



Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs



Guide d'utilisation de la roténone **pour la restauration de populations allopatriques** **d'ombles de fontaine au Québec**

Mai 2019

Québec 

Réalisation*

Jean-Nicolas Bujold¹
Chantale Girard²
Michel Lemieux³

* Il est à noter que ce document constitue une mise à jour de la *Guide d'utilisation de la roténone pour le rétablissement d'une population de poisson* publié en 1999 par Faune et Parcs Québec.

Collaborateurs

Véronique Leclerc¹
Martin Arvisais¹
Stéphanie Gagné¹
Marie-France Barette¹
Nathalie Gélinas⁴
Sébastien Rioux⁵
Geneviève Lacroix⁵
Annabelle Avery⁵
Claude Grondin⁵

¹ Direction de l'expertise sur la faune aquatique, Direction générale de la gestion de la faune et ses habitats, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 880, chemin Sainte-Foy, 2^e étage, Québec (Québec) G1S 4X4; courriel : Jean-Nicolas.Bujold@mffp.gouv.qc.ca

² Biologiste contractuelle, M. Sc.

³ Direction régionale de la gestion de la faune Mauricie–Centre-du-Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 55, 119^e rue, Shawinigan (Québec) G9P 5K6, à la retraite.

⁴ Direction régionale de la gestion de la faune Mauricie–Centre-du-Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 100, rue Laviolette, local 207, Trois-Rivières (Québec) G9A 5S9.

⁵ Fondation de la faune du Québec, 1175, avenue Lavigerie, bureau 420, Québec (Québec) G1V 4P1.

Photographie de la page couverture :

Patrick Clayton

Référence à citer :

DIRECTION DE L'EXPERTISE SUR LA FAUNE AQUATIQUE (2019). *Guide d'utilisation de la roténone pour la restauration de populations allopatriques d'ombles de fontaine au Québec*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, 91 p.

Avant-propos

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a pour mission d'assurer la conservation et la mise en valeur de la faune au Québec. Dans le cadre de cette mission, le Ministère se doit d'encadrer ou de réaliser, si nécessaire, les interventions visant à restaurer les populations de poissons indigènes perturbées par l'introduction d'espèces compétitrices ou prédatrices dans leur habitat.

Ce guide a ainsi pour objectif de définir et de normaliser les modalités d'intervention au moyen de la roténone dans le cas où une élimination complète des espèces introduites serait justifiée. Le *Guide* décrit plus précisément les procédures de restauration à la roténone de populations allopatriques d'ombles de fontaine. La roténone au Québec est utilisée presque exclusivement pour la restauration des populations allopatriques de cette espèce en raison de l'introduction par l'homme de poissons nuisibles dans un grand nombre de lacs à omble de fontaine de la province et des conséquences de la compétition interspécifique sur cette espèce. De plus, le Ministère approuve particulièrement l'utilisation de la roténone pour la restauration de populations allopatriques d'ombles de fontaine en raison de la nécessité, de la faisabilité et de l'efficacité de ces interventions.

Puisque la dernière édition du guide d'utilisation de la roténone par Faune et Parcs Québec remonte à 1999, le Ministère, en collaboration avec la Fondation de la faune du Québec (FFQ), a jugé nécessaire d'en effectuer la mise à jour afin d'actualiser et de bonifier les renseignements portant sur l'utilisation de cet outil de conservation et de mise en valeur. Ce document se base sur plusieurs années d'expérimentation sur le terrain et en laboratoire. Il s'appuie aussi sur une revue de la littérature concernant l'utilisation de la roténone comme outil de restauration des populations d'ombles de fontaine (Blais et Beaulieu, 1992), de même que sur plusieurs articles et publications, particulièrement sur ceux de l'American Fisheries Society (AFS) qui est l'organisme de référence dans le domaine aux États-Unis.

Le *Guide* décrit ainsi une méthode qui se veut des plus rigoureuses et sécuritaire afin d'assurer le succès de la restauration à l'aide de la roténone, et ce, dans le respect de la législation applicable. L'encadrement des opérations de restauration par un professionnel de la faune expérimenté est crucial afin de maximiser les chances de réussite de ce type de projet relativement complexe.

