

Inventaire de l'anguille d'Amérique aux obstacles infranchissables au Québec

2^e édition

Recueil des protocoles standardisés, 2025



Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction de l'expertise sur la faune aquatique du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Elle a été produite par la Direction des communications du MELCCFP.

Renseignements

Téléphone : 418 521-3830

1 800 561-1616 (sans frais)

Formulaire : www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp

Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Photo de couverture :

Barrage BP, rivière L'Assomption, Joliette, © MELCCFP

Anguille d'Amérique, © Lucie Veilleux

Verveux à civelles, rivière aux Outardes, Côte-Nord, © MELCCFP

Passe-piège, rivière L'Assomption, Lanaudière, © MELCCFP

Technique de pêche à l'électricité portative, © MELCCFP

Dépôt légal – 2026

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN : 978-2-555-04009-0 (PDF)

Mise à jour du document : ISBN 978-2-550-96980-8 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2026

Référence à citer :

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. 2025.

Inventaire de l'anguille d'Amérique aux obstacles infranchissables au Québec : recueil des protocoles standardisés.

Gouvernement du Québec, 41 p. et annexes. 2^e édition.

Équipe de réalisation

Rédaction

Dalie Côté-Vaillancourt, biologiste

Chantal Côté, biologiste

Virginie Boivin, technicienne de la faune

Direction de l'expertise sur la faune aquatique

Direction régionale de la gestion de la faune de Lanaudière et des Laurentides

Direction régionale de la gestion de la faune de Lanaudière et des Laurentides

Révision

Amélie Bérubé, biologiste

Guillaume Côté, biologiste

Anne-Marie Bouchard

Patrick Charbonneau, biologiste, M. Sc.

Jean-François Dumont, biologiste

Véronique Leclerc, biologiste

Andréanne Masson, biologiste

Direction régionale de la gestion de la faune du Saguenay–Lac-Saint-Jean

Direction principale de l'expertise sur la faune aquatique

Direction régionale de la gestion de la faune du Saguenay–Lac-Saint-Jean

Direction générale des écosystèmes et des espèces menacées ou vulnérables

Direction principale de l'expertise sur la faune aquatique

Direction principale de l'expertise sur la faune aquatique

Direction régionale de la gestion de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches

Remerciements

Nous remercions M. Louis-Philippe Lapointe de la Bibliothèque du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) pour sa diligence à nous avoir fourni de multiples rapports et références.

Nous remercions les techniciens de la faune et les biologistes des directions régionales de la gestion de la faune (DRGF) et de la Direction principale de l'expertise sur la faune aquatique (DPEFA) du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), qui ont lu et commenté les différentes versions de ce protocole.

Registre du document et des mises à jour

Date	Version	Nature du document/des modifications	Chargée de projet
2022	01	Version préliminaire	Dalie Côté-Vaillancourt
2023	02	Première édition	Chantal Côté
2025	03	Ajout de l'ADNe	Chantal Côté

Avant-propos

Ce document a été conçu d'abord au bénéfice des biologistes et techniciens de la faune du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), des consultants et des autres organismes du milieu appelés à réaliser des inventaires d'anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) en aval d'obstacles empêchant ou limitant leur migration vers l'amont. On y trouve différentes sections visant à outiller les intervenants dans l'élaboration de leur plan d'inventaire et dans le choix des techniques d'échantillonnage pour cette espèce.

Ce protocole est destiné à être utilisé comme outil de référence lors de la préparation préalable aux inventaires d'études d'impact ou d'autres projets nécessitant de déterminer si l'espèce est présente ou non au pied d'un obstacle. Dans l'éventualité où un projet nécessiterait de déroger aux méthodes prescrites dans ce document, à l'égard, par exemple, de l'effort de pêche, le plan d'échantillonnage retenu devrait être approuvé par la Direction régionale de la gestion de la faune de la région concernée.

Les personnes qui réaliseront ces inventaires doivent s'assurer d'utiliser une version à jour du présent document, disponible auprès d'un représentant du Ministère.

Table des matières

Introduction	1
Objectifs.....	2
Limites et mises en garde.....	2
Permis.....	3
Écologie de l'anguille	4
Cycle de vie et morphologie	4
Stade de civelle.....	5
Stade d'anguillette.....	5
Stade d'anguille jaune.....	5
Stade d'anguille argentée	6
Migration	6
Aire de répartition	6
Alimentation	7
Habitat	7
Menaces pesant sur l'espèce	7
Méthodologie	8
Périodes d'échantillonnage	8
Méthodes de capture	9
Précisions pour la capture de civelles	16
Matériel et méthode par engin.....	16
Piège Sullivan	16
Observations nocturnes	17
Épuisette	18
Pêche électrique portative	20
Verveux	23
Passe-piège	28
Casier à anguille	31
ADN environnemental	32
Traitement des captures.....	34
Caractérisation de l'habitat	34
Habitat.....	34
Autres menaces.....	35
Compilation et transfert des données	36
Espèces exotiques envahissantes	36
Espèces aquatiques envahissantes (EAE).....	36
Espèces floristiques envahissantes	36
Références.....	37
Annexe A – Propagation des maladies et des espèces exotiques envahissantes.....	43
Annexe B – Stades de pigmentation	45
Annexe C – Formulaire de terrain.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1. Période de migration de l’anguille vers ses habitats de croissance dans divers cours d’eau du Québec...	9
Tableau 2. Types de données recueillies selon les techniques d’échantillonnage et avantages et inconvénients à considérer lors du choix de l’engin	15
Tableau 3. Caractéristiques de trois exemples de verveux utilisés pour capturer l’anguille.....	25
Tableau 4. Synthèse des substrats utilisés dans les passes à anguilles au Québec.....	29

Liste des figures

Figure 1. Cycle de vie de l’anguille d’Amérique	4
Figure 2. Piège Sullivan	17
Figure 3. Technique de pêche électrique	20
Figure 4. Modèle de déplacement dans le transect de pêche électrique de 100 m en fonction de la profondeur de l’eau	22
Figure 5. a) Verveux standard pour l’inventaire de l’anguille recommandé par Joy et Lake (2003); b) Séparateur entre deux compartiments (Joy et Lake, 2003)	23
Figure 6. Dimension du verveux utilisé par Fournier et Caron (2005) pour des inventaires d’anguilles.....	24
Figure 7. Dimensions du verveux fabriqué par les Industries Fipec en 2020	26
Figure 8. Un verveux à civelle (fabricant : Filmar) déployé dans la zone inter-marée, à l’embouchure d’une rivière de la Côte-Nord	26
Figure 9. a) Passe-piège installée sur la rivière du Sud-Ouest avec un substrat AECOM/Milieu inc., b) passe-piège sur la rivière Portneuf (Côte-Nord) - conception AECOM/CNHW et c) modèle portatif proposé par Lakeside Engineering	28
Figure 10. a) Substrat conçu par Milieu inc., b) Schéma présentant les caractéristiques d’une passe-piège.....	29
Figure 11. Casier à anguille.....	31
Figure 12. <i>Anguillicoloides crassus</i> extrait d’une vessie natatoire d’anguillette, barre = 3 mm.....	35

Introduction

Selon le plus récent état de situation de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*, ci-après anguille) au Québec, le stock d'anguilles dans la province est jugé très préoccupant (Comité scientifique sur l'anguille d'Amérique, 2019¹). Ce constat a été établi à partir 1) des suivis des juvéniles en montaison aux passes migratoires de Beauharnois et de Moses-Saunders vers les sites de croissance du Haut-Saint-Laurent, et 2) du suivi des adultes en dévalaison capturés à la pêche commerciale dans l'estuaire moyen alors qu'ils migrent vers la mer des Sargasses. Ensemble, ces suivis ont permis d'observer l'évolution de l'abondance relative de l'anguille dans le système Saint-Laurent sur plus de 40 années. L'anguille est inscrite sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (E-12.01) et est désignée menacée par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC).

Peu d'informations existent sur l'abondance de l'anguille dans les bassins versants reliés au fleuve Saint-Laurent, là où les anguilles réalisent une partie de leur cycle vital. Historiquement, la situation de cette espèce a toujours été activement documentée dans l'estuaire fluvial et dans le Haut-Saint-Laurent, au Québec comme en Ontario. Cependant, les connaissances sur la production d'anguilles dans les tributaires du Saint-Laurent situés en aval de Trois-Rivières demeurent à ce jour assez fragmentaires. Le Ministère dispose pourtant d'informations qui confirment que plusieurs tributaires du Saint-Laurent sont fréquentés par l'anguille et contribuent à la production de géniteurs. Toutefois, l'importance de cette contribution demeure imprécise et les séries historiques disponibles ne concernent que quelques cours d'eau du Bas-Saint-Laurent, de la Gaspésie et de la Côte-Nord.

Alors que la situation semble stable à la suite du déclin des années 1990, des efforts de rétablissement de l'anguille et d'acquisition de connaissances sur l'espèce sont menés par différents intervenants, dont le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), les acteurs du milieu (propriétaires de barrages, communautés autochtones, organismes de bassin versant, compagnies hydroélectriques, etc.) et quelques consultants. Les principaux objectifs poursuivis par ces initiatives sont de documenter la répartition actuelle de l'anguille, d'évaluer son abondance relative entre les régions et les plans d'eau du Québec et de redonner à l'anguille un accès à des habitats historiques, notamment par l'installation de passes migratoires.

L'intérêt grandissant pour la conservation de l'anguille justifie de se doter d'un protocole standardisé permettant la comparaison des données recueillies par les équipes sur le terrain. Ce protocole pourrait également encourager d'autres initiatives en facilitant la mise en place de projets sur l'anguille. Finalement, des données comparables entre les sites étudiés faciliteront le repérage des obstacles majeurs où rétablir la libre circulation de l'anguille devient un enjeu prioritaire.

¹ https://www.cubiq.ribg.gouv.qc.ca/notice?id=p%3A%3Ausmarcdef_0001241652&queryId=916fdf2d-5f84-4cf6-a74d-0beb53be751f&posInSet=2

Objectifs

Les objectifs de ce protocole sont de proposer une approche méthodologique reproductible normalisée permettant :

- De détecter la présence de l'anguille au pied des barrages et autres obstacles;
- D'obtenir une mesure d'abondance relative afin de déterminer les bassins versants où la mise en place d'ouvrages de franchissement doit être priorisée.

Les techniques d'inventaire recommandées sont spécifiques aux stades de développement de civelle, d'anguillette et d'anguille jaune.

Limites et mises en garde

- Ce protocole a été préparé après avoir testé l'efficacité des techniques d'échantillonnage de l'anguille, chaque méthode ayant ses biais, ses avantages, ses inconvénients et sa propre sélectivité. Les résultats obtenus permettront de faire le choix des meilleurs engins à utiliser pour standardiser l'estimation de l'abondance relative entre les sites étudiés.
- L'anguille étant en situation précaire, ce protocole tient compte du fait que différentes précautions doivent être prises pour limiter le stress et les mortalités.
- Le travail au pied d'obstacles à la migration comporte des risques pour la sécurité des personnes et pour l'intégrité du matériel utilisé. Cette mise en garde s'applique particulièrement lors de travaux exécutés au pied d'ouvrages de production hydroélectrique. Les inventaires de poissons au pied des obstacles présentent un défi technique parce que ce sont des milieux difficiles à échantillonner efficacement et de façon sécuritaire. Il n'est pas toujours possible d'approcher un obstacle comme un barrage à cause de la présence de fosses, de la vitesse du courant qui peut être élevée ou des exigences en matière de santé et de sécurité au travail.
- Les propriétaires des ouvrages où des travaux sont prévus doivent être prévenus de la visite d'une équipe, puisque certains pourraient exiger qu'un protocole de santé et sécurité soit établi.
- Lors des travaux prescrits dans ce protocole, il est fortement recommandé d'adopter une approche de biosécurité permettant de réduire les risques de propagation de maladies ou d'espèces exotiques envahissantes (EEE). Le lecteur trouvera à l'annexe A des informations utiles à cet effet.

Permis

La réalisation d'inventaires suivant le présent protocole requiert l'obtention d'un permis délivré à des fins scientifiques, éducatives ou de gestion de la faune (SEG), en vertu de l'article 19 du *Règlement de pêche du Québec* (DORS/90-214) (RPQ). Le formulaire de demande est disponible sur le site Internet du Ministère². Une demande de permis SEG doit être adressée au bureau de la Direction régionale de la gestion de la faune (DRGF) concernée. La DRGF fera l'analyse de la demande et en déterminera l'acceptabilité.

Le Ministère peut assortir un permis SEG de toute condition respectant l'esprit du RPQ. Le titulaire d'un permis SEG peut, par exemple, être tenu de rendre disponibles les données brutes recueillies (stations de capture et leurs coordonnées géographiques, description du matériel et de la méthode de capture utilisés, nombre de spécimens capturés par station, par date, par engin et par espèce, incluant les captures accidentelles) dans un fichier dont le gabarit est proposé par le Ministère. Ces données pourront ensuite être versées dans des bases de données qu'administre le Ministère, lui permettant ainsi de bonifier les connaissances sur l'anguille et les autres espèces dont il dispose déjà.

Un projet qui implique la manipulation et/ou l'anesthésie des anguilles peut également nécessiter un certificat de bons soins aux animaux (CBSA) délivré par un comité d'éthique et de protection animale affilié à une université ou à un autre établissement d'enseignement et certifié ou non par le Conseil canadien de protection des animaux (CCPA). Le CCPA a classifié les manipulations possibles des animaux en catégories invasives A à E, selon le degré de stress, d'inconfort ou de douleur qu'elles génèrent. Un CBSA est requis si les manipulations prévues sont de catégories invasives C et D, à moins qu'une procédure normalisée de fonctionnement (PNF) encadrant la manipulation soit disponible ou prévue à court terme³. Si les manipulations prévues sont de catégorie E, un CBSA est toujours requis. Il est à noter que, si l'étude mène à la publication d'un article scientifique, un numéro de CBSA est habituellement requis (se renseigner auprès de la revue visée par la publication). Une PNF sur l'anesthésie des anguilles est maintenant disponible⁴. Celle sur l'électronarcose est en préparation.

² <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/faune/documents/formulaire-demande-permis-SEG.pdf>

³ Consulter le guide du demandeur de permis SEG pour connaître les PNF disponibles et prévues : <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/faune/documents/guide-demande-permis-SEG.pdf>

⁴ <https://www.cubiq.ribg.gouv.qc.ca/search/06ac034b-71ee-487c-b895-cad4a3aecb6d>

Écologie de l'anguille⁵

Cycle de vie et morphologie

Le cycle de vie de l'anguille comporte plusieurs stades de croissance. Des anguilles ayant atteint les quatre derniers stades peuvent se trouver dans les eaux du Québec (figure 1).

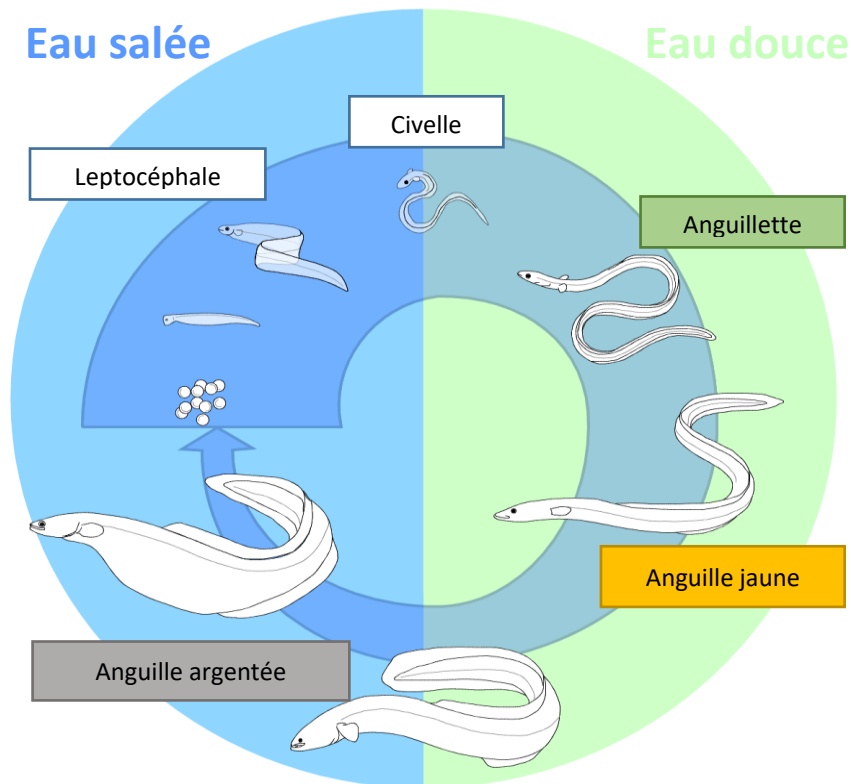


Figure 1. Cycle de vie de l'anguille d'Amérique

L'anguille est une espèce migratrice sémelipare et facultativement catadrome, c'est-à-dire que, de façon générale, elle croît en eau douce et migre en mer pour se reproduire une seule fois avant de mourir (Schmidt, 1922). Les plus jeunes anguilles à coloniser les eaux québécoises sont les civelles, les larves leptocéphales étant déjà métamorphosées lorsqu'elles atteignent le plateau continental. Les civelles et les anguillettes entreprennent leur développement dans les eaux douces ou saumâtres, où elles croissent. Elles sont alors

⁵ Seuls les détails écologiques utiles aux travaux terrain sont présentés dans cette section. Des synthèses d'informations contenant des descriptions étayées des notions d'écologie sont disponibles (COSEPAC, 2012; Nilo, 2001).

qualifiées d'anguilles jaunes. Les anguilles qui atteignent la maturité sexuelle entreprennent plusieurs années plus tard une ultime migration de reproduction vers la mer des Sargasses; ce sont les anguilles argentées.

