en raison de la mortalité d'arbres individuels, de perturbations touchant plusieurs arbres ou de la sinuosité d'un chenal du cours d'eau.

ANNEXE 1 : ANALYSE DOCUMENTAIRE

L'analyse a suivi les principaux éléments et principes d'un examen systématique (Collaboration for Environmental Evidence, 2018), mais nous avons limité les étapes de la documentation afin de réduire le temps requis pour réaliser l'analyse. Les étapes étaient les suivantes : 1) élaboration d'une liste de termes de recherche et d'opérateurs booléens, 2) recherche dans les bases de données bibliographiques à l'aide de la liste finale des termes de recherche, 3) critères d'inclusion pour déterminer si des études devraient être incluses en vue d'une évaluation plus approfondie et 4) extraction des données.

Les termes de la liste finale des termes de recherche ont été classés en quatre catégories : 1) caractéristiques de l'habitat essentiel aquatique; espèces d'intérêt; 2) différents types ou termes pour les habitats d'eau douce; 3) différents termes pour l'habitat riverain; 4) termes liant les habitats riverains et d'eau douce (tableau A1.1).

Les articles proviennent de revues à comité de lecture et de documentation parallèle. Notre recherche principale s'est concentrée sur Web of Science, car il s'agit de la principale base de données scientifique de publications évaluées par des pairs. Nous avons utilisé la bibliothèque du MPO pour accéder à la documentation qui n'est peut-être pas disponible en ligne. Seule la langue anglaise a été utilisée pendant la recherche et seuls les résultats en anglais ont été inclus. Nous avons également inclus des documents qui avaient été repérés au cours de recherches ciblées ou d'explorations basées sur des références ou des documents qui nous avaient été envoyés par des collègues.

Chaque article a d'abord fait l'objet d'une présélection au niveau du titre et du résumé pour déterminer sa pertinence (figure A1.1). Les articles qui répondaient aux critères d'inclusion ont ensuite été évalués au niveau du texte intégral. En bref, les articles ont été inclus s'ils définissaient des habitats riverains et leur lien avec les fonctions, les caractéristiques aquatiques ou les attributs de qualité de l'eau pertinents pour les poissons ou les moules. Les résultats provenant d'articles récents (c.-à-d. ceux des 5 à 10 dernières années) ont préséance sur ceux provenant d'articles plus anciens, qui pourraient fournir des renseignements périmés.

Tableau A1.1 : Termes et opérateurs booléens utilisés pour effectuer des recherches dans les bases de données documentaires Web of Science et ProQuest (traduction française des termes anglais utilisés)

Caractéristique aquatique ou attribut de la qualité de l'eau ou fonction	Caractéristiques aquatiques, fonctions, attributs de la qualité de l'eau et termes associés provenant d'une liste normalisée (tableau 2)
	ET
Sujet	(poisson* OU moule* OU moule*)
	ET
Eau douce	("eau douce" OU eau douce* OU cours d'eau* OU rivière* OU zone humide* OU marécage* OU marais* OU lac*)
	ET
Riverain	(riverain* OU terrestre* OU littoral* OU terr* OU tampon* OU fore* OU anthro*)

Caractéristique aquatique ou attribut de la qualité de l'eau ou fonction	Caractéristiques aquatiques, fonctions, attributs de la qualité de l'eau et termes associés provenant d'une liste normalisée (tableau 2)
	ET
Lien	(impact* OU incidence* OU effet* OU apport* OU lien*)