Table des matières

AVANT-PROPOS	I
1. INTRODUCTION	1
1.1. CONSÉQUENCES DES ESPÈCES INTRODUITES SUR L'OMBLE DE FONTAINE AU QUÉBEC	1
1.2. LA ROTÉNONE	5
1.2.1. <i>Toxicité de la roténone : mécanisme et généralités</i>	5
1.2.2. <i>Toxicité chez les poissons</i>	6
1.2.3. <i>Toxicité chez le phytoplancton et les invertébrés aquatiques</i>	8
1.2.4. <i>Toxicité chez les amphibiens et les reptiles</i>	9
1.2.5. <i>Toxicité chez les oiseaux et les mammifères terrestres</i>	10
1.2.6. <i>Risques pour l'humain</i>	10
1.2.7. <i>Persistance dans l'environnement</i>	11
1.3. UTILISATION DE LA ROTÉNONE AU QUÉBEC	11
1.4. OBJECTIFS DU <i>GUIDE</i>	12
2. ÉTAPES PRÉALABLES AU TRAITEMENT	15
2.1. ADMISSIBILITÉ.....	15
2.1.1. <i>Qualité de la pêche sportive</i>	15
2.1.2. <i>Inventaire du plan d'eau</i>	17
2.2. ÉTUDE DE FAISABILITÉ	19
2.2.1. <i>Caractéristiques du système hydrographique</i>	21
2.2.2. <i>Planification de l'obstacle à la montaison du poisson</i>	21
2.2.3. <i>Bathymétrie et calcul du volume d'eau</i>	22
2.2.4. <i>Agents ichtyotoxiques vendus au Canada</i>	23
2.2.5. <i>Dosage</i>	23
2.2.6. <i>Quantité requise d'agent ichtyotoxique</i>	24
2.2.6.1. <i>Quantité dans un lac</i>	25
2.2.6.2. <i>Quantité dans un cours d'eau</i>	26
2.2.6.2.1. <i>Épandage manuel avec un pulvérisateur à dos</i>	26
2.2.6.2.2. <i>Réservoirs-distributeurs</i>	27
2.2.7. <i>Évaluation des coûts</i>	29
2.2.8. <i>Évaluation des bénéfices</i>	30
2.2.9. <i>Aide financière</i>	30
2.2.10. <i>Aspects légaux liés à l'utilisation de la roténone</i>	30
2.2.10.1. <i>Compétence municipale</i>	31
2.2.10.2. <i>Compétence provinciale</i>	31
2.2.10.3. <i>Compétence fédérale</i>	33
3. MÉTHODOLOGIE DU TRAITEMENT	36
3.1. PÉRIODE DE TRAITEMENT.....	38
3.2. INFORMATION DU PUBLIC.....	39
3.3. ABAISSEMENT DU NIVEAU D'EAU DU LAC.....	40
3.4. CONSTRUCTION D'UN OBSTACLE À LA MONTAISON DU POISSON	41
3.5. AMÉNAGEMENTS COMPLÉMENTAIRES	44
3.6. MESURES DE SÉCURITÉ.....	45
3.6.1. <i>Équipement de protection individuelle</i>	45
3.6.2. <i>Gestion sécuritaire de la roténone et des contenants</i>	46
3.7. MESURES D'URGENCE	47

3.7.1. Déversement accidentel.....	47
3.7.2. Premiers soins.....	47
3.8. CONSTRUCTION D'UN BATARDEAU À L'ÉMISSAIRE	48
3.9. NEUTRALISATION DE LA ROTÉNONE	49
3.10. ÉPANDAGE DE LA ROTÉNONE.....	50
3.10.1. Plan d'épandage	51
3.10.2. Traitement du lac.....	51
3.10.2.1. Zone littorale.....	56
3.10.2.2. Zone profonde	57
3.10.3. Traitement des cours d'eau	58
3.10.3.1. Pulvérisateur à dos.....	59
3.10.3.2. Réservoirs-distributeurs	60
3.10.4. Traitement des habitats complexes.....	62
3.11. RÉCUPÉRATION DES POISSONS MORTS.....	63
4. ÉTAPES SUBSÉQUENTES AU TRAITEMENT	64
4.1. SUIVI DE L'EFFICACITÉ DU TRAITEMENT.....	64
4.1.1. Période de vérification.....	66
4.1.2. Pêche de vérification dans un cours d'eau	66
4.1.2.1. Engin de pêche	66
4.1.2.2. Procédure et effort de pêche	67
4.1.3. Pêche de vérification dans un lac.....	68
4.1.3.1. Engins de pêche.....	68
4.1.3.2. Effort de pêche	70
4.1.3.3. Strates de profondeur.....	70
4.1.3.4. Emplacement des stations.....	71
4.1.3.5. Procédure de pêche	72
4.1.4. Traitement des captures et des observations.....	74
4.2. VÉRIFICATION ET ENTRETIEN DE L'OBSTACLE À LA MONTAISON DU POISSON	75
4.3. REBOISEMENT DES ZONES PERTURBÉES.....	76
4.4. QUALITÉ DE L'EAU.....	76
4.5. REPEUPLEMENT DU PLAN D'EAU.....	76
4.6. REPRISE DE LA PÊCHE SPORTIVE	77
4.7. RAPPORT D'EXÉCUTION.....	79
4.8. SENSIBILISATION DES PÊCHEURS	80
RÉFÉRENCES	81
ANNEXE 1. OÙ S'INFORMER?	89
ANNEXE 2. EXEMPLE DE TABLE DES MATIÈRES D'UN RAPPORT D'EXÉCUTION POUR UN PROJET DE RESTAURATION À LA ROTÉNONE.	90