L'anguille est une espèce panmictique (Côté et coll., 2013), c'est-à-dire que tous les individus de l'espèce appartiennent à la même population et se reproduisent aléatoirement. Les plus récentes connaissances génétiques sur l'anguille ont confirmé que les caractéristiques environnementales des habitats de résidence favorisent la sélection et l'existence d'écotypes aux caractéristiques génétiques et morphologiques particulières (Côté et coll., 2014; Gagnaire et coll., 2012; Pavey et coll., 2015). De plus, l'abondance des mâles et des femelles est hétérogène à l'échelle nord-américaine (ASMFC, 2012; Cairns et coll., 2014; Vladikov, 1970), les mâles étant particulièrement peu représentés, voire rares, dans les eaux québécoises.

Stade de civelle

La civelle succède à la phase larvaire nommée leptocéphale, qu'on trouve essentiellement au large des côtes au cours de la période de dispersion océanique vers les milieux continentaux. C'est à la phase civelle que l'anguille colonise les milieux côtiers et entre dans les estuaires saumâtres et dulcicoles. Les civelles ont une morphologie cylindrique comparable à celle des anguilles juvéniles en croissance et des adultes reproducteurs. Leurs nageoires dorsales, caudales et anales sont fusionnées, elles ont des nageoires pectorales, mais les nageoires pelviennes sont absentes. Au cours de cette phase, la pigmentation varie de nulle à complète entre l'origine de la nageoire dorsale et l'anus (Haro et Krueger, 1988). Les civelles sont initialement transparentes, à l'exception d'une tache cérébrale et d'une autre à l'extrémité caudale. La pigmentation évolue graduellement par l'apparition de pigments noirs sur la région dorsale, qui progressent vers la région ventrale. Les pigments initialement concentrés aux limites des myoseptes (jonction entre les myomères) se distribuent ensuite dans les myomères (segments musculaires). Une description détaillée de chacun des stades de pigmentation est disponible dans l'annexe B.

Le développement pigmentaire évolue rapidement au cours de la première saison de croissance (Haro et Krueger, 1988). Les anguilles dont la taille est inférieure à 70 mm et dont la pigmentation est incomplète sont généralement considérées comme des civelles (Dutil et coll., 2009; Haro et Krueger, 1991). Aucune anguille dans la phase civelle n'aurait été capturée au-delà de la ville de Neuville dans la région de Québec. À partir de ce seuil amont, les anguilles ont alors acquis une coloration et une taille propres au stade d'anguillette.

Stade d'anguillette

L'appellation anguillette est attribuée aux jeunes anguilles dont la pigmentation en mélanophores noirs est terminée. Les anguilles ne sont plus transparentes, le tractus digestif n'est plus visible et le ventre est grisâtre. Cette phase correspondrait à la première saison de croissance en eau douce au cours de laquelle les anguillettes colonisent les cours d'eau vers l'amont (Haro et Krueger, 1991). Par souci de conformité avec des travaux précédemment réalisés au Québec, on considère que les anguillettes sont des anguilles qui mesurent de 70 mm à 120 mm (Caron et coll., 2009; Fournier et Caron, 2005).

Stade d'anguille jaune

La phase anguille jaune est la principale phase de croissance de l'espèce et s'étend sur plusieurs années. La coloration du ventre est décrite comme jaunâtre, verdâtre ou brune (Scott et Crossman, 1974). Le dos est généralement plus foncé et varie du vert au brun. C'est au cours de cette période qu'ont lieu la différenciation sexuelle et la maturation des gonades. Cette phase désigne les anguilles de 120 mm ou plus.

Stade d'anguille argentée

Le stade argenté correspond à l'anguille en dévalaison qui quitte l'eau douce pour se diriger vers la mer des Sargasses en vue de la reproduction. Plusieurs changements morphologiques surviennent : la peau acquiert une coloration argentée et métallique (Durif et coll., 2005; Scott et Crossman, 1974), les nageoires pectorales s'agrandissent (Durif et coll., 2005; McGrath et coll., 2003), le système digestif dégénère (Durif et coll., 2005), le diamètre des yeux augmente (McGrath et coll., 2003; Pankhurst, 1982). À maturité, les femelles atteignent une plus grande taille (>450 mm) que les mâles (<450 mm) et les tailles moyennes varient géographiquement (Caron et coll., 2009; COSEPAC, 2012; Fournier et Caron, 2005; Helfman et coll., 1987). Une très grande proportion des anguilles produites dans les eaux québécoises sont des femelles de grande taille et de fécondité élevée (Dutil et coll., 1985; Tremblay, 2009; Verreault, 2002). Dans l'estuaire du Saint-Laurent, en 2017, les femelles argentées avaient un âge moyen de 12,5 ans (8-20 ans) et une longueur moyenne de 904,1 mm (Verreault et Dussureault, 2018).

Migration

Plusieurs chercheurs remarquent que la température de l'eau influence les migrations. En Caroline du Nord, on a observé que les civelles migrent à partir de températures variant entre 10 °C et 15 °C et poursuivent leur migration jusqu'à des températures pouvant atteindre 30 °C (Overton et Rulifson, 2009). Schmidt et ses collaborateurs (2009) ont noté que les migrations ne débutent habituellement pas avant que la température atteigne 12 °C dans un tributaire de la rivière Hudson, dans l'État de New York. Au Québec, des travaux sur la rivière Petit Saguenay et sur la Petite rivière de la Trinité indiquent que la migration des anguillettes est favorisée par des températures supérieures à 15 °C et 18 °C, respectivement (Fournier et Caron, 2001; Raymond et Tremblay, 1995). Bernard et Desrochers (2005) ont noté à Beauharnois une augmentation graduelle du nombre quotidien d'anguilles en montaison qui semble coïncider avec la première hausse de la température, qui passe de 21,2 °C à 22,5 °C. Selon les mêmes auteurs, un refroidissement de l'eau en cours de saison aurait eu pour effet de réduire le nombre d'anguilles en migration, suivi d'une hausse des captures lorsque la température de l'eau culmine en août. Les pics de migration surviennent généralement à des températures avoisinant 20 °C (tableau 1).

Aire de répartition

L'aire de répartition de l'anguille s'étend du sud-ouest du Groenland au Venezuela et l'espèce se reproduit dans la mer des Sargasses (Schmidt, 1922; Scott et Crossman, 1974; Tesch, 2003). L'anguille d'Amérique est présente dans les eaux douces (lacs et rivières), dans les estuaires et les eaux marines de la côte ouest de l'Atlantique (Helfman et coll., 1987; Scott et Crossman, 1974).

Verreault et ses collaborateurs (2004) ont délimité l'aire de répartition historique de l'anguille au Québec en combinant les sites archéologiques et contemporains de pêche à l'anguille, les captures d'anguilles lors de campagnes d'échantillonnage récentes et la limite amont créée par un obstacle naturel sur chaque tributaire du bassin versant du Saint-Laurent. L'anguille était historiquement établie dans l'ensemble des bassins versants associés au fleuve et au golfe du Saint-Laurent en aval d'obstacles naturels empêchant sa migration.

La répartition actuelle est toutefois limitée par les obstacles à la migration, comme des pontons, des seuils et des barrages. Sur 5443 barrages répertoriés et analysés au Québec, dont près de 3200 sont dans l'aire de répartition historique de l'espèce, 94,4 % sont difficilement franchissables ou infranchissables par les anguilles lors de leur déplacement vers l'amont, notamment pour les spécimens dont la taille est supérieure à 20 cm (Tremblay et coll., 2011). Plusieurs de ces barrages sont situés en aval des bassins versants et limitent l'accès à d'importantes superficies d'habitat. À ce jour, un peu plus de 40 obstacles sont munis de passes migratoires à anguilles au Québec.

Alimentation

Les anguilles sont essentiellement carnivores, opportunistes, benthiques et principalement actives la nuit (Dolan, 1975). Chez les individus de tailles inférieures à 400 mm, les contenus stomacaux sont composés principalement d'insectes et de leurs larves (Dutil et coll., 1989; Facey et Labar, 1981; Ogden, 1970). Lorsqu'elles atteignent une plus grande taille, les anguilles s'alimentent également de poissons, de mollusques et de crustacés (Caron et coll., 2009; Dolan, 1975; Facey et Labar, 1981; Fournier et Caron, 2005; Ogden, 1970). Elles cessent de s'alimenter lorsqu'elles amorcent leur migration de reproduction.

Habitat

Au cours de son cycle de vie, l'anguille utilise une grande diversité d'habitats en eaux douces, saumâtres et salées et effectue parfois des migrations entre ces habitats au cours d'une même année (Hedger et coll., 2010; Thibault et coll., 2007a; Thibault et coll., 2007b). La taille des domaines vitaux varie selon le type d'habitat, soit de quelques mètres carrés à 3,4 ha en estuaire et en eau salée (Bozeman et coll., 1985; Dutil et coll., 1988; Ford et Mercer, 1986) et peut atteindre jusqu'à 65 ha en lac (Labar et Facey, 1983).

L'anguille est une espèce généraliste et surtout benthique (Lloyst et coll., 2015; Wiley et coll., 2004). En eau douce, elle fréquente les habitats lenticques et lotiques des lacs, des rivières, des petits cours d'eau et des baies à des profondeurs variant généralement de 0 à 15 m (COSEPAC, 2012; Geer, 2003). Pendant le jour, elle utilise des abris comme des débris ligneux, la végétation aquatique et les interstices entre les roches pour se protéger (Geer, 2003). Elle est également associée au substrat meuble, comme le sable et la vase (Lloyst et coll., 2015). Les zostéraiés ont été identifiées comme des habitats très utilisés par l'anguille dans l'estuaire de la rivière Saint-Jean en Gaspésie (Caron et coll., 2009).

Les anguilles ont la capacité de se déplacer par reptation hors de l'eau, ce qui leur permet d'utiliser les rives des cours d'eau ou des surfaces anthropiques pour se déplacer. Le substrat doit cependant être incliné et faiblement alimenté en eau (Baudoin et coll., 2014). La présence de rugosités sur le substrat aide les anguilles à progresser, surtout sur des pentes dont l'inclinaison dépasse 45° (Baudoin et coll., 2014). Le franchissement d'un obstacle par reptation dépend principalement de la pente, de la distance à franchir, de la taille des individus en migration et de l'épaisseur de la lame d'eau (<2 cm pour l'anguillette et <1 cm pour la civelle) (Baudoin et coll., 2014). Les plus petits individus de taille inférieure à 120 mm peuvent escalader une paroi verticale sans appui grâce aux forces de tension superficielle créées entre leur corps et la paroi humide (Baudoin et coll., 2014). Leur capacité de reptation est toutefois compromise par des interruptions dans la surface humide et rugueuse de reptation, par exemple en présence d'un renfort.

Menaces pesant sur l'espèce

Dans l'ensemble de son aire de répartition, l'anguille fait face à six menaces principales (Chaput et coll., 2014; Drouineau et coll., 2018) : la fragmentation d'habitat, la mortalité lors du passage dans les turbines, les pêcheries, les contaminants, les changements climatiques et les parasites et maladies. Certaines de ces menaces peuvent être documentées en parallèle des travaux de capture d'anguilles.

Méthodologie

Périodes d'échantillonnage

Pour maximiser les captures ou s'assurer de tenir l'inventaire lorsque les conditions sont optimales, on peut tirer avantage des mœurs nocturnes (lucifuges⁶), du comportement fouisseur (thigmotaxie⁷), des migrations (rhéotaxie⁸ positive ou négative) et des déplacements saisonniers liés à la quête alimentaire (Tesch, 2003).

Le stade de croissance des anguilles en montaison varie au Québec en fonction de la localisation des eaux. Dans l'est de la province, les anguilles arrivent sur les côtes sous la forme de civelles, alors que dans la région de Montréal, par exemple, les anguilles en migration sont de taille supérieure et correspondent davantage au stade d'anguille jaune. Les techniques d'inventaire doivent donc être adaptées à la localisation du site d'inventaire.

Les pêches scientifiques doivent être réalisées durant le pic de migration de l'anguille, dont les dates varient d'une région à l'autre au Québec et d'un site à l'autre au sein d'une même région (tableau 1). De plus, dans les zones soumises à l'influence de la marée, les anguilles sont plus actives lors des marées hautes (Dutil et coll., 1988), à l'étale de haute mer et au début de la marée descendante (Harrison et coll., 2014). L'activité des anguilles serait plus grande dans les premières heures de noirceur (Dutil et coll., 1989). Les anguilles se déplacent généralement la nuit, quoique, selon Aldinger et Welsh (2017), les petites anguilles jaunes peuvent aussi se déplacer le jour. On a d'ailleurs observé en 2021 des anguillettes en montaison en plein jour dans des passes-pièges de la Côte-Nord.

⁶ Se dit d'animaux qui évitent la lumière.

⁷ Se dit des poissons qui recherchent le contact avec le substrat ou les roches.

⁸ Propriété qu'ont certains poissons de pouvoir s'orienter par rapport au sens du courant.

Tableau 1. Période de migration de l'anguille vers ses habitats de croissance dans divers cours d'eau du Québec

Site	Région	Période de migration	Longueur (mm)	Température de l'eau	Référence
Barrage de Beauharnois, lac Saint-Louis	Montréal	Pic : mi-juillet à mi-août	197 à 796 Moyenne : 370,9	Pic de migration : 20,9 à 24,4 °C	Guillemette et coll. (2019)
Barrage de Chambly, rivière Richelieu	Montréal	Pic : mi-juillet à mi-août	189 à 653 Moyenne : 336,9	Pic de migration : 26,7 à 27,7 °C	Guillemette et coll. (2019)
Rivière Petit-Saguenay	Saguenay–Lac-Saint-Jean	Juillet à août	120 à 400	Début de la migration : plus de 18 °C	Raymond et Tremblay (1995)
Rivière Ha! Ha!	Saguenay–Lac-Saint-Jean	Mi-juin à fin août	Moyenne : 91,5 mm (2025)	Début de la migration : plus de 18 °C Plus fortes montaisons enregistrées à 23-24 °C (2023-2024)	MELCCFP, non publié
Rivière du Sud-Ouest	Bas-Saint-Laurent	Juin à août	90 à 529 Moyenne : 227,4	La quasi-totalité des montaisons sont enregistrées à des températures excédant 18 °C (1996-2024)	Verreault (2002) MELCCFP, non publié
Rivière Mitis	Bas-Saint-Laurent	Mi-juillet à mi-août	80 à 491 Moyenne : 175,1	Moyenne quotidienne pendant la saison : 21,0 °C Variation : 16,5 à 24,1 °C	Verreault et coll. (2015)
Petite rivière de la Trinité	Côte-Nord	Juin à août	59 à 679 Moyenne : 137 à 146	Début de la migration : plus de 15 °C	Fournier et Caron (2005)
Grande rivière de la Trinité	Côte-Nord	Mi-juin à fin août	55 à 513 Moyenne : 96	Plus de 17 °C. Des pics sont observés à des températures moyennes de 21,5-22 °C (2021-2024)	MELCCFP, non publié
Ruisseau du Moulin	Gaspésie	Fin-juin à mi-août	78,2 % de la collection 2025 se situe dans l'intervalle 94-173 mm Moyenne : 150,2 (2025)	Début de la migration : plus de 17 °C. Les captures diminuent en août dès que la température devient inférieure à cette valeur (2022-2024)	MELCCFP, non publié
Rivière Saint-Charles	Capitale-Nationale	Début juillet à fin août	n.d.	Les montaisons s'estompent dès que la température passe sous la barre des 15 °C (2023-2024)	MELCCFP, non publié

Méthodes de capture

Dans l'optique de capturer les différents stades de l'anguille, plusieurs méthodes et engins de pêche ont été développés. Le tableau 2 dresse la liste de ces méthodes, décrit les types de données recueillies, les stades visés et la variabilité de l'échantillonnage de certaines techniques. Finalement, il fait le bilan des avantages et inconvénients de chacune.