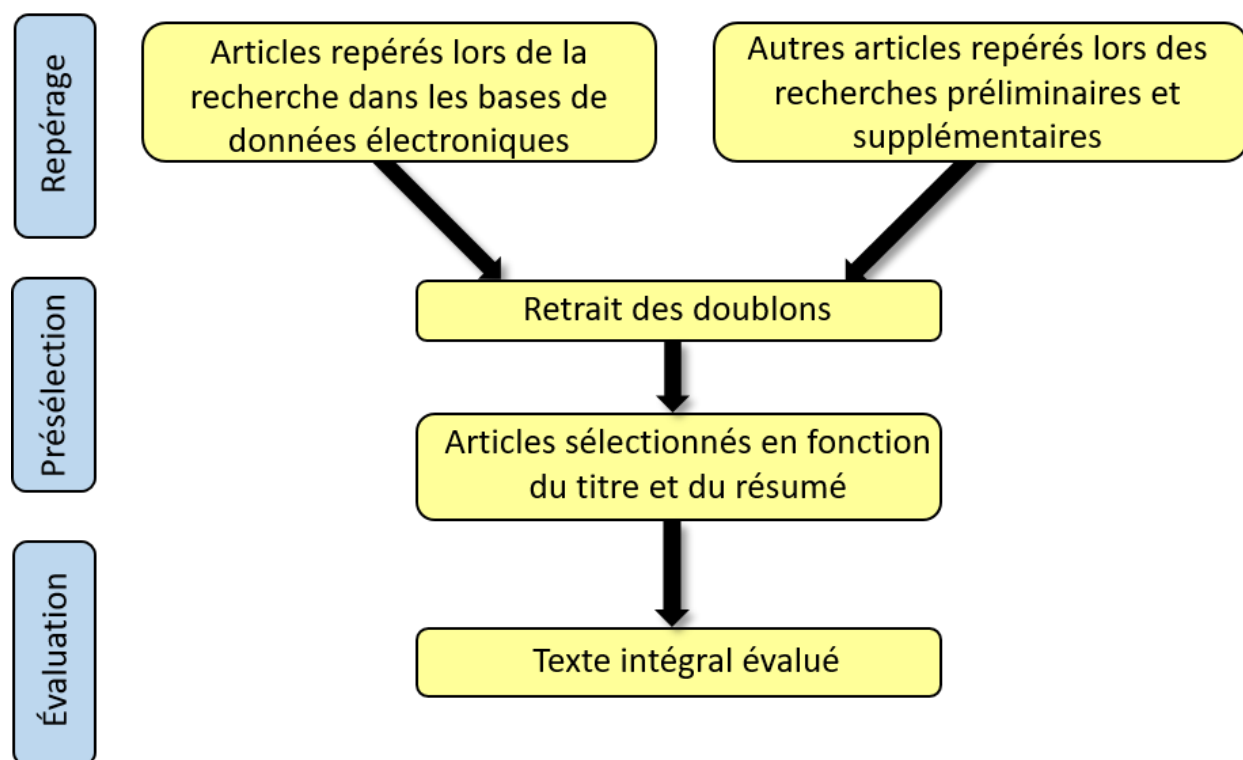


Figure A1.1: Flux de travail de l'analyse documentaire.

APERÇU DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DOCUMENTAIRE

Des plus de treize mille documents recueillis aux fins de la présente analyse, 762 articles, livres et rapports uniques ont été sélectionnés après consultation du titre et du résumé, et 185 textes intégraux ont été évalués (tableau A1.2). Parmi les 762 articles uniques sélectionnés en fonction du titre et du résumé, le plus ancien date de 1976, et le nombre d'articles augmente constamment au fil du temps (figure A1.2a). Les cinq revues les plus populaires étaient : Freshwater Biology (42 articles), Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science (29 articles), Hydrobiologia (27 articles), River Research and Applications (25 articles), and Science of the Total Environment (24 articles). Les nuages de mots créés à partir des 100 mots figurant le plus souvent dans les titres montrent que la plupart des articles ont trait aux cours d'eau plutôt qu'aux lacs et aux milieux humides, et que les recherches portant sur les poissons étaient plus répandues dans la base de données que celles portant sur les moules (figure A1.2b).

A1 RÉFÉRENCES

Collaboration for Environmental Evidence. 2018. Guidelines and standards for evidence synthesis in environmental management. Version 5.0. Disponible à l'adresse suivante : www.environmentalevidence.org/information-for-authors.