Liste des tableaux

TABLEAU 1.1. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA ROTÉNONE ET DE MÉTHODES ALTERNATIVES POUR L'ÉRADICATION DE POISSONS INTRODUIITS.	4
TABLEAU 1.2. ÉCHÉANCIER TYPE DES PRINCIPALES ÉTAPES D'UNE RESTAURATION À LA ROTÉNONE.	13
TABLEAU 2.1. VARIABLES DE PÊCHE SPORTIVE À CONSIDÉRER LORS DE L'ÉTAPE D'ADMISSIBILITÉ DES PROJETS DE RESTAURATION À LA ROTÉNONE.	17
TABLEAU 2.2. CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'HABITAT DE L'OMBLE DE FONTAINE.	17
TABLEAU 2.3. CONCENTRATION D'AGENT ICTHYOTOXIQUE NÉCESSAIRE EN FONCTION DU TYPE D'UTILISATION (ADAPTÉ DE L'ÉTIQUETTE DES PRODUITS; FINLAYSON ET COLL., 2010).	24
TABLEAU 2.4. VOLUME D'EAU EN MÈTRES CUBES COUVERT PAR UN LITRE D'AGENT ICTHYOTOXIQUE EN FONCTION DE LA CONCENTRATION REQUISE.	25
TABLEAU 2.5. QUANTITÉS ARRONDIES D'AGENT ICTHYOTOXIQUE (ML) NON DILUÉ POUR EFFECTUER UN TRAITEMENT DANS UN COURS D'EAU À 1 PPM D'UNE DURÉE DE 8, 12, 24 ET 48 HEURES EN FONCTION DE DÉBITS DE 0,025 À 0,3 M ³ /S.	29
TABLEAU 3.1. AVANTAGES, INCONVÉNIENTS ET COÛTS RELATIFS DE DIFFÉRENTS TYPES D'OBSTACLES À LA MONTAISON DU POISSON.	42
TABLEAU 3.2. TEMPS DE DÉGRADATION DE 1,0 MG/L DE ROTÉNONE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU (STATE OF CALIFORNIA, 1985).	48
TABLEAU 4.1. CARACTÉRISTIQUES DU FILET MAILLANT EXPÉRIMENTAL RECOMMANDÉ PAR LE MFFP POUR LA CAPTURE DE L'OMBLE DE FONTAINE (TIRÉ DE SFA, 2011).	68
TABLEAU 4.2. CARACTÉRISTIQUES DU FILET À PETITES MAILLES NORMALISÉ POUR UN INVENTAIRE DE LA COMMUNAUTÉ ICTHYOLOGIQUE (TIRÉ DE SFA, 2011).	69
TABLEAU 4.3. EXEMPLE DE CALCUL DE L'EFFORT DE PÊCHE POUR UN LAC FICTIF ET DE LA RÉPARTITION DES NUIS-FILETS PAR STRATE DE PROFONDEUR DANS LE CADRE D'UNE PÊCHE DE VÉRIFICATION DANS UN LAC.	71
TABLEAU 4.4. SCÉNARIO DE RÉINTRODUCTION D'UNE POPULATION D'OMBLES DE FONTAINE. IL EST À NOTER QUE LA MATURITÉ SEXUELLE DES FEMELLES (F1 OU F2) EST ÉTABLIE À 2 ANS.	78

Liste des figures

FIGURE 1.1. PRINCIPALES ESPÈCES INTRODUITES NUISANT AUX POPULATIONS ALLOPATRIQUES D'OMBLES DE FONTAINE AU QUÉBEC (TIRÉ DE BUJOLD ET COLL., 2013).	2
FIGURE 1.2. CL ₅₀ DE LA ROTÉNONE LIQUIDE NOXFISH POUR DIVERSES ESPÈCES DE POISSONS APRÈS UNE EXPOSITION DE 96 HEURES AU PISCICIDE. LES TRAIT VERTICAUX CORRESPONDENT À L'INTERVALLE DE CONFIANCE (95 %) DE LA CL ₅₀ (BRADBURY, 1986).	7
FIGURE 1.3. CL ₅₀ DE LA ROTÉNONE LIQUIDE NOXFISH POUR LE CARASSIN, LA BARBOTTE NOIRE, LE TÊTE-DE-BOULE, LA PERCHAUDE, LA CARPE ET LA TRUITE ARC-EN-CIEL APRÈS UNE EXPOSITION DE 96 HEURES AU PISCICIDE. LES TRAIT VERTICAUX CORRESPONDENT À L'INTERVALLE DE CONFIANCE (95 %) DE LA CL ₅₀ (BRADBURY, 1986).	8
FIGURE 1.4. SYNTHÈSE DES ÉTAPES DE RÉALISATION D'UN PROJET DE RESTAURATION À LA ROTÉNONE.	14
FIGURE 2.1. PROCESSUS DÉCISIONNEL PRÉALABLE À L'ÉLABORATION D'UN PROJET DE RESTAURATION DE POPULATIONS ALLOPATRIQUES D'OMBLES DE FONTAINE AU MOYEN DE LA ROTÉNONE.	16
FIGURE 2.2. PRINCIPALES ÉTAPES À CONSIDÉRER POUR L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ DÉTAILLÉE.	20
FIGURE 2.3. CALCUL DU DÉBIT D'UN COURS D'EAU À L'AIDE D'UN COURANTOMÈTRE (TIRÉ ET TRADUIT DE HTTPS://WATER.USGS.GOV/EDU/STREAMFLOW2.HTML).	28
FIGURE 2.4. ASPECTS LÉGAUX CONCERNANT LES RESTAURATIONS À LA ROTÉNONE.	35
FIGURE 3.1. RÉSUMÉ DES ÉTAPES D'UN TRAITEMENT À LA ROTÉNONE.	37
FIGURE 3.2. EXEMPLES D'OBSTACLES À LA MONTAISON DU POISSON : A) ROCHES EMPILÉES; B) CHUTE DYNAMITÉE; C) CAISSON DE BOIS; D) PONCEAU CHUTE; E ET F) DIGUE FILTRANTE (STRUCTURE DE BOIS ET GRILLAGE EN ACIER INOXYDABLE RECOUVERTS DE GRAVIER DE 1 À 2 CM DE DIAMÈTRE) (SUITE PAGE SUIVANTE).	43
FIGURE 3.2. EXEMPLES D'OBSTACLES À LA MONTAISON DU POISSON (SUITE) : G) DALOT EN BOIS (VUE AMONT); H) DALOT EN BOIS (VUE AVAL).	44
FIGURE 3.3. EXEMPLE D'UN SYSTÈME UTILISÉ POUR LE TRAITEMENT DANS UN LAC (VUE RAPPROCHÉE) (FINLAYSON ET COLL., 2010).	53
FIGURE 3.4. EXEMPLE D'UN SYSTÈME UTILISÉ POUR LE TRAITEMENT DANS UN LAC (VUE COMPLÈTE). LE BOUCHON DE CAOUTCHOUC DU TUBE N'APPARAÎT PAS SUR CETTE IMAGE (FINLAYSON ET COLL., 2010).	53
FIGURE 3.5. ILLUSTRATION D'UN SYSTÈME UTILISÉ POUR LE TRAITEMENT D'UN LAC PRÉSENTANT UN QUATRIÈME TUYAU OPTIONNEL SERVANT AU RINÇAGE DES BARILS ET DU TUBE PLONGÉ DANS LA ROTÉNONE (FINLAYSON ET COLL., 2010).	54