Tableau 2. Types de données recueillies selon les techniques d'échantillonnage et avantages et inconvénients à considérer lors du choix de l'engin

Technique	Données recueillies		Stades visés	Avantages	Inconvénients
	Présence-absence	Abondance relative			
Piège Sullivan	X		Civelles, anguillettes et petites anguilles jaunes	Pêche passive, personnel réduit, relevés le jour, peu dispendieux, facile à fabriquer et à utiliser	Les anguilles peuvent s'en échapper, facile à déplacer ou à retirer par le public, capture uniquement de petites anguilles
Observations nocturnes	X		Civelles, anguillettes et anguilles jaunes	Peu dispendieux, personnel réduit, ne nécessite pas de temps d'installation et de démantèlement Ne nécessite aucun permis s'il n'y a pas de captures ou de manipulations	Pêche active de nuit, nécessite des mesures de sécurité supplémentaires
Épuisette	X		Civelles et anguillettes	Peu dispendieux, personnel réduit, ne nécessite pas de temps d'installation et de démantèlement	Pêche active de nuit, nécessite des mesures de sécurité supplémentaires
Pêche à l'électricité portable	X	X	Tous les stades	Personnel réduit, variabilité de l'échantillonnage faible	Inventaire en eaux peu profondes seulement, ne peut être réalisée dans les estuaires d'eau salée ou saumâtre, doit être adaptée à l'espèce Techniques de travail différentes de celles qui sont utilisées pour les autres espèces (réflexe de galvanotaxie faible-nul chez l'anguille)
Verveux	X	X	Mailles ≥ 4 mm : anguillettes, anguilles jaunes et argentées	Pêche passive, couvre les déplacements de nuit	L'engin peut se salir rapidement et décrocher, nécessite donc une vérification ou un entretien; variabilité de l'échantillonnage élevée
Passe-piège (rampe de montaison munie d'un vivier terminal)	X	X	Civelles, anguillettes et anguilles jaunes	Variabilité faible, spécifique à l'anguille, couvre les déplacements de nuit	Beaucoup de matériel à transporter, suivi important pour s'assurer du bon fonctionnement
Casier à anguilles	X	*	Anguilles jaunes	Personnel réduit, adéquat en eaux profondes, couvre les déplacements de nuit	Beaucoup de matériel à transporter, peu de connaissances sur cette technique, mais semble peu efficace dans les zones de faible densité d'anguilles
ADN environnemental	X		Tous les stades	Non invasif Nécessite un investissement en ressources humaines et financières moins important Méthode sensible pour des situations en faible abondance	Nécessite l'utilisation de protocoles rigoureux pour limiter le risque de faux positifs Interprétation des résultats peut-être plus compliquée Accès aux services d'analyses restreint

* Dans une zone de densité élevée d'anguilles, il pourrait y avoir saturation de l'engin et possiblement échappement entre le moment de la pose et celui de la levée (Baras et coll., 1994).

Mise en garde

Les tests réalisés par le MELCCFP confirment la nécessité d'utiliser au moins deux techniques d'échantillonnage pour valider la présence ou l'absence d'anguilles dans les eaux à l'étude.

Précisions pour la capture de civelles

Les civelles peuvent être capturées à l'aide de pièges utilisés pour la capture d'anguilles de plus grande taille, avec les adaptations nécessaires. Dans de tels cas, des précisions sont apportées dans la section « Matériel et méthode par engin ».

Lorsque les civelles arrivent en eau douce, leur pigmentation progresse rapidement (Dutil et coll., 1989; Sullivan et coll., 2009). Dutil et ses collaborateurs (1989) rapportent que, dès la mi-juillet, sur la Petite rivière de la Trinité, la plupart des jeunes anguilles sont pigmentées et qu'aucune civelle n'a été capturée à 4 km de distance de l'estuaire.

En raison de leur petite taille et de leur morphologie, les civelles ont une capacité de nage limitée. Lors de la colonisation des milieux côtiers, le transport par sélection du courant de marée (*Selective tidal stream transport*) leur permet de progresser vers l'amont des systèmes en utilisant les courants créés par la marée. À marée montante, elles se retrouvent dans la colonne d'eau, alors qu'à marée descendante elles se concentrent près des berges puis au fond de l'eau (Harrison et coll., 2014). Les civelles peuvent faire une pause dans leur migration et se concentrer à l'interface eau salée-eau douce créée par le front de marée lors de leur entrée en estuaire (Ciccotti et coll., 1995; Dutil et coll., 1989). Plusieurs études ont montré que les nouvelles lunes et les grandes marées favorisent la capture de civelles, mais l'effet peut varier en fonction de la turbidité et du couvert nuageux (Adam et coll., 2008; Jellyman et Lambert, 2003; Sullivan et coll., 2006). Un projet visant à documenter la phénologie de l'arrivée des civelles en 2024 (MELCCFP, non publié) a démontré que les premiers groupes significatifs de civelles translucides à se présenter dans la région du golfe arrivaient après la 3^e semaine de juin.

Matériel et méthode par engin

Pour éviter d'énumérer les informations à noter lors des inventaires réalisés avec les techniques décrites dans la présente section, celles-ci sont présentées dans la section « Traitement des captures » et l'annexe C (formulaires de terrain).

Piège Sullivan

Le piège Sullivan est composé de câbles dont les torons ont été détressés et dont le poids permet de le maintenir en place dans l'eau (figure 2). Il est conçu pour offrir aux jeunes anguilles un habitat artificiel de repos et de protection pendant leur migration vers l'amont des cours d'eau. Il doit être utilisé à de faibles profondeurs pour qu'on puisse rapidement le transférer dans une chaudière lors de sa récupération. Le piège permet de capturer les anguilles aux stades de civelles, d'anguillettes et de petites anguilles jaunes (Sullivan et coll., 2009).

Le piège Sullivan est un engin passif dans lequel les anguilles sont libres de circuler et de sortir. Il ne peut être utilisé pour calculer l'abondance relative entre des rivières, parce que son efficacité dépend de la disponibilité des refuges alternatifs à proximité. En revanche, en installant les pièges aux mêmes endroits d'une année à l'autre et en appliquant une méthodologie normalisée pour suivre la tendance à un site sur plusieurs années, il est possible d'obtenir un indice d'abondance relative interannuel pour un site donné. Le principal inconvénient lié à l'utilisation de ce piège est qu'il est facilement visible et transportable, il peut donc être déplacé ou retiré de l'eau par le public entre les visites. C'est un élément à vérifier lors de la levée du piège pour apprécier la validité de la pêche.



Figure 2. Piège Sullivan

Technique d'échantillonnage

Un groupe de trois pièges espacés de 1 à 5 m doit être déposé en aval d'un obstacle que les anguilles tenteraient de franchir la nuit. Le site doit idéalement être exempt de composantes d'habitat (substrat minéral grossier, débris ligneux abondants, etc.) offrant de meilleures conditions que les pièges eux-mêmes, donc le substrat doit être relativement homogène. Le site échantillonné devrait se trouver en aval d'une zone d'eau turbulente (<20 m) et/ou près d'une rive. Dans les zones à marée, le piège doit être déposé à un endroit où il ne sera pas complètement exondé à marée basse, mais à une profondeur inférieure à 2 m à marée haute (Sullivan et coll., 2009). Une épuisette ou une section de verveux doit être ajoutée sous le piège pour « enfermer » le piège et ses occupantes lors de la levée.

Lors de la levée du piège, celui-ci doit être secoué 30 fois, tête en bas, dans une chaudière remplie de l'eau de la rivière pour libérer les anguilles qui se sont cachées dans le substrat artificiel. Son contenu peut ensuite être vidé sur un tamis à mailles fines de 1 mm pour dénombrer les anguilles capturées.

Les caractéristiques de la station sont notées au centre du groupe de trois pièges (voir le formulaire de terrain à l'annexe C). Une photographie de la station doit également être prise.

Effort de pêche

Le piège Sullivan doit pêcher au même endroit pendant au moins quatre semaines et être levé à raison de deux fois par semaine, pendant la période de migration. L'unité d'échantillonnage est le nombre d'heures de pêche.

Matériel recommandé

- Pièges Sullivan d'une dimension approximative de 30 cm (diamètre);
- Section de verveux ou épuisette d'une dimension excédant celle du piège Sullivan (à refermer sur le piège à chaque levée);
- Épuisettes à mailles fines;
- Deux chaudières avec couvercle;
- Tamis à mailles fines;
- Planche à mesurer;
- Solution anesthésiante (voir la section « Traitement des captures »), bac d'anesthésie et de réveil;
- Bulleurs;
- GPS;
- Thermomètre;
- Appareil photo;
- Formulaire de terrain et nécessaire pour écrire.

Observations nocturnes

L'observation d'anguilles en reptation sur des parois permet de détecter la présence de l'espèce dans un cours d'eau. Il s'agit d'une méthode qui nécessite un minimum de personnel et de matériel, mais qui implique d'être présent en aval d'obstacles la nuit, alors que les anguilles sont plus actives. Des mesures de sécurité supplémentaires doivent être mises en œuvre pour assurer la sécurité de l'équipe. Une visite préparatoire devrait être réalisée de jour par l'équipe afin de localiser les accès et les parois propices à l'inventaire et de procéder à la prise de photos qui seront utiles, à différentes fins. Ces parois présentent habituellement une zone humide, rugueuse et continue à faible lame d'eau (épaisseur de l'écoulement <1 cm pour la civelle et <2 cm pour l'anguillette).

Des anguilles en reptation de taille entre 66 et 157 mm ont pu être observées de nuit sur la rivière Mitis (Verreault et coll., 2015). Sur la Petite rivière de la Trinité, en 2021, la taille de 77,1 % des anguilles en reptation mesurées se situait entre 66 et 115 mm (MELCCFP, non publié). En Europe, il est rapporté que des individus de taille inférieure à 120 mm peuvent être observés de cette façon sur des parois verticales (Baudoin et coll., 2014). Pour les anguilles jaunes de plus grandes tailles, la reptation est possible sur des pentes prononcées (45° à 60°) si la surface humide présente des rugosités qui peuvent servir d'appuis lors de la progression.

Technique d'échantillonnage

Le dénombrement des anguilles doit se faire par un balayage systématique de la paroi, à raison de trois passages espacés d'une heure par nuit d'échantillonnage sur chaque paroi sélectionnée. Le décompte doit être réalisé à l'aide d'une lampe frontale à faible intensité. À titre d'exemple, sur la Petite rivière de la Trinité et sur la rivière Petit Saguenay, des observations brèves de 5 à 10 minutes à 21 h, 22 h et 23 h ont été réalisées (Dutil et coll., 1989; Raymond et Tremblay, 1995). Il est important de noter précisément l'heure du début et de fin de chaque passage, puisqu'elle permet de calculer un nombre d'individus par unité d'effort (minutes d'observation). Aux sites soumis à l'influence de la marée, les marées hautes sont des moments favorables à l'observation d'anguilles en montaison. La plupart du temps, les anguilles utilisent des voies de reptation préférentielles, de sorte que, lorsque les conditions hydrologiques sont comparables, il n'est pas rare de procéder à des observations aux mêmes endroits, à chaque passage et chaque jour.

Si des mesures sont requises, elles doivent être réalisées sur un échantillon d'au moins 30 individus sélectionnés aléatoirement parmi les captures pour établir les fréquences de longueur et une taille moyenne. De petites épuisettes sont utiles pour récupérer les individus dans l'eau. Pour les individus en reptation, l'utilisation d'un contenant en plastique (p. ex., contenant de 4 L dont le fond est coupé) facilite la capture. Plusieurs passages peuvent être faits jusqu'à l'atteinte du nombre minimal requis. Un temps de répit d'au moins 15 minutes entre les passages d'épuisette est recommandé pour permettre aux anguilles qui auraient pu fuir de revenir sur le site.

Effort de pêche

Afin de détecter la présence d'anguilles, les observations de la paroi doivent être réalisées au cours de la période de migration pendant au moins quatre semaines, à raison de deux visites par semaine.

Matériel recommandé

- Épuisettes à mailles fines;
- Chronomètre;
- 2 chaudières avec couvercle;
- Contenant de 4 L sans fond (optionnel);
- Lampes frontales avec intensité d'éclairage variable;
- Planche à mesurer;
- Solution anesthésiante (voir la section « Traitement des captures »), bac d'anesthésie et de réveil;
- Bulleurs;
- GPS;
- Thermomètre;
- Appareil photo;

- Formulaire de terrain et nécessaire pour écrire.

Épuisette

L'épuisette est une méthode efficace de capture de civelles et d'anguillettes quand elle est pratiquée la nuit, lors de leur entrée en estuaire et en rivière, pendant leur période de migration. L'engin est une épuisette à long manche munie d'un filet circulaire à mailles fines. La plupart des épuisettes utilisées par le Ministère ont un diamètre de 50 cm, ce qui permet d'éliminer les biais attribuables à la taille de l'ouverture des engins.

Technique d'échantillonnage

Les anguilles en montaison utilisent les zones d'écoulement dominantes et la proximité de la berge pour orienter leurs déplacements (Steinbach, 2006, dans Tremblay et coll., 2011). L'aval de l'obstacle doit donc être échantillonné en longeant les berges à la recherche de secteurs d'eau plus calme à proximité de l'écoulement principal. Aux sites soumis à l'influence de la marée, l'échantillonnage doit idéalement avoir lieu dans les heures précédant l'étal de pleine mer et au début de la marée baissante (Ciccotti et coll., 1995; Harrison et coll., 2014). C'est dans ces circonstances que les captures sont généralement les plus abondantes.

Pour des raisons de sécurité, il est recommandé de visiter préalablement le site de jour et de former une équipe de deux observateurs pour les travaux de nuit. L'inventaire doit être réalisé dans les premières heures suivant le coucher du soleil, même si c'est généralement à partir de 21 h 30 que le gros des captures est réalisé. En balayant leur épuisette lentement, de façon répétée ou en pratiquant des mouvements de gauche à droite, les observateurs doivent échantillonner une zone adjacente à la berge, le long d'un transect de 10 m, pendant une durée déterminée de 5 minutes. La largeur de cette zone peut varier selon la nature du substrat et la profondeur de l'eau. Une profondeur minimale de 20-30 cm est considérée comme adéquate. Une profondeur inférieure à 20 cm rend l'utilisation de l'épuisette difficile. Puisque les civelles et les anguilletes se déplacent généralement en surface, l'épuisette ne devrait pas être immergée plus qu'aux trois quarts, ce qui a aussi pour effet de rendre les mouvements moins difficiles. Au terme d'un transect, chaque pêcheur doit changer de section et entreprendre un autre transect de 10 m, et ainsi de suite. Si l'effort déployé lors d'un transect est inférieur à 5 minutes, il est important d'en noter précisément la durée, puisqu'elle permet tout de même de calculer un nombre de captures par unité d'effort (CPUE). Les durées sont additionnées s'il y a plusieurs observateurs. Le décompte doit être fait à l'aide d'une lampe frontale dont le faisceau est atténué. Le nombre d'individus récupérés doit être calculé après chaque passage de 5 minutes. Les deux rives doivent être échantillonnées en alternance lorsque cela est possible, par chacun des deux pêcheurs.

Un échantillon d'au moins 30 individus dénombrés doit être sélectionné aléatoirement parmi les captures pour en mesurer la longueur et établir une distribution de fréquence de taille ainsi qu'une longueur moyenne.

Les informations et la localisation de la station au centre du transect échantillonné doivent être colligées sur le formulaire de terrain (annexe C). On doit également prendre une photographie de la station, de jour idéalement.

Effort de pêche

L'aval de l'obstacle doit être échantillonné sur une période d'au moins quatre semaines, à raison de deux visites par semaine au cours de la période de migration. Lorsque cela est applicable, les sorties sont planifiées à marée haute.

Matériel recommandé

- Épuisette à long manche (manche de 183 cm, diamètre extérieur et intérieur de respectivement 55,5 et 53,0 cm, mailles de 500 micromètres);
- Équipement de protection individuel : gants isolants, botte-salopette (*wader*), veste de flottaison individuelle (VFI) et lumière stroboscopique activée par l'eau;
- Chronomètre;
- 2 chaudières avec couvercle;
- Lampes frontales avec intensité d'éclairage variable;
- Planche à mesurer;
- Solution anesthésiante (voir la section « Traitement des captures »), bac d'anesthésie et de réveil;
- Bulleurs;
- GPS;
- Thermomètre;
- Appareil photo;
- Formulaire de terrain et nécessaire pour écrire.