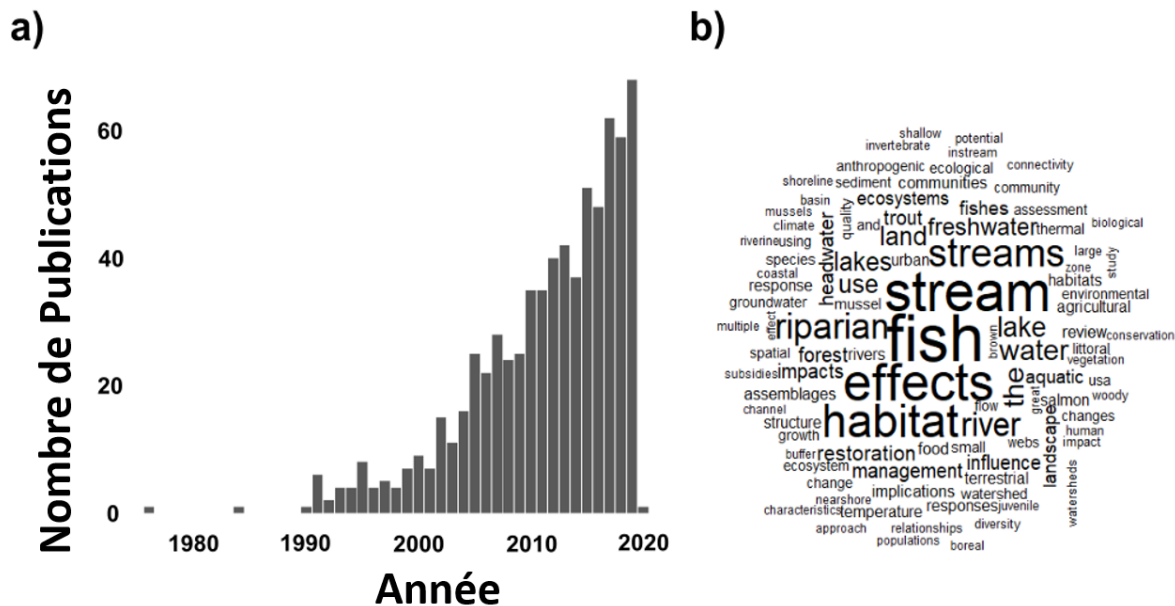


Figure A1.2: Informations sur les articles, rapports et livres trouvés dans la revue de littérature. (a) Nombre de publications par an et (b) Nuage de mots créé à partir des 100 premiers mots des titres examinés.

Tableau A1.2 : Termes utilisés dans l'analyse documentaire et nombre de résultats.

Caractéristiques aquatiques, paramètres de la qualité de l'eau et fonctions	Termes (traduction française des termes anglais utilisés)	Sans les noms en double	Présélectionné au titre/résumé	Texte intégral évalué
Caractéristiques				
environnement acoustique	(acoustique* OU environnement acoustique* OU bruit*)	143	14	10
zones de remontée d'eau	(remontée d'eau* OU eau souterraine* OU "eau souterraine")	325	37	10
eaux dormantes	(eaux dormantes* OU "eaux dormantes")	48	17	8
couvert	(couvert* OU refug* OU abri*)	1 617	119	9
remous	(remous)	20	4	4
source de nourriture	("source de nourriture" OU "disponibilité de la nourriture" OU "disponibilité des proies" OU apport*)	574	48	10
plats lenticques	plat lentique*	9	7	4
espèce hôte	sujet LIMITÉ à (moule et moule*); (hôte*)	81	12	4
habitat en amont	(entrée* OU sortie* OU "habitat en amont" OU eau d'amont*)	687	78	10
habitat lacustre benthique	eau douce LIMITÉ à lac*; (fond OU benthique)	465	28	5
habitat lacustre littoral	eau douce LIMITÉ à lac*; (littoral* OU "près des côtes" OU près des côtes)	416	41	6
habitat lacustre pélagique	Eau douce LIMITÉ à lac*; (pélagique* OU "eau libre" OU "colonne d'eau")	288	20	2
corridors de migration/de déplacement	("corridors de migration*" OU connectivité* OU "corridors de migration*" OU "absence de barrière" OU "habitat contigu**")	656	36	11
environnement photique	(photique* OU lumière* OU clarté)	448	41	4