FIGURE 3.6. EXEMPLE DE CONFIGURATION DU SYSTÈME D'ÉPANDAGE DE LA ROTÉNONE DANS UN LAC. LE SCHÉMA NE PRÉSENTE PAS TOUS LES ÉQUIPEMENTS NÉCESSAIRES (P. EX., VANNES, BOUCHON) (ADAPTÉ DE BLAIS ET BEAULIEU, 1991).....	55
FIGURE 3.7. EXEMPLE D'UN DISPOSITIF DE DÉBRANCHEMENT À SEC.	56
FIGURE 3.8. TRAITEMENT DE LA ZONE LITTORALE D'UN LAC (ZEC CHAPEAU-DE-PAILLE).....	57
FIGURE 3.9. EXEMPLE DE PULVÉRISATEUR À DOS.	59
FIGURE 3.10. TRAITEMENT MANUEL D'UN COURS D'EAU (MULTI-FAUNE).....	60
FIGURE 3.11. RÉSERVOIR-DISTRIBUTEUR DÉVERSANT LA SOLUTION DE ROTÉNONE DANS UN COURS D'EAU. BIEN QUE LE PRODUIT SOIT RÉPANDU À LA SURFACE DE L'EAU SUR L'IMAGE, IL EST PRÉCONISÉ DE L'INTRODUIRE SOUS LA SURFACE DE L'EAU (FINLAYSON ET COLL., 2010).	61
FIGURE 4.1. SYNTHÈSE DES ÉTAPES SUBSÉQUENTES AU TRAITEMENT.	65
FIGURE 4.2. (A) PÊCHE À L'AIDE DE L'UNITÉ PORTABLE À L'ÉLECTRICITÉ (MFFP). (B) UNITÉ PORTABLE À L'ÉLECTRICITÉ (TIRÉ DU SITE WWW.SMITH-ROOT.COM).	67
FIGURE 4.3. REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE D'UN FILET EXPÉRIMENTAL NORMALISÉ POUR L'OMBLE DE FONTAINE (DESSUS) ET DE CELUI À PETITES MAILLES (DESSOUS), DE MÊME QUE LA TERMINOLOGIE UTILISÉE. NOTER QUE LES SCHÉMAS NE SONT PAS À L'ÉCHELLE.....	69
FIGURE 4.4. (A) REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE D'UN FILET MAILLANT MOUILLÉ EN PROFONDEUR ET (B) AVEC UNE PARTIE ÉMERGENTE.....	73
FIGURE 4.5. (A) FILET À CYPRINS; (B) BOURROLE; (C) SENNE À BÂTONS; ET (D) VERVEUX (TIRÉ DU SITE WWW.FIPEC.QC.CA).	74
FIGURE 4.6. MESURE DE LA LONGUEUR TOTALE D'UN POISSON, EXPRIMÉE EN MILLIMÈTRES.	75