Pêche électrique portative

La pêche électrique est une technique précise pour échantillonner l'anguille. Elle présente une variabilité plus faible que les autres méthodes (tableau 2), mis à part le décompte des anguilles dans une passe migratoire (Casselman et Marcogliese, données non publiées dans Cairns et coll., 2019). Selon Casselman et Marcogliese (2007), l'efficacité de la pêche électrique de jour diminue en fonction de l'abondance d'abris et d'interstices où l'anguille peut se cacher.

Technique d'échantillonnage

La pêche électrique est une méthode non sélective utilisée couramment pour capturer des poissons, déterminer leur abondance et décrire les populations (Casselman et Grant, 1998; Reynolds et Holliman, 2004; Reynolds et Dean, 2020). La pêche électrique portative (figure 3) est privilégiée pour les milieux de faible profondeur inaccessibles aux embarcations. Deux méthodes sont utilisées pour quantifier l'abondance des anguilles et en faire le suivi : les méthodes par point et par transect. Reid (2011) a comparé les deux méthodes lors des suivis des transferts d'anguilles dans des tributaires en Ontario. Il conclut que la méthode par transect est préférable parce qu'elle est plus apte à détecter les anguilles et favorise des captures deux fois plus importantes que la méthode par point.



Figure 3. Technique de pêche électrique

Le courant généré par un appareil de pêche électrique cause une détresse ou un inconfort modéré à intense aux poissons (catégorie invasive D du Conseil canadien de protection des animaux). L'utilisation inadéquate de ce type d'appareil peut causer la mort par électrocution et des lésions internes assez importantes pouvant

entraîner la mort du poisson, même s'il semble bien se porter à la remise à l'eau (consulter la section « Permis » pour plus d'informations sur les PNF disponibles).

Un inventaire à l'aide d'un appareil portatif de pêche à l'électricité (figure 3) peut être effectué dans un cours d'eau d'une profondeur faible à moyenne et d'une vitesse de courant ne mettant pas en danger les équipiers. Il incombe au chef d'équipe d'évaluer la faisabilité du travail selon ces critères (Deschamps et coll., 2018, non publié; Leclerc et coll., 2007).

La pêche électrique portative est recommandée de jour seulement, pour des motifs d'efficacité et de sécurité. Verreault (2002) précise qu'il est nécessaire de privilégier la pêche dans les jours suivant une averse importante, puisqu'une hausse soudaine du niveau d'eau incite les anguilles à se déplacer vers l'amont, maximisant ainsi les chances de capture. Cette information demeure à valider, puisque le suivi récent de certaines passes migratoires tend à démontrer que les pics de montaison s'observent surtout en étiage, lorsque les débits sont plus faibles. Dans tous les cas, il importe de s'assurer que la turbidité de l'eau ne nuit pas à l'efficacité de l'échantillonnage par une réduction de la visibilité qui diminuerait les chances de détection des poissons, les anguilles pouvant être confondues avec les lamproies.

En premier lieu, on déterminera l'endroit le plus en amont où il est possible de pêcher au pied de l'obstacle. La pêche débute 100 m en aval de ce point. Il est ensuite nécessaire d'ajuster le voltage, la fréquence et le rapport cyclique (Duty Cycle [DC]) en fonction des caractéristiques physicochimiques de l'eau. En règle générale, on augmente le voltage lorsque la conductivité est faible ou si le cours d'eau est profond. Pour éviter de blesser les anguilles, il est conseillé de débiter avec des réglages faibles et de les augmenter graduellement, en séquence, voltage, rapport cyclique et fréquence, si nécessaire, jusqu'à ce qu'ils soient efficaces pour la capture. L'ampérage (maximum à 3 A) et la fréquence (20 à 30 Hz) doivent être bas, mais ajustés au milieu. Une trop haute fréquence est le principal facteur causant les blessures chez les poissons (Service de la faune aquatique, 2011). Les tests de réglage devraient être réalisés dans une section de cours d'eau un peu retirée du site d'échantillonnage, mais dont les caractéristiques sont similaires.

Avant de commencer la pêche, on doit noter la date, l'heure de début, le voltage, la fréquence, le DC, la température de l'eau, la conductivité, les coordonnées géographiques du début du transect et une brève description de la localisation de la station (voir le formulaire de terrain à l'annexe C). Il faut mettre le compteur de l'appareil à zéro. On doit également prendre une photographie de la station.

La pêche se déroule de la rive jusqu'à une profondeur d'un mètre au large (limite d'efficacité de l'appareil), de l'aval vers l'amont (figure 4). Le porteur de l'anode se déplace de manière à réaliser une prospection du transect en diagonale. L'électricité ne doit pas être diffusée en continu. On doit maintenir le champ électrique entre 5 et 10 secondes et prendre ensuite une pause de quelques secondes, de manière à surprendre le poisson et à ne pas le repousser sans cesse vers l'amont. Il faut profiter de chaque microhabitat (grosse pierre, souche, etc.) où une anguille pourrait se cacher pour créer l'effet de surprise. L'équipier qui manipule l'épuisette se tient à côté de celui qui est responsable de l'anode, à peine un pas derrière, mais toujours dans le champ de vision de l'opérateur de la pêche électrique. Le puits a pour fonction de capturer l'anguille électrochoquée qui pourrait dériver avec le courant. Selon les conditions de courant, il peut être plus efficace de laisser l'épuisette au fond du cours d'eau que de se tenir à l'affût. Dès que l'anguille est dans l'épuisette, il faut couper le courant pour diminuer le risque de blessures internes. Si une troisième personne est disponible, elle peut aider à récupérer les anguilles et prendre les notes. On doit noter toutes les anguilles (vues, échappées, capturées), la taille (LT) en millimètres de celles qui sont capturées ainsi que la coordonnée géographique du site de capture.

À la fin du transect, on doit noter la visibilité, les coordonnées géographiques, la distance parcourue, la largeur moyenne échantillonnée (en utilisant le mode trace d'un GPS par exemple), l'heure de fin, le nombre de secondes écoulées sur l'appareil de pêche électrique. Ces données, ainsi que la superficie échantillonnée en mètres carrés, sont importantes, puisqu'elles permettent de comparer l'abondance en fonction de l'effort de pêche (annexe C). Étant donné que l'inventaire est dirigé surtout vers les sites propices, il peut être plus précis de comparer l'effort en utilisant le temps de pêche (en secondes) plutôt que la surface inventoriée.

On devrait recommencer l'exercice sur l'autre rive si possible, ou réaliser l'inventaire sur la largeur de la rivière si la profondeur le permet.

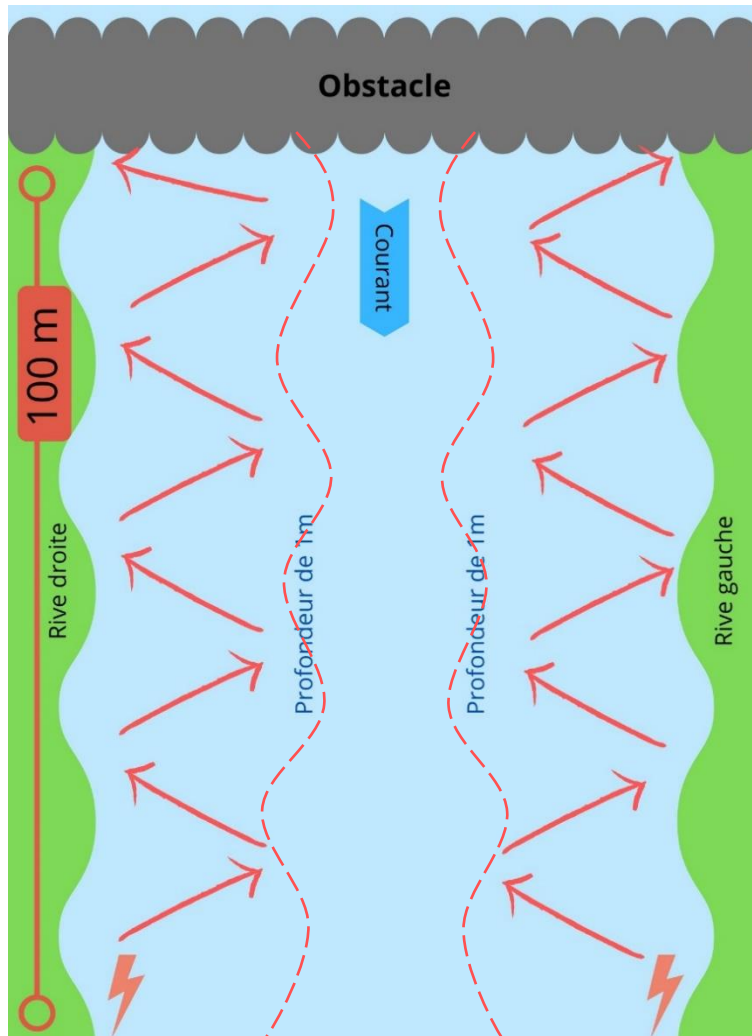


Figure 4. Modèle de déplacement dans le transect de pêche électrique de 100 m en fonction de la profondeur de l'eau

Effort de pêche

Les pêches doivent être réalisées pendant au moins quatre semaines, à raison de deux visites par semaine, lors de la période de migration de l'anguille. Il est préférable de répartir les semaines d'inventaire afin de couvrir toute la période de migration.

Matériel recommandé

- Appareil de pêche électrique portatif conforme à une norme de certification reconnue (ACNOR ou CSA). Au MELCCFP, les équipiers doivent s'assurer que l'appareil respecte les directives du guide d'utilisation de la pêche à l'électricité (Deschamps et coll., 2018, non publié);
- Épuisette à mailles fines, à manche long et en matériau isolant;
- Équipement de protection individuel : gants isolants, botte-salopette (*wader*), veste de flottaison individuelle (VFI);
- Lunettes polarisées;
- Chaudières avec couvercle;
- Planche à mesurer;
- Solution anesthésiante (voir la section « Traitement des captures »), bac d'anesthésie et de réveil, ou gants électriques
- GPS;
- Thermomètre;
- Conductivimètre;
- Appareil photo;
- Formulaire de terrain et nécessaire pour écrire.

Verveux

Le verveux est un engin de forme cylindrique qui retient les poissons captifs après que ceux-ci eurent franchi des passages rétrécis en forme d'entonnoir (figures 5, 6 et 7). Cet engin s'emploie en cours d'eau et est adapté pour les poissons en migration et pour les espèces comme les barbottes et l'anguille qui se fient à leur sens tactile (Mongeau, 1976). Son efficacité augmenterait lorsque l'eau est turbide, après une pluie, par exemple. Il semble aussi que la prédation dans l'engin soit un facteur qui peut affecter la précision des données récoltées (Lake, 2013). Pour cette raison, Joy et collaborateurs (2013) proposent des séparations entre les cerceaux (tableau 3); les poissons de plus grandes tailles sont confinés dans la première section de contention, alors que les plus petits peuvent se réfugier dans le compartiment suivant.

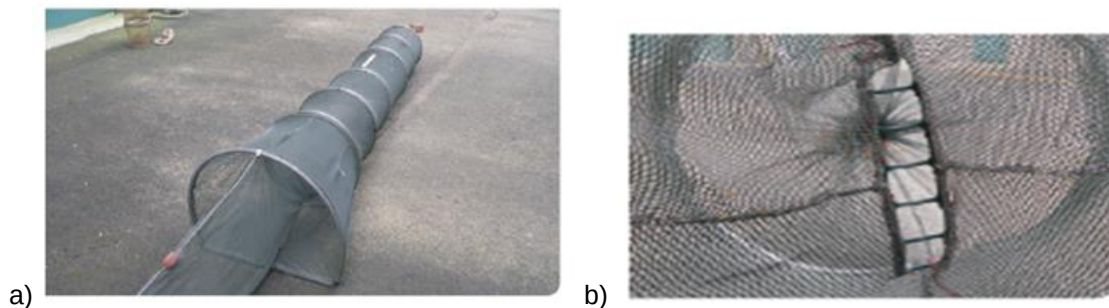


Figure 5. a) Verveux standard pour l'inventaire de l'anguille recommandé par Joy et coll. (2013); b) Séparateur entre deux compartiments (Joy et coll, 2013)

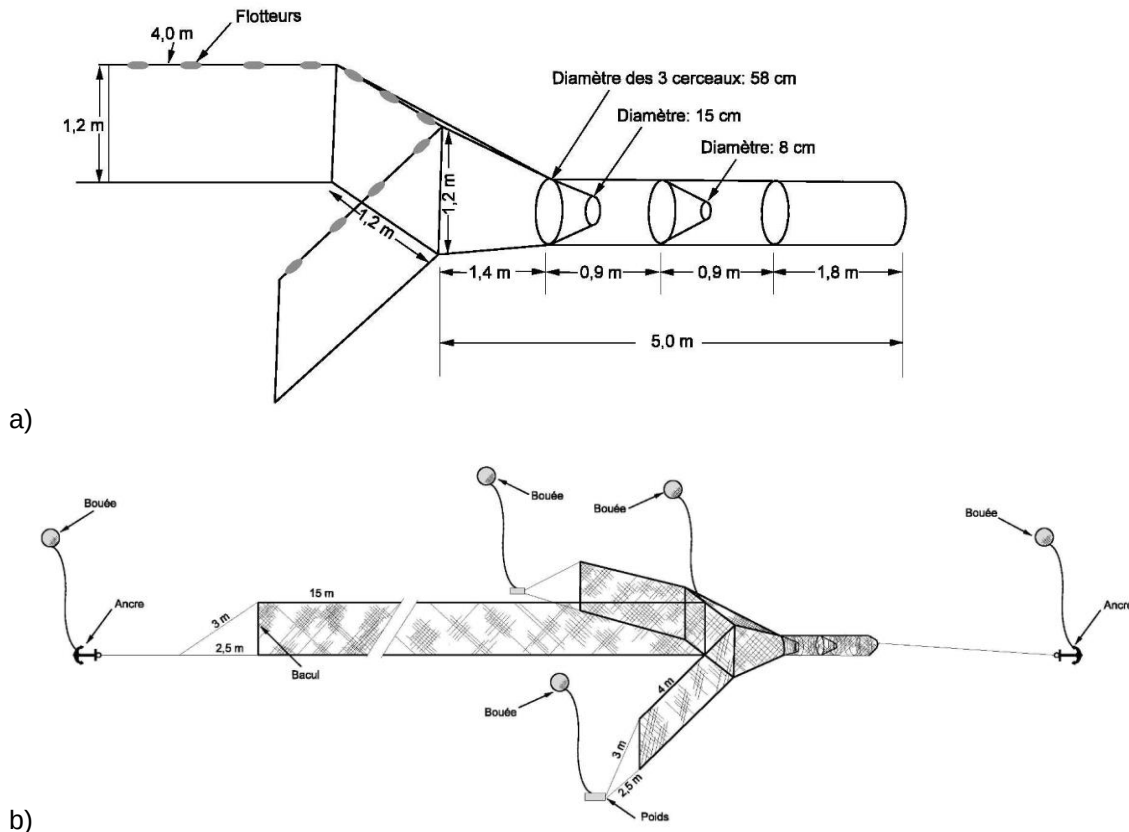


Figure 6. Dimension du verveux utilisé par Fournier et Caron (2005) pour des inventaires d'anguilles

L'efficacité de l'engin est affectée par la taille de l'anguille (Bevacqua et coll., 2009). Verreault (2002) a adapté le filet-trappe expérimental utilisé par Adam (1997). Ses fines mailles (3 mm de côté) ne sont pas sélectives pour les anguilles de taille supérieure à 180 mm. Des filets-trappes avec des mailles de 6,4 mm ont été utilisés en lac par Fournier et Caron (2005). Les anguilles capturées avaient alors des tailles variant de 94 à 799 mm. Chisnall et West (1996) ont étudié la sélectivité des mailles des verveux. Une maille de 0,72 mm permet de capturer des anguilles de tous les stades.

Afin de comparer les données entre les sites, les mailles doivent être de $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, avoir des ailes et/ou un guideau. Les autres caractéristiques, comme la longueur du verveux, le nombre de compartiments, la longueur des ailes ou du guideau, doivent être adaptées en fonction du milieu échantillonné.