Caractéristiques aquatiques, paramètres de la qualité de l'eau et fonctions	Termes (traduction française des termes anglais utilisés)	Sans les noms en double	Présélectionné au titre/résumé	Texte intégral évalué
espace physique	("espace physique" OU "espace d'activité")	4	0	0
fosses	fosse* OU "eau calme")	484	70	6
radiers	(radier*)	168	58	7
rapides	rapide*	372	28	3
hauts-fonds	(hauts-fonds* OU banc de sable* OU "banc de sable")	68	10	5
espèces sympatriques	("espèces sympatriques" OU "paires sympatriques")	8	1	1
Paramètres de la qualité de l'eau				
oxygène dissous	(oxygène OU hypoxie OU anox*)	666	27	5
température	"température de l'eau"	424	71	8
contaminants	(contaminant* OU méta* OU chimique* OU pesticide* OU herbicide*)	1 827	85	13
salinité	(salinité OU sel*)	872	13	4
nutriments (P, A, C, calcium)	(Phosph* OU Nitr* OU Carbon* OU calcium)	1 810	100	12
pH	pH	465	58	10
Fonctions				
adhésion	adhésion	2	0	0
évitement	(évitement OU enfouissement OU camouflage OU dissimulation OU "se réfugier")	40	0	0
frottement contre la grève	"frottement contre la grève"	0	0	0
mise bas	mise bas	1	0	0
communication	(communication OU appel OU vocalisation OU socialisation)	24	0	0

Caractéristiques aquatiques, paramètres de la qualité de l'eau et fonctions	Termes (traduction française des termes anglais utilisés)	Sans les noms en double	Présélectionné au titre/résumé	Texte intégral évalué
parade nuptiale	parade nuptiale	0	0	0
dispersion	(dispersion OU dérive OU "mouvement passif")	99	1	1
alimentation	alimentation*	124	2	2
recherche de nourriture	recherche de nourriture*	37	0	0
croissance	(croissance OU vieillissement OU développement OU maturation)	379	0	0
incubation	incubation	5	1	1
établissement des larves	"établissement des larves"	0	0	0
migration	migration	75	1	1
mue	mue	0	0	0
nidification	("nidification" OU "construction d'une tanière" OU "construction d'un nid")	1	0	0
défense de nid	"défense de nid"	0	0	0
hivernage	(hivernage OU "hivernage")	4	0	0
alevinage	(alevinage)	36	6	5
reproduction	(repro* OU "ponte" OU "accouplement" OU "fertilisation" OU "frai")	237	4	4
isolement reproductif	("isolement reproductif" OU "sélection naturelle du compagnon" OU "maintien de la sympatrie")	3	0	0
repos	(repos* OU diapause OU hibernation OU dormance)	21	0	0
socialisation	social*	26	0	0
rassemblement	rassemblement	104	0	0

ANNEXE 2 : RÈGLEMENTS ET RECOMMANDATIONS DES PROVINCES ET TERRITOIRES DU CANADA

Plusieurs provinces et territoires disposent de leurs propres règlements et recommandations concernant l'étendue de l'habitat entourant un plan d'eau qui devrait être protégé, en fonction de la source de perturbation (c.-à-d. agriculture, foresterie ou aménagement) (tableau A2.1).

Tableau A2.1 : Largeurs des zones tampons riveraines pour les caractéristiques aquatiques et la protection des espèces aquatiques, telles qu'elles figurent dans les règlements et les recommandations des provinces et territoires du Canada.

Compétence	Mesures incitatives	Largeur de la zone tampon (m)	Habitat nécessitant une zone tampon	Commentaires	Source
Agriculture					
Alberta	Réglementation	1-30	plan d'eau libre	application d'herbicide, la largeur dépend du style d'application et du type d'herbicide	Gouvernement de l'Alberta, 2010
Alberta	Réglementation	0	Plan d'eau ouvert	Insecticides à des fins de lutte antiparasitaire jusqu'au lit et à la rive d'un plan d'eau ouvert, à condition que l'insecticide ne pénètre pas dans le plan d'eau	Gouvernement de l'Alberta, 2010
Alberta	Réglementation	0	Plan d'eau ouvert	Rodenticides à des fins de lutte antiparasitaire jusqu'au lit et à la rive d'un plan d'eau ouvert, à condition que l'insecticide ne pénètre pas dans le plan d'eau	Gouvernement de l'Alberta, 2010
Colombie-Britannique	Réglementation	30	prise d'approvisionnement en eau	Application de pesticides autour d'une prise d'eau destinée au bétail ou à l'irrigation	Gouvernement de la Colombie-Britannique, 2016
Nouveau-Brunswick	Réglementation	30-75	Prise d'eau d'un réseau public d'approvisionnement en eau	Activités agricoles	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001