Liste des équations

ÉQUATION 2.1. CALCUL DU VOLUME D'AGENT ICTHYOTOXIQUE NÉCESSAIRE EN LITRES (L) POUR LE TRAITEMENT DU LAC.....	25
ÉQUATION 2.2. ESTIMATION SIMPLIFIÉE DU VOLUME D'UN COURS D'EAU.....	26
ÉQUATION 2.3. CALCUL DU VOLUME D'AGENT ICTHYOTOXIQUE NÉCESSAIRE EN LITRES (L) POUR LE TRAITEMENT D'UN COURS D'EAU A L'AIDE DU PULVERISATEUR A DOS.	27
ÉQUATION 2.4. CALCUL DU DÉBIT D'UN COURS D'EAU.	28
ÉQUATION 2.5. CALCUL DE LA QUANTITÉ PAR MINUTE D'AGENT ICTHYOTOXIQUE NÉCESSAIRE POUR ALIMENTER LES RÉSERVOIRS-DISTRIBUTEURS.....	28
ÉQUATION 3.1. CALCUL DU TAUX D'ÉCOULEMENT DE LA SOLUTION DE $KMnO_4$ CONCENTRÉE À 2,5 %.	50

1. Introduction

Au Québec, la distribution géographique des différentes espèces de poissons a subi des changements considérables depuis les dernières décennies, à la suite des interventions humaines (Lacasse et Magnan, 1994). Certaines espèces de poissons ont colonisé de nouveaux plans d'eau pour lesquels elles étaient bien adaptées, mais qui, jusque-là, demeuraient inaccessibles à cause de barrières naturelles. Par la suite, elles se sont rapidement propagées dans plusieurs bassins hydrographiques. Ces espèces, introduites délibérément ou par mégarde, peuvent représenter une menace pour les populations indigènes si elles exercent une prédation ou une compétition envers celles-ci. Plusieurs populations indigènes ont ainsi subi des modifications importantes, allant d'une baisse de leur abondance à leur élimination complète.

1.1. Conséquences des espèces introduites sur l'omble de fontaine au Québec

L'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) est de loin l'espèce qui a été la plus touchée par l'introduction d'autres espèces de poissons dans son habitat. À la suite de la dernière période glaciaire, l'historique de la dispersion et de la colonisation du territoire québécois par les différentes espèces de poissons a fait que l'omble de fontaine a été la seule espèce à coloniser un nombre considérable de plans d'eau du Bouclier canadien (Lacasse et Magnan, 1994). Cependant, les activités anthropiques, notamment l'utilisation de poissons-appâts vivants ainsi que les activités de drave (flottage du bois), ont permis à des poissons compétiteurs ou prédateurs de s'introduire dans son habitat. D'ailleurs, on estime que plus de la moitié de l'aire de répartition originale des populations allopatriques d'ombles de fontaine (c.-à-d. où l'omble est la seule espèce de poissons qui y vit) est actuellement envahie par des espèces introduites. Les populations touchées vivent maintenant en association avec d'autres espèces, principalement le meunier noir (*Catostomus commersoni*), le mulot à cornes (*Semotilus atromaculatus*), le mulot perlé (*Margariscus margarita*), la ouitouche (*Semotilus corporalis*), le méné ventre rouge (*Phoxinus eos*) et la perchaude (*Perca flavescens*) (figure 1.1) (Bujold et coll., 2013). L'établissement de ces espèces a ainsi perturbé un bon nombre de populations allopatriques d'ombles de fontaine et souvent entraîné leur déclin. Les espèces introduites menacent la survie et nuisent à la croissance ainsi qu'à la productivité de ces populations en rivalisant avec elles pour la nourriture et l'espace disponible dans le plan d'eau, mais aussi en les utilisant comme proies. L'introduction de ces espèces compétitrices ou prédatrices perturbe particulièrement l'intégrité biologique des populations allopatriques d'ombles de fontaine tout en menaçant la biodiversité ichtyologique naturelle de la province.

1. Meunier noir
(172 – 350 mm)



New York State Department of Environmental Conservation

2. Mulet à cornes
(75-182 mm)



New York State Department of Environmental Conservation

3. Mulet perlé
(80 – 135 mm)



New York State Department of Environmental Conservation

4. Quitouche
(109 – 230 mm)



Archives, Aquarium du Québec

5. Méné ventre rouge
(48 – 130 mm)



New York State Department of Environmental Conservation

6. Perchaude
(139 – 232 mm)



Sentier CHASSE-PÊCHE

Figure 1.1. Principales espèces introduites nuisant aux populations allopatriques d'ombles de fontaine au Québec (tiré de Bujold et coll., 2013).

L'omble de fontaine est l'espèce la plus recherchée par les pêcheurs sportifs québécois. Selon l'enquête de 2010 sur la pêche récréative au Canada (Pêche et Océans Canada, 2012), ce salmonidé compte pour 40,2 % de tous les poissons capturés à la pêche récréative par les résidents du Québec. Il est estimé que ces derniers consacrent environ 3,6 millions de jours par année à taquiner ce poisson pour une récolte annuelle d'environ 16 millions d'individus. Les pêcheurs québécois déboursaient annuellement environ 600 millions de dollars afin d'effectuer des achats et des investissements qui sont attribuables à cette activité. Les espèces introduites dans les secteurs abritant antérieurement des populations allopatriques influencent négativement les rendements de pêche sportive à l'omble de fontaine qui diminuent de 30 % à 75 %, selon les espèces introduites (Magnan et coll., 1990; Tremblay, 1988; Bujold et coll., 2013). Cette perte de qualité de la pêche incite les pêcheurs à ne pas fréquenter les plans d'eau touchés par l'introduction d'espèces compétitrices ou prédatrices, ce qui a des

conséquences importantes sur la mise en valeur de cette espèce vedette et peut entraîner des pertes financières considérables pour les territoires fauniques touchés.