Tableau 3. Caractéristiques de trois exemples de verveux utilisés pour capturer l'anguille

Modèle	Section	Caractéristiques
Joy et coll. (2013) (figure 5)	Guideau	Maille de 4 mm, longueur de 2,8 m et hauteur de 0,6 m.
	Verveux	Maille de 4 mm, longueur de 3 m. Le verveux débute par un cerceau en D (hauteur de 0,6 m et largeur de 0,7 m), suivi par une série de 6 cerceaux de diamètre décroissant de 0,5 m à 0,35 m. Il y a une séparation de maille de 200 mm entre le premier et le deuxième compartiment et une séparation de maille de 25 mm entre le deuxième et le troisième compartiment. Une fermeture éclair est présente au milieu afin d'extraire les poissons. Le guideau doit pénétrer sur 0,9 m à l'intérieur du premier cerceau (passé le cerceau en D).
Fournier et Caron (2005) (figure 6)	Ailes et guideau	Mailles de 6,4 mm. La ralingue inférieure est plombée et celle supérieure est munie de flotteurs. Ailes : longueur de 4,0 m et hauteur de 1,2 m. Guideau : longueur de 15 m et hauteur de 1,2 m.
	Verveux	Maille de 6,4 mm, longueur de 5,0 m. Le verveux débute par une ouverture carrée (hauteur et largeur de 1,2 m), suivie de deux compartiments, chacun muni d'une fermeture éclair. Le dernier compartiment peut s'ouvrir à l'extrémité.
Fipéc (2020) (figure 7)	Ailes	Longueur de 4,0 m et hauteur de 1,2 m, mailles de 6 mm, ralingue inférieure plombée et celle supérieure munie de flotteurs.
	Guideau	Longueur de 10 m et hauteur de 1,2 m, mailles de 6 mm, ralingue inférieure plombée et celle supérieure munie de flotteurs.
	Verveux	Mailles de 6 mm, longueur de 5,8 m, ouverture carrée (hauteur et largeur de 1,2 m), série de cerceaux de diamètre décroissant débutant par un de 0,6 m. Anneaux d'entonnoir de 3 po. Tuque de 6 pieds.

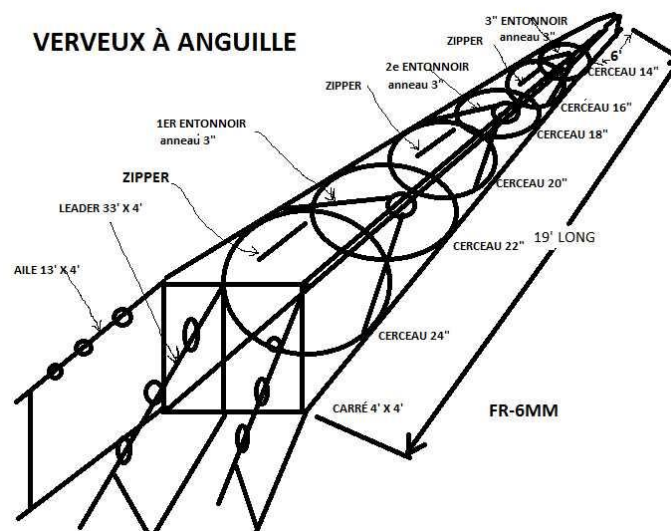


Figure 7. Dimensions du verveux fabriqué par les Industries Fipec en 2020

L'utilisation du verveux pour la capture de civelles et d'anguillettes est possible en ajustant la taille des mailles à 1 mm (Mouton et coll., 2011) et en ajoutant un filet avec des mailles de 6,4 mm à l'entrée du piège pour limiter la capture de plus gros individus (>127 mm; Bowser, 2019). Des verveux à civelles sont aussi commercialisés au Québec par les entreprises fournissant de l'équipement aux pêcheurs commerciaux de la zone atlantique (figure 8).



Figure 8 Un verveux à civelle (fabricant : Filmar) déployé dans la zone inter-marée, à l'embouchure d'une rivière de la Côte-Nord

Lorsqu'elle est capturée, l'anguille cherche le moindre trou pour s'échapper. Il est donc important que les mailles soient petites, qu'elles correspondent à la taille des anguilles recherchées et que l'engin soit en bon état.

L'avantage de cette technique d'inventaire est qu'elle permet de capturer les anguilles en déplacements de nuit. C'est une méthode de pêche passive qui nécessite une visite au moins toutes les 24 heures pour retirer les spécimens et nettoyer l'engin sali par les sédiments ou les débris transportés par le courant. S'il est impossible de relever l'engin le lendemain, on doit veiller à rendre celui-ci inopérant pour éviter une trop forte densité de poissons captifs.

Technique d'échantillonnage

Le verveux doit être installé en aval de l'obstacle, les ailes et/ou le guideau orientés vers l'aval et suivant la rive. Si possible, les deux rives doivent être échantillonnées. Le courant ne doit pas être trop élevé et le fond doit être assez mou pour y ancrer l'engin. Il est installé préférentiellement dans les passages naturels en couvrant la plus grande largeur possible de la rivière. Dans le cas des verveux à civelle, ils doivent être positionnés vers l'aval, en prenant soin de déployer une des ailes de façon à que son extrémité se termine sur la rive, ce qui permet l'interception des anguilles en montaison dans la zone adjacente à la rive.

Les informations sur la station et l'engin utilisé sont notées sur le formulaire de terrain présenté dans l'annexe C. On doit également prendre une photographie de la station.

L'engin doit être visité tous les jours afin de récolter les captures et d'éviter les fuites, la prédation et les risques de cannibalisme.

Effort de pêche

Le verveux doit pêcher pendant au moins deux semaines au même endroit durant la période de migration, préférentiellement en juillet. Le nombre de verveux utilisé dépend de la taille du cours d'eau. L'engin doit être rendu inopérant pendant les périodes où il n'est pas visité. Les heures suivant une averse seraient un moment propice pour pêcher, puisqu'une hausse soudaine du niveau d'eau inciterait les anguilles à se déplacer vers l'amont, maximisant ainsi les chances de capture (Verreault, 2002).

Matériel recommandé

- Verveux avec mailles fines;
- Épuisettes à mailles fines;
- Chaudières avec couvercle;
- Planche à mesurer;
- Solution anesthésiante (voir la section « Traitement des captures »), bac d'anesthésie et de réveil, ou gants électriques;
- GPS;
- Thermomètre;
- Appareil photo;
- Formulaire de terrain et nécessaire pour écrire.

Passe-piège

La passe-piège est une échelle à anguilles temporaire sur laquelle a été ajouté un vivier qui permet de récupérer les poissons au terme de leur ascension (figure 9). La passe-piège peut être installée temporairement au pied d'un obstacle afin de vérifier la présence de l'anguille. Cette technique est aussi utilisée pour choisir le meilleur endroit où installer une passe permanente sur une structure à franchir.

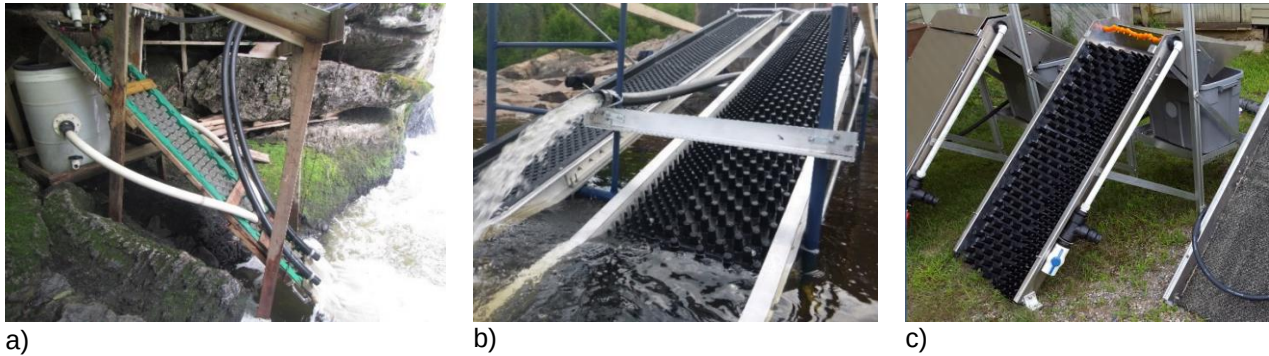


Figure 9 a) Passe-piège installée sur la rivière du Sud-Ouest avec un substrat AECOM/Milieu inc., b) passe-piège sur la rivière Portneuf (Côte-Nord) - conception AECOM/CNHW et c) modèle portable proposé par Lakeside Engineering.

Les substrats de montaison utilisés sur les passes-pièges sont sélectifs et ne permettent que le passage des anguilles. On a toutefois noté le succès de la montaison d'écrevisses sur les rivières Saint-Charles et de l'Achigan (MELCCFP, non publié). Selon la pente de la rampe et le matériau utilisé, il devient aussi sélectif quant à la taille des anguilles échantillonnées. Legault (1992) estime que la pente de la rampe devrait être entre 15° et 30° afin de réduire ce biais (le substrat utilisé dans cette étude était la brosse). À Beauharnois, la passe permanente présente des pentes de 15° à 45° (Guillemette et coll., 2019). En 2014, Verreault et ses collaborateurs (2015) ont utilisé des passes-pièges sur la rivière Mitis qui avaient des angles d'environ 45°. Puisque la taille des anguilles varie en fonction de la distance avec l'océan Atlantique, le substrat utilisé doit être adapté à la longueur des anguilles présentes dans le secteur. Il est également possible d'utiliser deux types de substrats ou un substrat présentant une configuration différente, afin de tenir compte de l'hétérogénéité des spécimens (Legault, 1992). Watz et ses collaborateurs (2019) ont comparé les performances de trois types de substrats : les tubes, le géotextile et les brosses. Les tubes présentent le meilleur taux d'engagement des anguilles dans la passe et la meilleure vitesse de déplacement. Plusieurs modèles de substrats à tubes sont disponibles sur le marché (tableau 4; figure 10).

Comme nous l'avons mentionné, les anguilles en montaison utilisent l'écoulement dominant, le point de déversement le plus en amont d'un obstacle et la proximité de la berge pour orienter leurs déplacements (Steinbach, 2006, dans Tremblay et coll., 2011). Watz et ses collaborateurs (2019) n'ont pas noté de différence significative dans la performance d'une passe-piège selon qu'elle est installée à proximité ou non d'un barrage. Leur étude a permis d'établir que trois fois plus d'anguilles étaient capturées lorsque le piège est installé sur la rive présentant le courant le plus faible. La proximité de la rive et la force du courant ont toutefois une influence variable selon la taille des anguilles. Les capacités de nage des anguilles augmentent avec leur taille : comme le résumait Baudoin et ses collaborateurs (2014), les anguilles de 6 à 8 cm auraient une vitesse de nage maximale se situant entre 0,3 et 0,5 m/s, alors que les anguilles de plus de 20 cm auraient des vitesses de nage maximales de 1 à 1,5 m/s. Dans leur étude, Piper et ses collaborateurs (2012) ont remarqué que les captures dans les passes situées en rives étaient composées principalement de petites anguilles, alors que des passes-pièges positionnées dans le chenal principal de la rivière capturaient davantage d'anguilles jaunes (>121 mm). Au Québec, dans une étude sur la migration des anguilles en aval du barrage à Carillon, les anguilles ont été plus nombreuses à utiliser une passe-piège située au centre de la rivière et avaient une taille moyenne de 358,4 mm (Guindon et Desrochers, 2010).

Tableau 4. Synthèse des substrats utilisés dans les passes à anguilles au Québec

Substrat	Fournisseur	Diamètre (mm) A	Espacement horizontal B	Espacement diagonal C	Hauteur (mm)	Sélectivité en taille (mm)
Tube plastique moulé ABS	AECOM ¹	51	64	30	114	150-800
Tube plastique moulé ABS	AECOM ¹	33	33	13	38	<150 et + (80-490) ²
Substrat fin (alternance de deux protubérances)	Lakeside Engineering inc.	10 22	12	18	3 16	n.d.
Substrat moyen	Berry and Escott Engineering ³	13	8	17	50	n.d.
Substrat large	Berry and Escott Engineering ³	30		Moy. 33	50	n.d.

¹ Le substrat développé par Milieu inc. est maintenant commercialisé par AECOM.

² Verreault et Dussureault (2016), Verreault et coll. (2015).

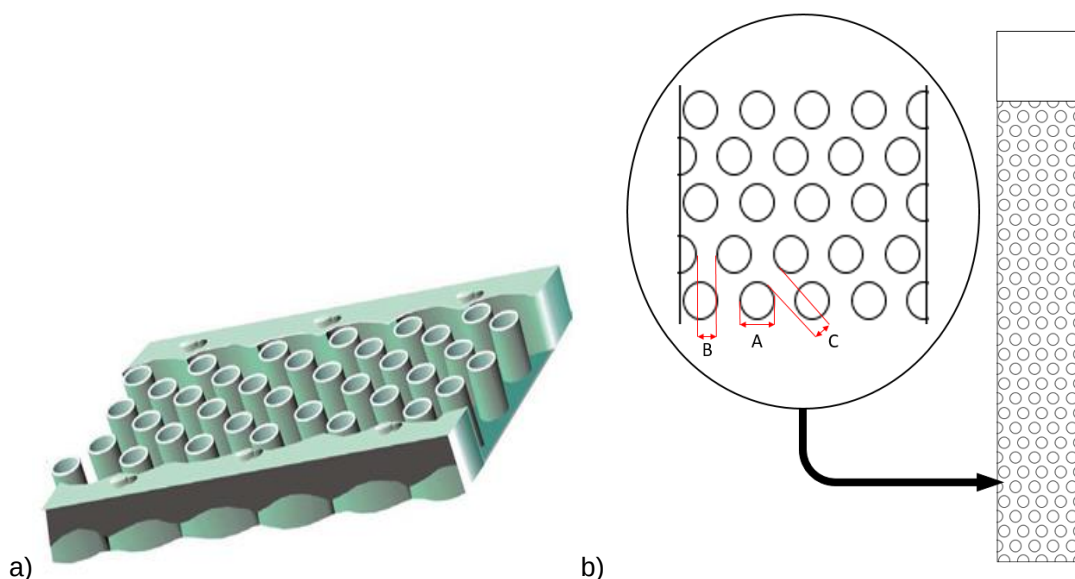


Figure 10. a) Substrat conçu par Milieu inc., b) Schéma présentant les caractéristiques d'une passe-piège.

Technique d'échantillonnage

Une évaluation des vitesses de courant en aval de l'obstacle doit être réalisée afin de choisir le meilleur emplacement pour le piège. Cet emplacement doit faire en sorte que le bas (l'entrée) de la passe ne soit pas placé dans une zone de turbulence. Les conditions optimales d'aménagement d'une passe-piège sont satisfaites lorsque l'entrée est située dans une zone d'eau calme à proximité de l'écoulement principal de l'obstacle et qu'on ajoute un débit d'attrait pour guider les anguilles vers l'entrée de la passe. À titre indicatif, un effet d'attraction positif d'un débit d'attrait de 14,4 L/s a été mesuré sur les anguilles en migration à la passe migratoire de Chambly (Desrochers et Fleury, 1999). Rappelons que la température de l'eau a une forte

influence sur les pics de migration (Bernard et Desrochers, 2005; Fournier et Caron, 2001; Raymond et Tremblay, 1995).

La passe-piège doit être munie d'un débit d'attrait, d'un substrat mouillé en continu et d'un vivier pour la récupération des spécimens. Le vivier doit être muni d'une crépine permettant au surplus d'eau de s'en écouler. Il doit également être couvert pour protéger les anguilles de la lumière, des prédateurs et pour prévenir leur fuite. Les informations relatives à la station sont notées sur le formulaire de terrain de l'annexe C. On doit également prendre une photographie de la station.

L'engin doit être visité tous les jours afin de récolter les captures et de remettre les poissons en liberté en amont de l'obstacle une fois qu'ils ont été mesurés. Si nécessaire, une fois anesthésiées, les anguilles (si le nombre est trop élevé dans le vivier, on peut en prélever 30 aléatoirement) doivent être mesurées (longueur totale [LT]) au millimètre près. Il est important de noter l'heure de la visite puisqu'elle permet de comparer l'abondance en fonction de l'effort de pêche. L'état du vivier et le bon fonctionnement de la pompe/du siphon doivent être vérifiés à chaque visite. Le type de passe et la description du substrat (p. ex., espacement entre les tubes [figure 10b]) doivent être notés et figurer dans le rapport.

Effort de pêche

La passe-piège doit être installée pendant un minimum de quatre semaines au même endroit au cours de la période de migration.

Matériel recommandé

- Passe-piège munie d'un vivier;
- Épuisettes;
- Chaudières avec couvercle;
- Planche à mesurer;
- Solution anesthésiante (voir la section « Traitement des captures »), bac d'anesthésie et de réveil ou gants électriques;
- Courantomètre;
- GPS;
- Thermographe;
- Appareil photo;
- Formulaire de terrain et nécessaire pour écrire.

Casier à anguille

Les casiers à anguille (aussi appelés *eel-pot* ou *eel-basket*) sont utilisés le plus souvent avec un appât et sont destinés à la capture des individus actifs dans divers milieux (Koops, 1980). Ce type d'engin est utilisé depuis longtemps et il présente une grande diversité de conception (Tesch, 2003). Par souci d'uniformité, l'engin utilisé dans le cadre de ce protocole est un casier à anguille d'une entrée de 10 cm, muni d'un clapet empêchant le poisson d'en sortir (figure 11). Il a une dimension de 90 cm de longueur, 30 cm de hauteur et 30 cm de largeur. La taille de la maille est de 12 mm sur 12 mm.