Compétence	Mesures incitatives	Largeur de la zone tampon (m)	Habitat nécessitant une zone tampon	Commentaires	Source
Nouveau-Brunswick	Réglementation	15-75	Prise d'eau d'un réseau public d'approvisionnement en eau	Application de pesticides	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Nouveau-Brunswick	Réglementation	15-75	Prise d'eau d'un réseau public d'approvisionnement en eau	Pâturage du bétail	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Nouveau-Brunswick	Réglementation	5	Prise d'eau d'un réseau public d'approvisionnement en eau	Élimination du foin	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Nouveau-Brunswick	Réglementation	30-75	Tous les cours d'eau	Installation et exploitation de pompes alimentées à l'essence ou au diesel	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Nouveau-Brunswick	Réglementation	30-75	Dans un rayon de 1 km d'une prise d'eau d'un réseau public d'approvisionnement en eau	Application de pesticides	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Terre-Neuve-et-Labrador	Réglementation	30	Puits voisin	Application de pesticides	Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador, 2013
Terre-Neuve-et-Labrador	Pratiques exemplaires	15-400	Tous les plans d'eau	Selon l'utilisation des terres. Augmente lorsque la pente est supérieure à 30 % de la largeur de la zone tampon	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Ontario	Recommandation	30	Tous les plans d'eau	Activités agricoles	ECCC 2013.

Compétence	Mesures incitatives	Largeur de la zone tampon (m)	Habitat nécessitant une zone tampon	Commentaires	Source
Île-du-Prince-Édouard	Réglementation	15-30	Tous les plans d'eau	Les zones tampons de 15 mètres de largeur doivent être maintenues le long de tous les cours d'eau et milieux humides. Le règlement exige également la plantation de tournières gazonnées de 10 m de largeur à l'extrémité de toutes les rangées de terres cultivées qui se terminent à moins de 200 m d'un cours d'eau ou d'un milieu humide	Agriculture et Agroalimentaire Canada; gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard, 2016
Québec	Réglementation	1-100	Plan d'eau ouvert	épandage de pesticides sans aéronef, selon la pente	Gouvernement du Québec, 2018
Québec	Réglementation	30-100	Plan d'eau ouvert	Épandage aérien de pesticides	Gouvernement du Québec, 2018
Québec	Réglementation	3	Plan d'eau ouvert	Culture du sol à des fins agricoles	Gouvernement du Québec, 2019
Saskatchewan	Recommandation	10-30	Tous les plans d'eau	Guide à l'intention des propriétaires fonciers sur l'amélioration des zones riveraines de leur propriété	Huel, 1998
Yukon	Réglementation	30	Plan d'eau ouvert	Application de pesticides, à moins que cela ne soit permis	Gouvernement du Yukon, 1994
Exploitation forestière					

Compétence	Mesures incitatives	Largeur de la zone tampon (m)	Habitat nécessitant une zone tampon	Commentaires	Source
Alberta	Réglementation	0	Plan d'eau ouvert	Insecticides à des fins de lutte antiparasitaire jusqu'au lit et à la rive d'un plan d'eau ouvert, à condition que l'insecticide ne pénètre pas dans le plan d'eau	Gouvernement de l'Alberta, 2010
Alberta	Réglementation	1-30	plan d'eau libre	application d'herbicides, la largeur dépend du type d'application	Gouvernement de l'Alberta, 2010
Alberta	Règles de base	30	petits cours d'eau permanents	Les règles de base s'appliquent à la récolte du bois	Développement durable des ressources de l'Alberta, 2005
Alberta	Règles de base	60	Grands cours d'eau permanents	Les règles de base s'appliquent à la récolte du bois	Développement durable des ressources de l'Alberta, 2005
Colombie-Britannique	Réglementation	0-50	cours d'eau	la largeur dépend de la classification du cours d'eau et si celui-ci est poissonneux	Tschaplinski et Pike 2010
Colombie-Britannique	Réglementation	0-10	lacs, milieux humides	la largeur dépend de la classification du plan d'eau	Tschaplinski et Pike 2010
Colombie-Britannique	Réglementation	1-10	Plan d'eau, cours d'eau asséché ou milieux humides	Application de pesticides autour d'un plan d'eau, 10 m à moins que cela soit permis pour certaines applications.	Gouvernement de la Colombie-Britannique, 2016
Nouveau-Brunswick	Réglementation	15-75	Prise d'eau d'un réseau public d'approvisionnement en eau	plantation d'arbres	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001