L'éradication d'espèces introduites et la restauration de l'intégrité biologique des populations d'ombles de fontaine dans les secteurs touchés sont ainsi justifiées par des enjeux de conservation et de mise en valeur afin de préserver une qualité de pêche souhaitable. À cet effet, différentes méthodes chimiques, physiques et biologiques de gestion des poissons ont été considérées et testées dans les dernières décennies (Magnan et coll., 1990; Tremblay, 1988). Toutefois, la roténone est demeurée la méthode la plus efficace pour éradiquer les espèces introduites dans un plan d'eau et restaurer une population allopatrique d'ombles de fontaine et autosuffisante (tableau 1.1) (Blais et Beaulieu, 1992). La roténone constitue donc un outil précieux de conservation et de mise en valeur pour les intervenants fauniques.

Tableau 1.1. Avantages et inconvénients de la roténone et de méthodes alternatives pour l'éradication de poissons introduits.

MÉTHODES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Roténone	<ul style="list-style-type: none"> • Grande efficacité pour éradiquer les poissons • Relativement simple d'utilisation • Résultats rapides • Dégradation rapide dans l'environnement • Faible toxicité pour les espèces non ciblées comparativement à d'autres piscicides • Permet le traitement de plans d'eau de grandes superficies • Efficace pour tous les stades post-embryonnaires des poissons 	<ul style="list-style-type: none"> • Interruption temporaire de l'utilisation du plan d'eau traité à des fins récréatives ou comme réserve d'eau potable • Effet temporaire sur l'habitat et les espèces non ciblées (autre que les poissons) • Stade de l'œuf très résistant • Peut être coûteux à court terme (selon le volume et le débit des plans d'eau)
<i>Retrait massif à l'aide d'engins de pêche</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure acceptabilité sociale 	<ul style="list-style-type: none"> • Éradication presque impossible • Nécessite un taux d'exploitation très élevé et pluriannuel • Fertilité et croissance accrue chez les espèces introduites non capturées • Coûteux et nécessite beaucoup de travail • Bénéfices à court terme seulement
Assèchement	<ul style="list-style-type: none"> • Permet l'éradication • Peut s'avérer moins coûteux 	<ul style="list-style-type: none"> • Persistance de l'eau dans certaines sections • Perturbations environnementales • Peut être difficile et même impossible à réaliser selon le volume du plan d'eau

1.2. La roténone

La roténone est un piscicide d'origine naturelle provenant principalement des régions tropicales et subtropicales d'Amérique et d'Asie. Elle est surtout extraite des racines, mais aussi des feuilles et des graines de plantes de la famille des légumineuses, principalement des genres *Derris* et *Lonchocarpus* (Brooks et Price, 1961; Blais et Beaulieu, 1992; USEPA, 2007). Cette substance est utilisée depuis des siècles par les peuples indigènes pour faciliter la pêche de subsistance (Ling, 2002). En aménagement de la faune aquatique, la roténone est utilisée comme piscicide depuis les années 1930 (McGonigle et Smith, 1938; Ball, 1948). D'abord commercialisée sous forme de poudre mouillable, elle présentait des inconvénients majeurs, puisqu'elle irritait les voies respiratoires et se dispersait inégalement (Schnick, 1974). Elle a ainsi été rapidement remplacée par un concentré émulsifiable plus facile à mélanger ainsi qu'à appliquer et présentant une meilleure capacité de dispersion de même qu'une efficacité accrue en eaux froides (Krumholz, 1950). Certaines formulations contiennent aussi un agent synergique qui en augmenterait l'effet (Hayes, 1982; Bradbury, 1986). Cet agent synergique, le butoxyde de pipéronyle, rendrait la solution plus efficace quant à l'éradication des poissons (Almquist, 1959) et permettrait d'utiliser de plus faibles concentrations de roténone pour un effet similaire.

La roténone a une solubilité limitée dans l'eau; sa concentration maximale ne pouvant guère dépasser 0,2 mg/L à 20 °C (Augustun-Beckers et coll., 1994). Par contre, elle est très soluble dans les lipides (Kidd et James, 1991). Elle se lie fortement à la matière organique contenue dans les sédiments et en suspension dans la colonne d'eau (Dawson et coll., 1991). Sa mobilité dans le sol et les sédiments est ainsi faible à modérée. Elle possède un faible potentiel de bioaccumulation dans les organismes aquatiques et sa dégradation rapide causée par des mécanismes abiotiques (photolyse et hydrolyse) et biotiques (activité microbienne) fait qu'elle se dégrade rapidement dans l'environnement, sa demi-vie se mesurant en jours et en heures (Finlayson et coll., 2010).