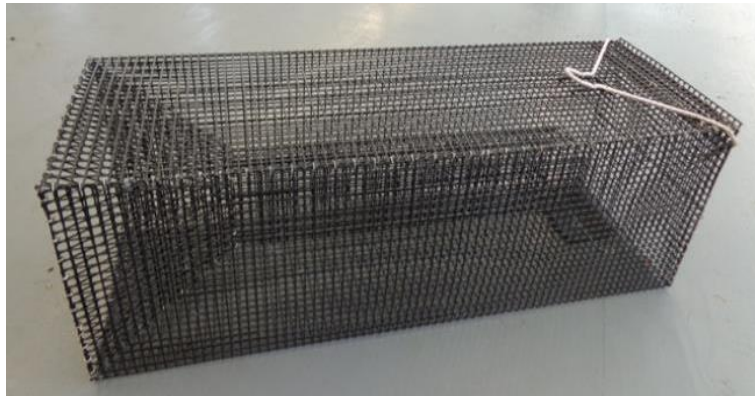


Figure 11 Casier à anguille

Il existe peu ou pas de protocoles concernant l'utilisation de cet engin, bien qu'il soit très utilisé à des fins commerciales sur la côte atlantique. Son efficacité à confirmer la présence d'anguilles au pied d'un obstacle reste donc à démontrer. Il est recommandé d'utiliser les casiers à des fins de détection de l'espèce, en complément d'au moins une autre technique d'échantillonnage, comme la pêche à l'électricité ou les observations nocturnes. Les travaux réalisés par le Ministère tendent à démontrer que la performance de cet engin varie de faible à nulle dans les eaux où l'anguille est peu abondante, une observation déjà rapportée par d'autres scientifiques ayant tenté son utilisation dans le Haut-Saint-Laurent (MPO, 2009). On devrait donc considérer les casiers à anguille comme des engins utilisés en complémentarité des autres techniques, et non pas seuls.

L'utilisation des casiers à anguilles offre l'avantage de nécessiter peu de personnel et de permettre d'échantillonner des habitats plus profonds que ceux où l'on utilise généralement la pêche électrique portative. De plus, c'est le seul engin proposé dans ce protocole à utiliser le pouvoir attractif d'un appât. Il est à noter que les engins sont susceptibles d'être volés ou déplacés là où la présence humaine est accrue.

Technique d'échantillonnage

Les casiers à anguille doivent être installés en aval de l'obstacle dans une zone de faible courant favorisant l'alimentation. Le milieu dans lequel l'engin est déployé peut exercer une influence sur son efficacité. Deux méthodes d'installation sont possibles : les casiers peuvent être ancrés individuellement ou reliés l'un à l'autre par un cordage ancré ou attaché aux extrémités. La ligne de casiers doit être déployée de façon à couvrir la largeur du cours d'eau. Il est suggéré d'orienter les casiers parallèlement au courant, en dirigeant l'entrée vers l'aval. Il est possible d'ajouter du poids dans ou sur chaque casier afin d'assurer sa stabilité sur le substrat.

Le fond des casiers est appâté avec des morceaux de poisson, des restes de crustacés, des cœurs de poulet ou une combinaison d'appâts. Mentionnons que l'anguille ne consomme pas les aliments en état de

décomposition trop avancé, alors les appâts doivent être frais. À cause de l'odorat très développé de l'anguille, l'appât joue un rôle important dans l'efficacité des pièges. Tous les appâts ne semblent pas avoir la même efficacité; cette dernière peut aussi varier au cours d'une saison de pêche (Tesch, 2003).

On note la date, l'heure de pose, la température de l'eau, la vitesse du courant, le nombre de casiers utilisés, les coordonnées géographiques de chaque casier ou, si ce n'est pas possible, les coordonnées des deux extrémités de la corde d'ancrage et le nombre de casiers mis à l'eau. Les appâts utilisés et une brève description de la localisation de la station (voir le formulaire de terrain dans l'annexe C) doivent aussi être notés. On prend également une photographie de la station.

Les engins doivent être relevés tous les jours afin de récolter les captures et de remettre les anguilles en liberté en amont de l'obstacle, ce qui permet de nettoyer les cages et de changer les appâts. Il faut noter l'heure de chaque levée.

Effort de pêche

Les casiers à anguille doivent être installés pendant au moins quatre semaines au même endroit, au début de la période de migration. Cette période est privilégiée, car les anguilles s'alimentent davantage en début de saison (Pilote, 1989). L'unité d'échantillonnage est le nombre d'heures de pêche de tous les casiers.

Matériel recommandé

- Casiers à anguilles;
- Appâts (morceaux de poisson, restes de crustacés, cœurs de poulet ou combinaison des deux);
- Courantomètre;
- Corde, pesées, ancrs, et bouées;
- Épuisettes;
- Chaudière avec couvercle;
- Planche à mesurer;
- Solution anesthésiante (voir la section « Traitement des captures »), bac d'anesthésie et de réveil ou gants électriques;
- GPS;
- Thermomètre;
- Appareil photo;
- Formulaire de terrain et nécessaire pour écrire.

ADN environnemental

Le matériel génétique libéré dans le milieu aquatique par les anguilles (limon, excréments, fragments de peau, déchets métaboliques, etc.) et sa détection grâce aux techniques d'analyse moléculaire modernes constituent des outils très prometteurs pour la gestion de l'espèce. Malheureusement, l'ADN environnemental (ci-après l'ADNe) ne permet pas encore d'obtenir de résultats quantitatifs satisfaisants pour la gestion, Rourke et ses collaborateurs (2021) ayant bien insisté sur l'importance de raffiner les techniques et les conditions d'inventaire de chaque espèce qui permettent de conclure à des relations entre la concentration d'ADNe et l'abondance ou la biomasse des poissons. L'ADNe permet toutefois de détecter la présence de l'anguille dans différents segments d'un cours d'eau. On peut, par exemple, l'utiliser pour confirmer le franchissement des obstacles par les anguilles et, à l'inverse, repérer des zones de concentration de poissons captifs au pied d'un barrage. Qu'il s'agisse de détecter le matériel génétique d'anguille dans un échantillon (qPCR) ou d'identifier les espèces à qui appartient du matériel génétique (metabarcoding), l'ADNe offre dorénavant des possibilités importantes (Cairns et coll., 2022).

Pour être valables, les analyses moléculaires doivent se faire à partir d'échantillons d'eau récoltés stratégiquement, c'est-à-dire dans des circonstances qui maximisent les probabilités de détection. La quantité d'ADN d'anguille que l'on retrouve en milieu naturel est affectée par beaucoup de facteurs, tels que la physicochimie de l'eau et le rayonnement solaire (Laporte et coll. 2020), mais également en fonction de

l'hydrologie des cours d'eau et des cycles migratoires annuels de l'anguille. Tous ces facteurs influencent directement ou indirectement la dispersion et la persistance du matériel génétique dans l'environnement. Il importe donc de procéder aux prélèvements d'eau selon une stratégie d'échantillonnage adaptée au milieu en utilisant des techniques qui limitent les risques de contamination.

Technique d'échantillonnage

Les techniques d'échantillonnage de l'ADNe impliquent deux étapes : 1) le prélèvement d'eau et 2) sa filtration. Pour ces étapes, on se rapportera au protocole de stérilisation et d'échantillonnage préparé par le Ministère (MFFP, 2021). Ce protocole présente de façon détaillée les techniques de travail qui assurent l'obtention de résultats de qualité, et les mises en garde qui s'imposent.

Effort de détection

Au même titre que pour un engin de pêche, l'échantillonnage d'eau visant à recueillir du matériel génétique en milieu aquatique nécessite un effort minimal calculé. La recherche d'une confirmation de l'absence complète d'anguille dans un milieu donné nécessite la réalisation d'une campagne d'échantillonnage très intensive qui doit être planifiée de façon à couvrir une vaste fenêtre spatio-temporelle, à défaut de quoi l'absence présumée pourrait être causée par un effort insuffisant ou une mauvaise stratégie d'échantillonnage. À l'inverse, le présent protocole vise à renseigner les utilisateurs sur les techniques et les méthodes de détection de l'anguille à l'aide de différents engins ou procédés. Dans ces circonstances, on vise ici à définir un effort raisonnable pour atteindre des résultats biologiquement défendables, mais qui permettent un certain équilibre coûts-bénéfices. Pour la détection d'anguille par ADNe à un obstacle, le Ministère considère acceptables les inventaires réalisés avec l'effort suivant :

- Les prélèvements doivent se faire en amont et en aval de chaque obstacle, à raison de deux transects de trois stations;
- Les transects sont établis dans des zones de courant faible, dans des zones situées entre 100 et 150 m de l'obstacle puis, entre 200 et 250 m de l'obstacle;
- Chaque transect est composé de trois stations de collecte, une sur la rive gauche, une au centre du cours d'eau (lorsque possible) et l'autre sur la rive droite.

Les prélèvements d'eau doivent se faire en période d'étiage, à trois reprises entre le 15 juillet et le 15 août. On recherchera une réplication de la méthode répartie dans le temps, en visant des conditions optimales. On évitera par exemple la collecte d'échantillons dans les jours qui suivent les épisodes de fortes pluies.

Matériel recommandé

Le matériel requis est présenté dans MFFP (2021).

Traitement des captures

L'anguille est plutôt difficile à manipuler. Le MELCCFP demande que la manipulation de l'anguille pour la prise de mesures comme la longueur et la masse soit faite sous anesthésie. La prise de données exige que le poisson soit immobilisé le temps des manipulations. Sans anesthésie, les données de longueur et de masse sont imprécises et les poissons subissent un stress indu; la manipulation des individus devient donc injustifiée.

Chez l'anguille, l'eugénol entraîne une anesthésie adéquate. La procédure est détaillée dans la PNF : Utilisation de l'eugénol – Anguille d'Amérique⁹. L'utilisation de gants électriques permet aussi d'anesthésier les anguilles par électronarcose. La PNF sera produite ultérieurement.

Si nécessaire, au moins 30 individus par station (par levée ou visite) sont prélevés au hasard et mesurés (± 1 mm) avant d'être mis dans un bac de réveil rempli d'eau fraîche et aéré en continu. Dans les cas où les anguilles sont capturées en aval d'un obstacle anthropique où le libre passage avant sa construction était assuré, la remise à l'eau des anguilles doit se faire en amont de l'obstacle pour que leur survie future soit assurée (absence de turbines), sauf s'il est vraisemblable de penser que les anguilles capturées étaient en dévalaison.

Caractérisation de l'habitat

Habitat

Comme les caractéristiques physicochimiques de l'eau seront prises par station d'échantillonnage, la caractérisation de l'habitat vise à répertorier de façon générale les types de substrats et les faciès d'écoulement présents en aval de l'obstacle (voir les informations dans l'annexe C).

1. Au début de la période d'échantillonnage, installer un thermographe programmé pour au moins une lecture quotidienne dans un endroit représentatif de la station;
2. Noter la longueur de la station caractérisée, qui devrait être d'environ 100 m;
3. Noter la largeur moyenne de la station caractérisée, qui devrait être la distance moyenne entre les deux rives, à moins que toute la largeur ne soit pas accessible, le préciser le cas échéant;
4. Noter si l'aval de l'obstacle est soumis à l'influence de la marée;
5. Estimer le pourcentage de recouvrement par type de substrat en aval de l'obstacle;
6. Noter les faciès d'écoulement trouvés au sein de la station caractérisée.

Croquis de l'aval de l'obstacle vu de haut :

1. Représenter les types de substrats présents à l'aide des codes à une ou deux lettres appropriés (voir le formulaire de terrain dans l'annexe C);
2. Indiquer la présence de différents faciès d'écoulement trouvés au sein de la station par les codes à trois lettres appropriés (voir le formulaire de terrain dans l'annexe C);
3. Indiquer sur le croquis la présence d'un dispositif de franchissement, le cas échéant;
4. Indiquer les autres menaces observées à proximité de la station.

⁹ <https://www.cubiq.rbg.gouv.qc.ca/search/06ac034b-71ee-487c-b895-cad4a3aecb6d>

Autres menaces

En plus des problèmes de connectivité d'habitat que connaît l'anguille d'Amérique, cette espèce est aussi exposée à différentes menaces. Des observations réalisées de façon opportuniste devraient être notées lors des travaux de terrain (annexe C), notamment à l'égard des éléments suivants :

- Présence d'autres obstacles à proximité, en amont de l'obstacle caractérisé;
- Assèchement lié à une fluctuation naturelle du régime de précipitations : noter si le cours d'eau ou un étang accessible à proximité est temporairement asséché à la suite d'un événement naturel (ex. : sécheresse et canicule);
- Gestion du niveau de l'eau par un ou des barrages : noter si un cours d'eau ou un étang accessible à proximité est temporairement asséché à la suite d'une intervention anthropique (ex. : ajustement des niveaux d'eau);
- Accès à des habitats alternatifs en aval de l'obstacle : vérifier si des tributaires à proximité sont accessibles. Si c'est le cas, préciser si des obstacles limitent la migration vers l'amont;
- Parasitisme : si des anguilles mortes sont trouvées à proximité du site échantillonné ou si des mortalités sont générées par les inventaires, veiller à documenter, au laboratoire, la présence du parasite *Anguillicoloides crassus* dans le tractus digestif et la vessie natatoire (figure 12). Les titulaires de permis SEG doivent suivre la démarche indiquée dans la section « Manipulation et disposition des spécimens » où les unités responsables de leur délivrance auront pris soin d'indiquer comment les poissons doivent être conservés et à qui ils doivent être remis, le cas échéant.



Figure 12 *Anguillicoloides crassus* extrait d'une vessie natatoire d'anguillette, barre = 3 mm

Compilation et transfert des données

Des formulaires de terrain adaptés à chacune des méthodes de pêche sont présentés dans l'annexe C et doivent être utilisés pour uniformiser la prise de données entre les inventaires visant l'anguille.

Il est important d'apporter ces formulaires sur le terrain et d'inscrire les données directement sur les fiches, de manière à s'assurer que toutes les informations sont notées. Toutes les données de capture et d'observation devront être inscrites sur les formulaires présentés dans l'annexe C. Il est également important de noter l'absence de capture ou d'observation (donnée zéro).

Il importe de remplir toutes les sections du formulaire et, si possible, d'y joindre des photos. On doit inscrire « ND » lorsque l'information n'est pas disponible.

Il est recommandé de faire une copie de la fiche papier ou de la prendre en photo par précaution après chaque journée de terrain.

Les titulaires de permis SEG doivent transmettre les données recueillies à l'unité ayant délivré leur permis en suivant les indications inscrites sur celui-ci. Les données de température provenant des thermographes devraient être transmises dans un format Excel.

Espèces exotiques envahissantes

Espèces aquatiques envahissantes (EAE)

La capture et l'observation d'EAE doivent être consignées dans la base de données relative au projet et la disposition de ces captures doit respecter les conditions inscrites sur le permis SEG, le cas échéant.

Espèces floristiques envahissantes

Si des espèces exotiques envahissantes (EEE) sous la responsabilité du Secteur de l'environnement du MELCCFP sont répertoriées lors de l'inventaire (ex. : espèces végétales), il est fortement recommandé de signaler ces observations au moyen de l'outil de détection « Sentinelle ». Sentinelle est un outil de détection des EEE composé d'une application mobile et d'un système cartographique accessible sur le Web. Cet outil permet de faire et de consulter les signalements des plantes et des animaux exotiques envahissants les plus préoccupants. Le signalement se fait directement en ligne ou par l'application mobile (MELCC, 2020).