Compétence	Mesures incitatives	Largeur de la zone tampon (m)	Habitat nécessitant une zone tampon	Commentaires	Source
Nouveau-Brunswick	Réglementation	15-75	Prise d'eau d'un réseau public d'approvisionnement en eau	jardinage	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Nouveau-Brunswick	Réglementation	30-75	Tous les cours d'eau	Installation et exploitation de pompes alimentées à l'essence ou au diesel	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Terre-Neuve-et-Labrador	Pratiques exemplaires	15-400	Tous les plans d'eau	Selon l'utilisation des terres. Augmente lorsque la pente est supérieure à 30 % de la largeur de la zone tampon	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Nouvelle-Écosse	Réglementation	20-60	Tous les plans d'eau	règlements sur la durabilité des forêts	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Ontario	Recommandation	30	Tous les plans d'eau	activités forestières	ECCC 2013.
Île-du-Prince-Édouard	Réglementation	20-30	Tous les plans d'eau	les zones tampons de 15 mètres de largeur doivent être maintenues le long de tous les cours d'eau et des milieux humides.	Agriculture et Agroalimentaire Canada; gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard, 2016
Québec	Réglementation	1-100	Plan d'eau ouvert	épandage de pesticides sans aéronef, selon la pente	Gouvernement du Québec, 2018
Québec	Réglementation	30-100	Plan d'eau ouvert	Épandage aérien de pesticides	Gouvernement du Québec, 2018

Compétence	Mesures incitatives	Largeur de la zone tampon (m)	Habitat nécessitant une zone tampon	Commentaires	Source
Québec	Réglementation	20	lacs et rivières	activités forestières, à partir de la limite de l'écotone riverain (10 à 15 m)	Gouvernement du Québec 2017; Gouvernement du Québec, 2019
Saskatchewan	Recommandation	10-30	Tous les plans d'eau	Guide à l'intention des propriétaires fonciers sur l'amélioration des zones riveraines de leur propriété	Huel, 1998
Yukon	Réglementation	30	Plan d'eau ouvert	Application de pesticides, à moins que cela ne soit permis	Gouvernement du Yukon, 1994
Yukon	Réglementation	5-80	ruisseaux et rivières	dépend de la catégorie de cours d'eau	Direction de la gestion des forêts, Énergie, Mines et Ressources du Yukon, 2011a
Yukon	Réglementation	20-60	lacs	dépend de la catégorie de lac	Direction de la gestion des forêts, Énergie, Mines et Ressources du Yukon, 2011a
Yukon	Réglementation	5-60	Milieus humides	dépend de la catégorie de milieu humide	Direction de la gestion des forêts, Énergie, Mines et Ressources du Yukon, 2011b
Développement					
Alberta	Réglementation	1-30	Plan d'eau ouvert	application d'herbicides, la largeur dépend du type d'application	Gouvernement de l'Alberta, 2010

Compétence	Mesures incitatives	Largeur de la zone tampon (m)	Habitat nécessitant une zone tampon	Commentaires	Source
Alberta	Réglementation	250	prise d'eau de surface	application de pesticides antimoustiques	Gouvernement de l'Alberta, 2010
Alberta	Réglementation	0	Plan d'eau ouvert	Insecticides à des fins de lutte antiparasitaire jusqu'au lit et à la rive d'un plan d'eau ouvert, à condition que l'insecticide ne pénètre pas dans le plan d'eau	Gouvernement de l'Alberta, 2010
Alberta	Réglementation	0	Plan d'eau ouvert	Rodenticides à des fins de lutte antiparasitaire jusqu'au lit et à la rive d'un plan d'eau ouvert, à condition que l'insecticide ne pénètre pas dans le plan d'eau	Gouvernement de l'Alberta, 2010
Colombie-Britannique	Réglementation	30	prise d'eau ou puits	Application de pesticides autour d'une prise d'eau ou d'un puits	Gouvernement de la Colombie-Britannique, 2016
Colombie-Britannique	Réglementation	1-10	Plan d'eau, cours d'eau asséché ou milieux humides	Application de pesticides autour d'un plan d'eau, 10 m à moins que cela soit permis pour certaines applications.	Gouvernement de la Colombie-Britannique, 2016
Colombie-Britannique	Réglementation	30	Tous les plans d'eau	Activités de développement dans les municipalités et les districts régionaux du Lower Mainland, une grande partie de l'île de Vancouver, et dans les régions situées dans le Southern Interior	Gouvernement de la Colombie-Britannique, 2019
Manitoba	Réglementation	3-35	Tous les plans d'eau	Application de substances contenant de l'azote ou du phosphore	Gouvernement du Manitoba, 2008