1.2.1. Toxicité de la roténone : mécanisme et généralités

La roténone est une substance qui agit principalement sur la respiration cellulaire aérobie. Elle inhibe le transport des électrons dans la mitochondrie, empêchant ainsi l'utilisation de l'oxygène absorbé dans le sang nécessaire à la production d'énergie. La fixation de l'oxygène étant bloquée à l'échelle cellulaire, la mort de l'organisme résulte de l'anoxie des tissus, menant graduellement à une défaillance des systèmes neurologique et cardiaque (Dabney, 1998; Fajt et Grizzle, 1998; Hayes et Laws, 1991; Horgan et coll., 1968; Lehninger, 1972; Klaassen et coll., 1995; Singer et Ramsay, 1994).

Aux concentrations utilisées dans les projets de restauration, seuls les organismes à branchies peuvent être touchés par la roténone. Les poissons sont les organismes à branchies qui sont les plus sensibles, suivis des invertébrés aquatiques et des larves d'amphibiens. Toutefois, chez ces deux derniers groupes, l'effet demeure généralement temporaire et ne semble pas mettre en péril leur pérennité dans les plans d'eau traités.

1.2.2. Toxicité chez les poissons

La roténone est particulièrement toxique pour les poissons (Johnson et Finley, 1980; Aldridge, 1990), car elle est absorbée par l'épithélium de leurs branchies, qui offre une grande surface d'exposition. Elle est transférée directement dans le sang où elle bloque rapidement l'utilisation de l'oxygène par les cellules (Ôberg, 1965; Fajt et Grizzle, 1998). Ses effets se font sentir rapidement, la mort des poissons survenant généralement de 15 minutes (Johnson, 1988) à 24 heures (Larsen, 1961; Ray, 1991) après le traitement, selon l'espèce et les caractéristiques du milieu.

La tolérance à la roténone chez les poissons, établie en fonction de la concentration létale qui cause la mort de 50 % d'un groupe d'une espèce donnée (CL_{50}), varie en fonction de l'espèce et elle est inversement proportionnelle aux besoins en oxygène de celle-ci (figures 1.2 et 1.3) (Engstrom-Heg et coll., 1978). Le stade de développement peut aussi avoir une influence sur la résistance des poissons. Par exemple, les œufs de salmonidés sont de 47 à 106 fois moins sensibles que les juvéniles, et ce, selon le pH du milieu ambiant, puisque la toxicité de la roténone s'accroît en milieu acide (Blais et Beaulieu, 1992). Ils peuvent ainsi survivre à des concentrations de roténone qui élimineraient tous les autres stades de développement du poisson (Marking et Bills, 1976). De même, la taille joue un rôle important, puisque les gros individus sont en général plus résistants que les petits pour un stade de vie donné.

Les effets de la roténone peuvent être réversibles (Worthing et Walker, 1987; RTECS[®], 1998). Ainsi, des poissons soumis à des doses létales de cette substance peuvent survivre s'ils sont rapidement placés dans une eau fraîche non traitée grâce à des mécanismes naturels de détoxification (Bradbury et Coats, 1989; Haya, 1989).