Références

- Adam, G., 1997. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L. 1758) : dynamique de la sous-population du lac de Grand-Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques. Thèse de doctorat en hydrobiologie. Toulouse III : Université Paul Sabatier. 353 p.
- Adam, G., É. Feunteun, P. Prouzet et coll., 2008. *L'anguille européenne: indicateurs d'abondance et de colonisation*, collection Savoir faire, Éditions Quae, Versailles Cedex, France. 393 p.
- Aldinger, J. L., et S. A. Welsh, 2017. Diel periodicity and chronology of upstream migration in yellow-phase American eels (*Anguilla rostrata*). *Environmental Biology of Fishes* 100 (7) : 829-838.
- Atlantic States Marine Fisheries Commission, 2012. *American Eel Benchmark Stock Assessment* (Terms of Reference & Advisory Report of the American Eel Stock Assessment Peer Review). Stock Assessment Report n° 12-01 0378-1909. Arlington, VA. 342 p.
- Baras, E., B. Salmon et J. C. Phillippart, 1994. Évaluation de l'efficacité d'une méthode d'échantillonnage par nasses des anguilles jaunes (*Anguilla anguilla* L.) en migration dans la Meuse. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (335) : 7-16.
- Baudoin, J. M., V. Burgun, M. Chanseau et coll., 2014. *Évaluer le franchissement des obstacles par les poissons: principes et méthodes*, Onema, 200 p.
- Bernard, P., et D. Desrochers, 2005. *Suivi des passes migratoires à anguille à la centrale de Beauharnois et au barrage de Chambly - 2004*. Préparé par MILIEU inc. pour l'unité Environnement, division Production, Hydro-Québec. 85 p.
- Bevacqua, D., G. A. De Leo, M. Gatto et coll., 2009. Size selectivity of fyke nets for European eel *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology* 77 (4) : 1043-1043.
- Boetius J., 1976 - Elvers, *Angrilla angrilla and Angiilla rostrata from two Danish localities. Size, body weight, developmental stage and number of vertebrae related to time of ascent.* *hleddr. Danm. Fisk.- og Havunders.*, 7: 199-220.
- Bowser, C., 2019. *The Hudson river eel project 2008-2019 - Citizen Science American Eel Surveys*. New York State Department of Environmental Conservation. Staatsburg, New York. 31 p.
- Bozeman, E. L., G. S. Helfman et T. Richardson, 1985. *Population Size and Home Range of American Eels in a Georgia Tidal Creek*. *Transactions of the American Fisheries Society* 114 (6) : 821-825.
- Cairns, D. K., T. S. Avery, J. Benchetrit et coll., 2019. *Novel and underutilized ideas to advance a range-wide assessment of the American eel (Anguilla rostrata)*. Research Document 2019 Pêches et Océans Canada. Non publié.
- Cairns, D. K., G. Chaput, L. A. Poirier et coll., 2014. *Recovery Potential Assessment for the American Eel (Anguilla rostrata) for eastern Canada: life history, distribution, reported landings, status indicators, and demographic parameters*. Document de recherche 2013/134, xiv + 157 p.
- Cairns, D. K., J. Benchetrit, L. Bernatchez, V. Bornarel, J. M. Casselman, M. Castonguay, A. R. Charsley, M. Dorow, H. Drouineau, J. Frankowski, A. Haro, S. D. Hoyle, D. C. Knickle, M. A. Koops, L. A., Poirier, J. T. Thorson, J. Young et X. Zhu. 2022. *Thirteen novel ideas and underutilised resources to support progress towards a range-wide American eel stock assessment*. *Fisheries Management and Ecology*, 29, 516-541.
- Caron, F., D. Fournier, V. Cauchon et coll., 2009. *Travaux de recherche sur l'anguille de la rivière Saint-Jean de 2001 à 2007*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Service de la faune aquatique. 84 p.
- Casselman, J. M., et R. E. Grant, 1998. *Number, biomass, and distribution of fish species in the littoral zone of the Upper St. Lawrence River-quantitative electrofishing, Johnstown Bay, June to October 1995: An assessment by type of habitat*. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 0 (2455) : I-XIX, 1-127.
- Casselman, J. M., et L. A. Marcogliese, 2007. *Eel abundance in the upper St. Lawrence River and eastern Lake Ontario – quantitative electrofishing index*. Réalisé pour l'Ontario Ministry of Natural Resources par AFishESci Inc., Bath., Ontario. 9 p.
- Centre d'expertise hydrique du Québec, 2014. *Guide d'interprétation de la fiche technique d'un barrage*. Gouvernement du Québec. 20 p.
- Chaput, G., T. C. Pratt, D. K. Cairns et coll., 2014. *Recovery Potential Assessment for the American Eel (Anguilla rostrata) for eastern Canada: description and quantification of threats*. Document de recherche 2013/135, vi + 90 p.

- Charlon N. et J.M. Blanc, 1982. *Etude des civelles d'Anguilla anguilla dans la région du bassin de l'Adour*. Caractéristiques biométriques de longueur et de poids en fonction de la pigmentation. Arch. Hydrobiol., 93, 238-255.
- Chisnall, B. L., et D. W. West, 1996. *Design and trials of a large fine-meshed fyke net for eel capture, and factors affecting size distribution of catches*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 30 (3) : 355-364.
- Ciccotti, E., T. Ricci, M. Scardi et coll., 1995. *Intraseasonal characterization of glass eel migration in the river Tiber - Space and time dynamics*. Journal of Fish Biology 47 (2) : 248-255.
- Comité scientifique sur l'anguille d'Amérique, 2019. *État de situation de l'anguille d'Amérique (Anguilla rostrata) au Québec*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec. 6 p.
- COSEPAC, 2012. *Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur l'anguille d'Amérique Anguilla rostrata au Canada*. Ottawa. x + 80 p.
- Côté, C. 2022. *Inventaire de l'anguille d'Amérique aux obstacles à la migration dans la région de Lanaudière, 2021*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 17 p. et annexe.
- Côté, C. L., M. Castonguay, M. S. Kalujnaia et coll., 2014. *In absence of local adaptation, plasticity and spatially varying selection rule: a view from genomic reaction norms in a panmictic species (Anguilla rostrata)*. BMC Genomics 15 (403) : 1-15.
- Côté, C. L., P.-A. Gagnaire, V. Bourret et coll., 2013. *Population genetics of the American eel (Anguilla rostrata): FST = 0 and North Atlantic Oscillation effects on demographic fluctuations of a panmictic species*. Molecular Ecology 22 (7) : 1763-1776.
- Dejean, T., C. Miaud et M. Ouellet, 2007. *Proposition d'un protocole d'hygiène pour réduire les risques de dissémination d'agents infectieux et parasitaires chez les amphibiens lors d'intervention sur le terrain*. Bulletin de la Société herpétologique de France 122 : 40-48.
- Deschamps, D., et coll., 2018, non publié. *Guide d'utilisation de la pêche à l'électricité*. À l'usage des employés du MRNF. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'expertise sur la faune aquatique. 50 p.
- Desrochers, D., et C. Fleury, 1999. *Passe migratoire à anguille (Anguilla rostrata) au barrage de Chambly et étude de la migration des anguilles juvéniles du Saint-Laurent*. MILIEU inc. (pour Hydraulique et Environnement, Groupe Production, Hydro-Québec). 126.
- Dolan, J. A., 1975. *Observation on the ecology of the American eel, Anguilla rostrata (LeSueur), in the Matamek river system, Québec*. University of Waterloo. 251 p.
- Drouineau, H., C. Durif, M. Castonguay et coll., 2018. *Freshwater eels: A symbol of the effects of global change*. Fish and Fisheries 19 (5) : 903-930.
- Durif, C., S. Dufour et P. Elie, 2005. *The silvering process of Anguilla anguilla: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage*. Journal of Fish Biology 66 (4) : 1025-1043.
- Dutil, J.-D., A. Giroux, A. Kemp et coll., 1988. *Tidal Influence on Movements and on Daily Cycle of Activity of American Eels*. Transactions of the American Fisheries Society 117 (5) : 488-494.
- Dutil, J.-D., B. Légaré et C. Desjardins, 1985. *Discrimination d'un stock de poisson, l'anguille (Anguilla rostrata), basée sur la présence d'un produit chimique de synthèse, le mirex*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42 (3) : 455-458.
- Dutil, J. D., P. Dumont, D. K. Cairns et coll., 2009. *Anguilla rostrata glass eel migration and recruitment in the estuary and Gulf of St. Lawrence*. Journal of Fish Biology 74 (9) : 1970-1984.
- Dutil, J. D., M. Michaud et A. Giroux, 1989. *Seasonal and diel patterns of stream invasion by American eels (Anguilla rostrata) in the northern gulf of St. Lawrence*. Canadian Journal of Zoology / Revue canadienne de zoologie 67 (1) : 182-188.
- Facey, D. E., et G. W. Labar, 1981. *Biology of American Eels in Lake Champlain, Vermont*. Transactions of the American Fisheries Society 110 (3) : 396-402.
- Ford, T. E., et E. Mercer, 1986. *Density, size distribution and home range of American eels, Anguilla rostrata, in a Massachusetts salt marsh*. Environmental Biology of Fishes 17 (4) : 309-314.

- Fournier, D., et F. Caron, 2001. *Travaux de recherche sur l'anguille d'Amérique (Anguilla rostrata) de la Petite rivière de la Trinité en 1999 et 2000*. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune. 85 p.
- Fournier, D., et F. Caron, 2005. *Travaux de recherche sur l'anguille d'Amérique (Anguilla rostrata) de la Petite rivière de la Trinité en 2001 et synthèse des travaux de 1999 à 2001*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune. 81 p.
- Gagnaire, P.-A., E. Normandeau, C. Cote et coll., 2012. *The Genetic Consequences of Spatially Varying Selection in the Panmictic American Eel (Anguilla rostrata)*. Genetics 190 (2) : 725-736.
- Geer, P. J., 2003. *Distribution, relative abundance, and habitat use of American eel Anguilla rostrata in the Virginia portion of the Chesapeake Bay*, A. F. Society, American Fisheries Society, Symposium 33, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Guillemette, S., A. Guindon et D. Desrochers, 2019. *Suivi des passes migratoires à anguille de la centrale de Beauharnois et du barrage de Chambly, 2019*. Préparé par MILIEU inc. pour l'unité Expertise, Direction de l'environnement, Hydro-Québec Production. 92 p. + annexes.
- Guindon, A., et D. Desrochers, 2010. *Migration de l'anguille (Anguilla rostrata) au barrage de Carillon, 2010*. Préparé par MILIEU inc. pour Environnement, Groupe Production, Hydro-Québec. 30 p. + annexes.
- Haro, A. J., et W. H. Krueger, 1988. *Pigmentation, size, and migration of elvers (Anguilla rostrata (Lesueur)) in a coastal Rhode Island stream*. Canadian Journal of Zoology 66 (11) : 2528-2533.
- Haro, A. J., et W. H. Krueger, 1991. *Pigmentation, otolith rings, and upstream migration of juvenile American eels (Anguilla rostrata) in a coastal Rhode Island stream*. Canadian Journal of Zoology 69 (3) : 812-814.
- Harrison, A. J., A. M. Walker, A. C. Pinder et coll., 2014. *A review of glass eel migratory behaviour, sampling techniques and abundance estimates in estuaries: implications for assessing recruitment, local production and exploitation*. Reviews in Fish Biology and Fisheries 24 (4) : 967-983.
- Hedger, R. D., J. J. Dodson, D. Hatin et coll., 2010. *River and estuary movements of yellow-stage American eels Anguilla rostrata, using a hydrophone array*. Journal of Fish Biology 76 (6) : 1294-1311.
- Helfman, G. S., D. E. Facey, L. Stanton Hales et coll., 1987. *Reproductive Ecology of the American Eel*. American Fisheries Society Symposium 1 : 42-56.
- Iversen, M.H., F. Okland, E.B. Thorstad et B. Finstad. 2013. *The efficacy of Aqui-S vet. (iso-eugenol) and metomidate as anaesthetics in European eel (Anguilla anguilla L.), and their effects on animal welfare and primary and secondary stress responses*. Aquaculture research, 44 : 1307-13016.
- Jellyman, D., et P. Lambert, 2003. *The how and when of catching glass eels*. Water & Atmosphere 11 (4) : 22-23.
- Joy, M., B. David et M. Lake, 2013. *New Zealand freshwater fish sampling protocols: Part 1 - Wadeable rivers and streams*. Massey University. 38 p. + 5 annexes.
- Koops, H., 1980. *Sampling eels*. 159-166 dans *Guidelines for sampling fish in inland waters*, T. Backiel et R. L. Welcomme (ed.), European Inland Fisheries Advisory Committee (EIFAC), Technical Paper 33. FAO, Rome.
- Labar, G. W., et D. E. Facey, 1983. *Local Movements and Inshore Population Sizes of American Eels in Lake Champlain, Vermont*. Transactions of the American Fisheries Society 112 (1) : 111-116.
- Lake, M., 2013. *Freshwater fish: passive nets – fyke nets. Inventory and monitoring toolbox: freshwater fish*, Version 1.1, New Zealand government. 22 p.
- Laporte M, B. Bougas, G. Côté, O. Chamoux, Y. Paradis, J. Morin et L. Bernatchez. 2020. *Caged fish experiment and hydrodynamic bidimensional modeling highlight the importance to consider 2D dispersion in fluvial environmental DNA studies*. Environmental DNA. 2020; 2: 362-372.
- Leclerc, J., G. Mercier, R. Pariseau et coll., 2007. *Guide d'utilisation de la pêche à l'électricité*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune. 46 p.
- Legault, A., 1992. *Étude de quelques facteurs de sélectivité de passes à anguilles*. Bull. Fr. Pêche Piscic. (325) : 83-91.
- Lloyst, M. H. M., T. C. Pratt, S. M. Reid et coll., 2015. *Nearshore habitat associations of stocked American eel, Anguilla rostrata, in Lake Ontario and the upper St. Lawrence River*. Journal of Great Lakes Research 41 (3) : 881-889.

- McGrath KJ, J. Bernier, S. Ault, J-D. Dutil et K. Reid, 2003. *Differentiating downstream migrating American eels *Anguilla rostrata* from resident eels in the St. Lawrence River*. In: American Fisheries Society Symposium. American Fisheries Society, Bethesda, MD, p 315-327
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), 2020. Sentinelle, [En ligne], <<https://www.pub.enviroweb.gouv.qc.ca/scc/#no-back-button>>.
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), 2018. *Guide des bonnes pratiques en milieu aquatique dans le but de prévenir l'introduction et la propagation d'espèces aquatiques envahissantes*. Gouvernement du Québec. 32 p.
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). 2021. *Protocole standardisé des procédures de stérilisation et d'échantillonnage d'eau afin de déterminer la présence d'espèces fauniques dans les milieux hydriques par l'analyse d'ADNe au Québec*. Gouvernement du Québec, Québec, 13 p.
- Mongeau, J.-R., 1976. *Méthodes de pêche expérimentale, en eau douce, à l'usage du biologiste et du technicien de la faune*. Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement de la faune. District de Montréal. 80 p.
- Mouton, A. M., M. Stevens, T. Van den Neucker et coll., 2011. *Adjusted barrier management to improve glass eel migration at an estuarine barrier*. Marine Ecology Progress Series 439 : 213-222.
- MPO, 2009. *Examen des risques potentiels et des pratiques de gestion exemplaires concernant l'ensemencement d'anguilles d'Amérique à des fins de préservation, les 27 et 28 mars 2007*. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2009/031.
- Nilo, P., et R. Fortin, 2001. *Synthèse des connaissances et établissement d'une programmation de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*)*. Université du Québec à Montréal, Département des sciences biologiques pour la Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune. 298 p.
- Ogden, J. C., 1970. *Relative Abundance, Food Habits, and Age of the American Eel, *Anguilla rostrata* (LeSueur), in Certain New Jersey Streams*. Transactions of the American Fisheries Society 99 (1) : 54-59.
- Overton, A. S., et R. A. Rulifson, 2009. *Annual variability in upstream migration of glass eels in a southern USA coastal watershed*. Environmental Biology of Fishes 84 (1) : 29-37.
- Pankhurst, N., 1982. *Relation of Visual Changes to the Onset of Sexual Maturation in the European Eel *Anguilla anguilla* (L.)*. Journal of Fish Biology : 127-140.
- Pavey, S. A., J. Gaudin, E. Normandeau et coll., 2015. *RAD Sequencing Highlights Polygenic Discrimination of Habitat Ecotypes in the Panmictic American Eel*. Current Biology 25 : 1-6.
- Pelletier, A.-M., et S. Pelletier, 2009. *Chronologie de pigmentation des civelles d'anguille d'Amérique dans une rivière de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire du Bas-Saint-Laurent. 12 p. Non publié.
- Pilote, S., 1989. *Avis scientifique sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) sur la Côte-Nord du Saint-Laurent*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. 31 p.
- Piper, A. T., R. M. Wright et P. S. Kemp, 2012. *The influence of attraction flow on upstream passage of European eel (*Anguilla anguilla*) at intertidal barriers*. Ecological Engineering 44 : 329-336.
- Rabideau, S., D. Algera, J. Pallard et N. Lapointe. 2020. *Establishing best practices for implanting Passive Integrated Transponder (PIT) tags in American Eel (*Anguilla rostrata*)*. Workshop Report. Ontario Species at Risk Stewardship Program Project #18-19-CWF
- Raymond, C., et S. Tremblay, 1995. *Rapport d'opération : décompte des anguillettes (*Anguilla rostrata*) de la Petite rivière de la Trinité et de la rivière Petit-Saguenay en 1994*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune aquatique. 41 p.
- Reid, S. M., 2011. *Comparison of point and transect-based electrofishing to sample American eel (*Anguilla rostrata*) in wadeable riverine habitats*. Aquat. Living Resour. 24 (1) : 79-83.
- Renault, S., F. Daverat, F. Pierron, P. Gonzales, S. Dufour, L. Lanceleur, J. Schäfer et M. Baudrimont. 2011. *The use of Eugenol and electro-narcosis as anaesthetics : Transcriptional impacts on the European eel (*Anguilla anguilla* L.)*. Ecotoxicology and Environmental Safety 74 : 1573-1577.