Compétence	Mesures incitatives	Largeur de la zone tampon (m)	Habitat nécessitant une zone tampon	Commentaires	Source
Manitoba	Réglementation	15-30	Tous les plans d'eau	Développement, selon l'utilisation des terres et le type de plan d'eau	Gouvernement du Manitoba, 2011
Nouveau-Brunswick	Réglementation	5	Tous les cours d'eau	Aménagement paysager	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Nouveau-Brunswick	Réglementation	15	Tous les cours d'eau	Abattage d'arbres	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Nouveau-Brunswick	Réglementation	30-75	Tous les cours d'eau	Installation et exploitation de pompes alimentées à l'essence ou au diesel	Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2001
Terre-Neuve-et-Labrador	Pratiques exemplaires	15-400	Tous les plans d'eau	Selon l'utilisation des terres. Augmente lorsque la pente est supérieure à 30 % de la largeur de la zone tampon	Agriculture et Agroalimentaire Canada
Nouvelle-Écosse	Réglementation	0-1	Tous les plans d'eau	Toute activité à proximité ou dans un cours d'eau	Province de la Nouvelle-Écosse, 2015
Ontario	Recommandation	120	Tous les plans d'eau	Habitats d'importance des espèces en voie de disparition et des espèces menacées	Gouvernement de l'Ontario, 2010
Ontario	Recommandation	120	Milieux humides	Milieux humides d'importance et milieux humides côtiers d'importance	Gouvernement de l'Ontario, 2010
Ontario	Recommandation	120-300	Habitat du poisson	Lac à truites intérieur (au maximum de sa capacité) sur le Bouclier canadien : 300 m; tout autre habitat du poisson : 120 m	Gouvernement de l'Ontario, 2010
Québec	Réglementation	3-100	Plan d'eau ouvert	Application de pesticides	Gouvernement du Québec, 2018

Compétence	Mesures incitatives	Largeur de la zone tampon (m)	Habitat nécessitant une zone tampon	Commentaires	Source
Québec	Réglementation	15-20	Plan d'eau ouvert	Structures, entreprises et ouvrages à des fins municipales, commerciales, industrielles, publiques ou d'accès public	Gouvernement du Québec, 2019
Ville de Mont-Laurier (Québec)	Réglementation	3-15	Lac des Écorces	Selon le type de propriété, pour toute la bordure du lac des Écorces pour la protection du cisco de printemps	MPO, 2014
Saskatchewan	Recommandation	10-30	Tous les plans d'eau	Guide à l'intention des propriétaires fonciers sur l'amélioration des zones riveraines de leur propriété	Huel, 1998
Yukon	Réglementation	30	Plan d'eau ouvert	Application de pesticides, à moins que cela ne soit permis	Gouvernement du Yukon, 1994
Whitehorse, Yukon	Réglementation	50	Tous les plans d'eau	Zone de retrait riveraine minimale dans les limites municipales. Ne s'applique pas aux terres privées	UMA Engineering Ltd., Environmental Dynamics Inc. 2004

A2 REFERENCES

- Agriculture and Agri-Food Canada. *Beneficial management practices for riparian zones in Atlantic Canada*. http://www.nsfa-fane.ca/efp/wp-content/uploads/2019/09/BMP-Atlantic-riparian_zones.pdf
- Alberta Sustainable Resource Development. 2005. *Review of Riparian Management Policy in Alberta's Forests*. Riparian Management Committee Alberta Sustainable Resource Development.
- Environment Canada. 2013. *How Much Habitat is Enough?* Third Edition. Environment Canada, Toronto, Ontario.
- Gouvernement du Québec. 2017. *Regulation on the sustainable management of forests in the domain of the State: Sustainable Forest Development Act*. Gouvernement du Québec, Québec City, Québec.
- Gouvernement du Québec. 2018. *Règlement modifiant le Code de gestion des pesticides : règlement modifiant le Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides*. Gouvernement du Québec, Québec City, Québec.
- Gouvernement du Québec. 2019. *Protection Policy for Lakeshores, Riverbanks, Littoral Zones and Floodplains, Environment Quality Act*. Gouvernement du Québec, Québec City, Québec.
- Government of Alberta, 2010. *Environmental code of practice for pesticides, RSA 2000*. Alberta Queen's Printer, Edmonton, Alberta.
- Government of British Columbia. 2016. *Integrated pesticide management regulation, 235*. Queen's Printer, Victoria, British Columbia.
- Government of British Columbia. 2019. *Riparian Areas Protection Regulation, BC Reg 178/2019*. <<http://canlii.ca/t/53pnx>> retrieved on 2020-02-03. Government of British Columbia, Victoria, British Columbia
- Government of Manitoba, 2008. *Nutrient Management Regulation under The Water Protection Act*. Government of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
- Government of Manitoba. 2011. *The Planning Act: Provincial Planning Regulation*. Government of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
- Government of New Brunswick. 2001. *Watershed Protected Area Designation Order - Clean Water Act*. Government of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick.
- Government of Newfoundland and Labrador, 2013. *Agriculture pesticide applicator license terms and conditions*, in: Department of Environment and Conservation (Ed.). Government of Newfoundland and Labrador, St. John's, Newfoundland and Labrador.
- Government of Yukon. 1994. *Environment Act*, 125. Government of Yukon, Whitehorse, Yukon.
- Huel, D., 1998. *Streambank Stewardship: A Saskatchewan Riparian Project*. Saskatchewan Wetland Conservation Corporation. Regina, Sk.
- MPO. 2014. Programme de rétablissement du cisco de printemps (*Coregonus* sp.). La série de programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa.

Ontario Ministry of Natural Resources. 2010. *Natural Heritage Reference Manual for Natural Heritage Policies of the Provincial Policy Statement, 2005*. Second Edition. Toronto: Queen's Printer for Ontario. 248 pp.

Prince Edward Island Department of Communities, Land and Environment. 2016. *Prince Edward Island Watercourse, Wetland and Buffer Zone Activity Guidelines*. Government of Prince Edward Island, Charlottetown, Prince Edward Island.
<https://www.princeedwardisland.ca/sites/default/files/publications/watercourse_wetland_and_buffer_zone_activity_guidelines_dec_2016.pdf> retrieved on 2020-03-17.

Province of Nova Scotia. 2015. *Guide to Altering Watercourses*. Province of Nova Scotia, Halifax, Nova Scotia. <<https://novascotia.ca/nse/watercourse-alteration/docs/NSE-Watercourse-Alteration-Program-May29.pdf>> retrieved on 2020-03-17.

Tschaplinski, P. J., & Pike, R. G. (2010). Riparian management and effects on function. In Compendium of forest hydrology and geomorphology in British Columbia. RG Pike, TE Redding, RD Moore, RD Winker, and KD Bladon (editors). BC Ministry of Forests and Range, Forest Science Program. Victoria, BC, and FORREX Forum for Research and Extension in Natural Resources, Kamloops, BC. Land Management Handbook (Vol. 66, pp. 479-526).

UMA Engineering Ltd., Environmental Dynamics Inc. 2004. *City of Whitehorse Watershed Management Plan Vol. 2: Risk assessment and risk management strategies for drinking water protection*. Whitehorse, Yukon.

Yukon Energy, Mines and Resources Forestry Management Branch. 2011a. *Forest resources regulation: Riparian Management on Streams and Lakes Standards and Guidelines*. Whitehorse, Yukon.

Yukon Energy, Mines and Resources Forestry Management Branch. 2011b. *Forest resources regulation: Wetlands Riparian Standards and Guidelines*. Whitehorse, Yukon.