- Reynolds, J. B., et F. M. Holliman, 2004. *Injury of American Eels Captured by Electrofishing and Trap-Netting*. North American Journal of Fisheries Management 24 (2) : 686-689.
- Reynolds, J. B., et J. C. Dean. 2020. *Development of electrofishing for fisheries management*. Fisheries. Vol. 45 (5): 229-237.
- Ross L.G., et B. Ross, 2008. *Anaesthetics and Sedative Techniques for Aquatic Animals* (3rd ed.). Blachwell Publishing, Oxford 222 pp.
- Rourke, M.L., A. M. Fowler, J-M. Hughes, M.K. Broadhurst, J.D. DiBattista, S. Fielder, J. Wilkes Walburn and E.M. Furlan, 2021. *Environmental DNA (eDNA) as a tool for assessing fish biomass: A review of approaches and future considerations for resource surveys*. Environmental DNA 4:9-33.
- Schmidt, J., 1922. *The Breeding Places of the Eel*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character 211 : 179-208.
- Schmidt, R. E., C. M. O'Reilly et D. Miller, 2009. *Observations of American Eels Using an Upland Passage Facility and Effects of Passage on the Population Structure*. North American Journal of Fisheries Management 29 (3) : 715-720.
- Scott, W. B., et E. J. Crossman, 1974. *Poissons d'eau douce du Canada*. Bulletin 184. Office des recherches sur les pêcheries du Canada, 1026 p.
- Service de la faune aquatique, 2011. *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichthyologique en eaux intérieures*, Tome I, Acquisition de données, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 137 p.
- Strubberg A.C., 1913. *The metamorphosis of elvers as influenced by outward conditions*. Medd Kommn Havunders Ser Fiskeri 4(3):1-11
- Sullivan, M. C., K. W. Able, J. A. Hare et coll., 2006. *Anguilla rostrata glass eel ingress into two, U.S. east coast estuaries: patterns, processes and implications for adult abundance*. Journal of Fish Biology 69 (4) : 1081-1101.
- Sullivan, M. C., M. J. Wuenschel et K. W. Able, 2009. *Inter and intra-estuary variability in ingress, condition and settlement of the American eel Anguilla rostrata: implications for estimating and understanding recruitment*. J Fish Biol 74 (9) : 1949-69.
- Tesch, F. W., 2003. *The Eel*, J. E. Thorpe, Blackwell Science Ltd., Oxford, UK. 408 p.
- Thibault, I., J. J. Dodson et F. Caron, 2007a. *Yellow-stage American eel movements determined by microtagging and acoustic telemetry in the St Jean River watershed, Gaspé, Quebec, Canada*. Journal of Fish Biology 71 (4) : 1095-1112.
- Thibault, I., J. J. Dodson, F. Caron et coll., 2007b. *Facultative catadromy in American eels: testing the conditional strategy hypothesis*. Marine Ecology Progress Series 344 : 219-229.
- Tremblay, V., 2009. *Reproductive Strategy of Female American Eels Among Five Subpopulations in the St. Lawrence River Watershed*. 85-102 p. dans *Eels at the Edge : Science, Status, and Conservation Concerns*, J. M. Casselman et D. K. Cairns (ed.), vol. 58, Bethesda, MD.
- Tremblay, V., C. Cossette, J.-D. Dutil et coll., 2011. *Évaluation de la franchissabilité amont et aval pour l'anguille aux barrages*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2912, x + 73 p.
- Verreault, G., 2002. *Dynamique de la sous-population d'anguilles d'Amérique (Anguilla rostrata) du bassin versant de la rivière du Sud-Ouest*. Mémoire présenté à l'Université du Québec à Rimouski comme exigence partielle de la maîtrise en gestion de la faune et de ses habitats. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la région du Bas-Saint-Laurent. 112 p.
- Verreault, G., P. Dumont et Y. Mailhot, 2004. *Habitat losses and anthropogenic barriers as a cause of population decline for American eel (Anguilla rostrata) in the St. Lawrence watershed, Canada*. ICES. 12 p.
- Verreault, G., et J. Dussureault, 2016. *Caractérisation de la migration des anguilles d'Amérique (Anguilla rostrata) en montaison au complexe hydroélectrique de Mitis-2 en 2016*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent. Rivière-du-Loup. 13 p.
- Verreault, G., et J. Dussureault, 2018. *Estimation de l'abondance et des caractéristiques des anguilles d'Amérique provenant des ensemencements dans la pêcherie de l'estuaire du Saint-Laurent en 2017*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent. 23 p.

- Verreault, G., J. Dussureault et M. Tremblay, 2015. *Caractérisation de la migration des anguilles d'Amérique (Anguilla rostrata) en montaison au complexe hydroélectrique de Mitis-2 en 2014*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-Saint-Laurent. Rivière-du-Loup. 34 p.
- Vladikov, V. D., 1970. *Progress Reports n^{os} 1 to 5 of the American Eel (Anguilla rostrata) Studies in Canada*. Industrial Development Branch, Fisheries Service, Department of Fisheries and Forestry. Ottawa. 98 p.
- Walsh, C. T., et B. C. Pease, 2002. *The use of clove oil as an anaesthetic for the longfinned eel, Anguilla reinhardtii (Steindachner)*. Aquaculture Research, 33(8), 627-635.
- Watz, J., P. A. Nilsson, E. Degerman et coll., 2019. *Climbing the ladder: an evaluation of three different anguillid eel climbing substrata and placement of upstream passage solutions at migration barriers*. Animal Conservation 22 (5) : 452-462.
- Wiley, D. J., R. P. Morgan, R. H. Hilderbrand et coll., 2004. *Relations between physical habitat and American eel abundance in five river basins in Maryland*. Transactions of the American Fisheries Society 133 (3) : 515-526.

Annexe A – Propagation des maladies et des espèces exotiques envahissantes

Il est fortement recommandé d'adopter une approche de biosécurité permettant de réduire les risques de propagation de maladies ou d'espèces exotiques envahissantes (EEE).

Nettoyage et désinfection du matériel

Tous les équipements en contact avec l'eau (bottes, bottes de pêche, épuisettes, nasses, seaux, etc.) peuvent être des vecteurs de transmission d'agents infectieux et d'EEE. Avant de quitter un site, il est donc nécessaire d'appliquer les recommandations du *Guide des bonnes pratiques en milieu aquatique dans le but de prévenir l'introduction et la propagation d'espèces aquatiques envahissantes* (MFFP, 2018).

En résumé, il est nécessaire de suivre ces quatre étapes de nettoyage :

1. Inspecter et retirer : inspecter l'embarcation, la remorque et l'équipement et retirer tous amas de plantes, tous autres organismes visibles et toutes boues.
2. Vider : vider toute l'eau qui peut se trouver à bord d'une embarcation et dans tous les autres contenants, compartiments et équipements ayant recueilli de l'eau.
3. Nettoyer et sécher : une fois l'inspection terminée, il faut procéder au nettoyage de tous les équipements utilisés en milieu aquatique. Il est recommandé d'utiliser une laveuse à pression (pression de 2600 psi) ou un pulvérisateur de vapeur d'eau chaude. L'utilisation d'eau froide est suffisante, mais l'utilisation d'eau chaude, à une température de 60 °C (140 °F), permet de tuer les organismes délogés par le jet d'eau sous pression.
4. Répéter : répéter ces quatre étapes chaque fois que vous prévoyez visiter un plan d'eau différent.

Les équipements doivent idéalement être nettoyés sur place. S'il n'est pas possible de le faire, il est préférable de choisir un sol composé de gravier de différentes tailles qui favorisera le confinement de l'eau de nettoyage et son évaporation, de pente nulle ou légère et opposée à un plan d'eau, à un minimum de 30 mètres d'un plan d'eau ou d'un égout pluvial pour limiter la percolation de l'eau qui pourrait transporter des organismes vivants nuisibles dans le milieu (MFFP, 2018). Lors de l'utilisation de solutions désinfectantes, ces dernières recommandations doivent être appliquées pour éviter leur ruissellement dans le milieu aquatique.

Pour désinfecter les brosses et les chiffons utilisés lors du nettoyage et certains autres équipements, des solutions aqueuses de 10 % d'eau de Javel (hypochlorite de sodium), de chlore ou de vinaigre sont efficaces (1 volume de produit désinfectant pour 9 volumes d'eau) (MFFP, 2018). Il faut ensuite rincer à grande eau douce le matériel désinfecté et éviter le contact de produits désinfectants avec certains équipements, par exemple les viviers.

Pour toutes les méthodes de nettoyage et de désinfection mentionnées plus haut, il faut s'assurer que l'équipement et les structures de l'embarcation peuvent supporter un tel traitement. Certains matériaux et des parties des embarcations ou des équipements pourraient être altérés par de l'eau et de la pression à 60 °C et par les solutions désinfectantes.

Le temps de traitement recommandé est de 10 minutes pour une solution à base d'eau de Javel ou de chlore et de 20 minutes pour une solution de vinaigre blanc.

Les véhicules terrestres qui ne sont pas en contact avec l'eau ne semblent pas être des vecteurs de transmission reconnus d'agents infectieux. Cependant, un nettoyage régulier est une précaution souhaitable. Pour les véhicules terrestres, une visite au lave-auto est une autre option préconisée. La désinfection de l'équipement et son rangement dans des bacs (eux-mêmes régulièrement désinfectés) dans le véhicule permettent de limiter les risques de contamination croisée secondaire. Par contre, les VTT qui ont été en contact avec le milieu aquatique devraient faire l'objet d'un nettoyage selon les quatre étapes décrites ci-dessus (Dejean et coll., 2007; MFFP, 2018).

Matériel requis

Le matériel suivant est requis pour bien décontaminer les éléments utilisés lors d'un inventaire en milieu aquatique :

- Laveuse à pression ou nettoyeur à vapeur;
- Brosses à récurer;
- Solution désinfectante;
- Grand seau ou sac pouvant contenir environ 25 L d'eau (p. ex. : bacs Rubbermaid^{MD});
- Contenant d'eau du robinet;
- Flacons pulvérisateurs;
- Gants à vaisselle et lunettes de sécurité.

Annexe B – Stades de pigmentation

Traduction libre des stades de pigmentation décrits par Haro et Krueger (1988), extraite de Pelletier et Pelletier (2009).

La pigmentation épidermale est examinée sous une loupe binoculaire de dissection avec un grossissement 15X. Une séquence de pigmentation, comportant sept stades, a été élaborée sur la base des classifications de Strubberg (1913), Boëtius (1976) et Charlon et Blanc (1982).

Stade 1 : Aucun pigment sur toutes les parties du corps entre les origines des nageoires dorsale et anale.

Stade 2 : Présence d'un pigment sur le long de la base de la nageoire dorsale, mais ne s'étend pas sous les sommets des cônes postérieurs dorsaux des stries musculaires.

Stade 3 : Les pigments se prolongent le long des stries jusqu'à la moitié de la partie au-dessus de la ligne latérale. Les pigments entre les stries musculaires peuvent être présents ou non.

Stade 4 : Les pigments s'étendent jusqu'à la ligne latérale, qui est maintenant distinctement pigmentée. Les pigments entre les stries musculaires sont généralement présents sur la partie dorsale.

Stade 5 : Les pigments s'étendent un peu en dessous de la ligne latérale. Les pigments entre les stries musculaires sont toujours présents sur la partie dorsale, mais ils sont plus intenses le long des stries musculaires.

Stade 6 : Les pigments s'étendent plus loin le long des muscles latéraux, formant des marges ventrales irrégulières. La surface dorsale est uniformément pigmentée. Les pigments entre les stries musculaires sont généralement présents sous la ligne latérale, mais les stries musculaires sont plus distinctement pigmentées; les pigments sur la base de la nageoire dorsale peuvent être présents ou non.

Stade 7 : Les parties précédemment citées sont uniformément pigmentées, obscurcissant la pigmentation des stries musculaires. Il y a présence d'une marge ventrale qui forme une ligne distincte. La base de la nageoire dorsale est généralement pigmentée. La base de la nageoire anale est pigmentée ou non.

Annexe C – Formulaire de terrain

INVENTAIRE ANGUILE D'AMÉRIQUE												
			FEUILLE DE PÊCHE # _____									
COURS D'EAU : _____		EQUIPIERS : _____										
STATION # _____		PHOTO # _____										
LOCALISATION : _____												
COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES - degrés décimalisés (6 décimales) NAD 83												
DE	LONGITUDE _____ " O.	LATITUDE _____ " N.										
#WAYPOINT # _____												
A	LONGITUDE _____ " O.	LATITUDE _____ " N.										
WAYPOINT # _____												
CHRONOLOGIE DE LA CAPTURE												
DÉBUT (POSE)												
_____	_____	_____	_____									
Année	Mois	Jour	Heure									
FIN (LEVÉE)												
_____	_____	_____	_____									
Année	Mois	Jour	Heure									
ENGIN DE PÊCHE ☐ PIÈGE SULLIVAN ☐ PÊCHE ÉLECTRIQUE PORTATIVE¹ ☐ CASIERS² ☐ OBSERVATIONS NOCTURNES ☐ VERVEUX² ☐ ADNe ☐ ÉPUISETTE ☐ PASSE-PIÈGE												
¹ PÊCHE ÉLECTRIQUE Voltage (V) : _____ Fréquence (Hz) : _____ DC : _____ Durée (sec) : _____ Distance parcourue (m) : _____ Largeur échantillonnée (m) : _____												
² VERVEUX <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 30%; padding: 5px;">Description de l'engin :</td> <td style="width: 35%; padding: 5px;">☐ Ailes : longueur (m) _____</td> <td style="width: 35%; padding: 5px;">☐ Guideau : longueur (m) _____</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 5px;">Autre : _____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Longueur maille étirée (mm) : _____</td> <td style="padding: 5px;">Rive pêchée : _____</td> <td style="padding: 5px;">Proportion de la largeur pêchée (%) : _____</td> </tr> </table>				Description de l'engin :	☐ Ailes : longueur (m) _____	☐ Guideau : longueur (m) _____	Autre : _____			Longueur maille étirée (mm) : _____	Rive pêchée : _____	Proportion de la largeur pêchée (%) : _____
Description de l'engin :	☐ Ailes : longueur (m) _____	☐ Guideau : longueur (m) _____										
Autre : _____												
Longueur maille étirée (mm) : _____	Rive pêchée : _____	Proportion de la largeur pêchée (%) : _____										
² CASIERS N engins : _____ Appât utilisé : _____												
PROFONDEUR DE LA PÊCHE (m) : MIN _____ MAX _____ PROPRIÉTÉ DE L'ENGIN À LA LEVÉE : _____ VALIDITÉ DE LA PÊCHE : _____												
VITESSE DE COURANT* (m/sec) : _____		CONDUCTIVITÉ spécifique* (µS/cm) : _____										
TEMPÉRATURE DE L'EAU* (°C) : _____		TEMPÉRATURE DE L'AIR (°C) : _____										
CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES : _____												

*À 10 cm du fond

CAPTURES

	Espèce	Nombre	LT max (mm)	Remarque
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				

[illegible]

LFFQUR/202407

HABITAT

DIMENSIONS DE LA STATION	TYPE DE SUBSTRAT (%)	FACIÈS D'ÉCOULEMENT
LONGUEUR (m) : _____	R - Roche mère _____	☐ Bassin - BAS
LARGEUR (m) : _____	Bx - Gros bloc (> 500 mm) _____	☐ Seuil - SEU
INFLUENCE MARÉE : _____	B - Bloc (250-500 mm) _____	☐ Chenal principal – CHE
☐ OUI ☐ NON	G - Galet (80-250 mm) _____	☐ Contre-courant – CON
	C - Caillou (40 à 80 mm) _____	☐ Rapide - RAP
	Gr - Gravier (5 à 40 mm) _____	☐ Méandre - MEA
	S - Sable (0,125 à 5 mm) _____	☐ Chute - CHU
	L - Limon / Argile (< 0,125 mm) _____	☐ Cascade - CAS
	Mo - Matière organique _____	☐ Lac - LAC
	V - Couvert végétal _____	☐ Estuaire - EST

*Utiliser ces codes pour identifier les différentes composantes sur le schéma

CROQUIS DE L'OBTACLE VU DE HAUT :

**Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs**

Québec