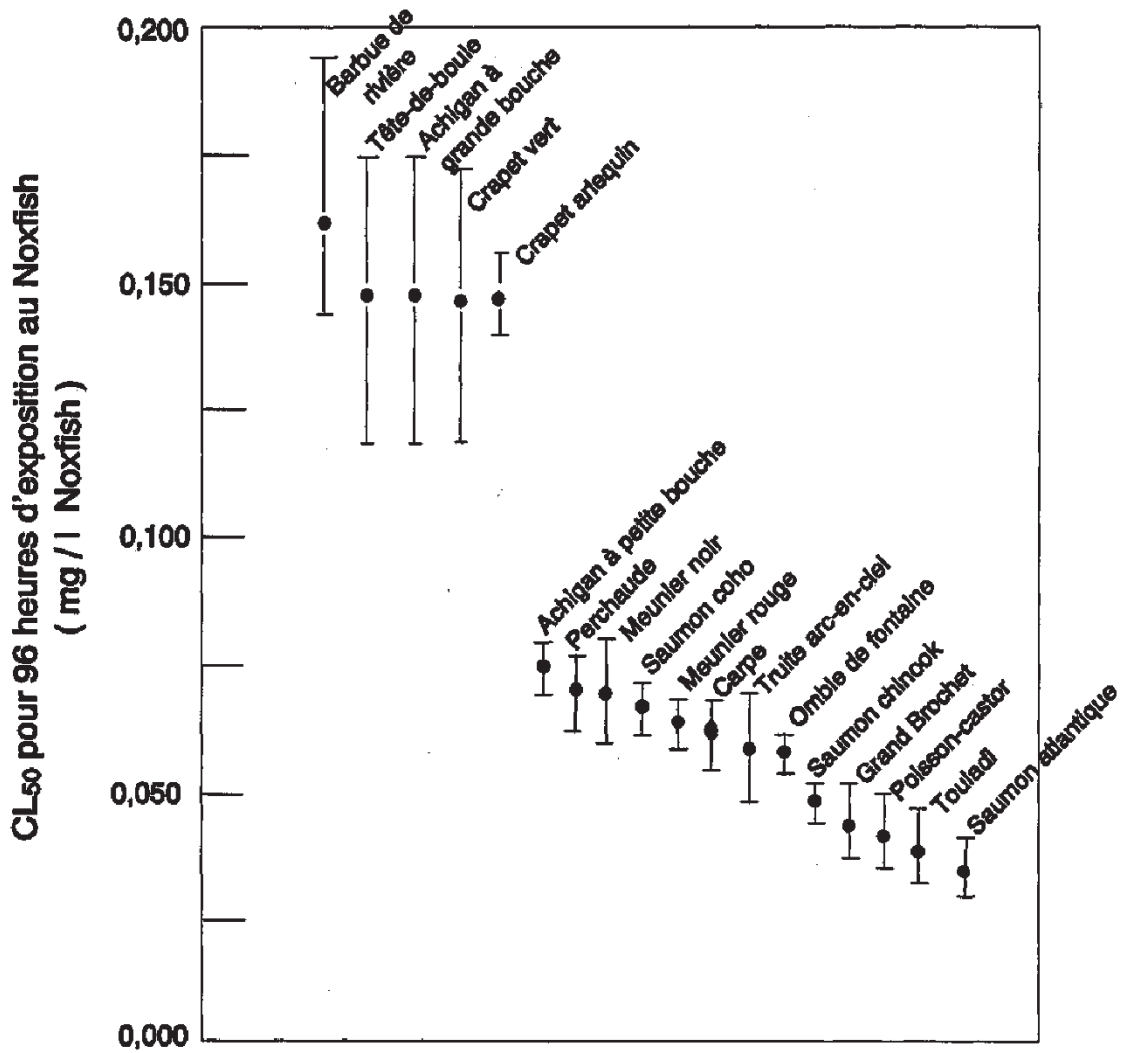


Figure 1.2. CL₅₀ de la roténone liquide Noxfish pour diverses espèces de poissons après une exposition de 96 heures au piscicide. Les traits verticaux correspondent à l'intervalle de confiance (95 %) de la CL₅₀ (Bradbury, 1986).

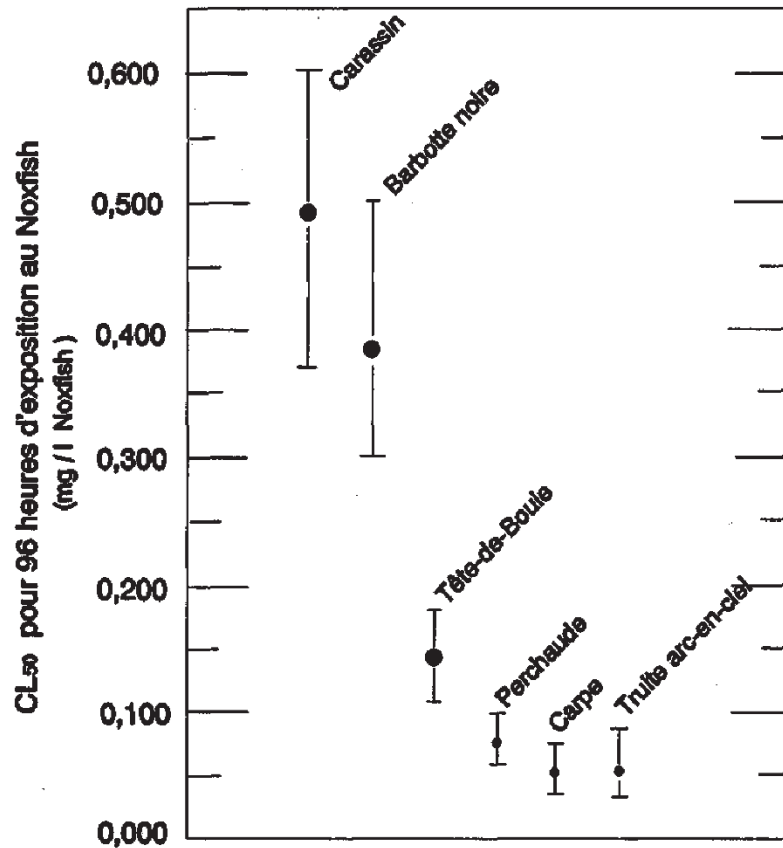


Figure 1.3. CL₅₀ de la roténone liquide Noxfish pour le carassin, la barbotte noire, le tête-de-boule, la perchaude, la carpe et la truite arc-en-ciel après une exposition de 96 heures au piscicide. Les traits verticaux correspondent à l'intervalle de confiance (95 %) de la CL₅₀ (Bradbury, 1986).

1.2.3. Toxicité chez le phytoplancton et les invertébrés aquatiques

Aucun effet direct de la roténone n'a été observé sur le phytoplancton aux concentrations recommandées par le fabricant et suggérées dans le présent guide. D'ailleurs, une accumulation massive (*bloom*) d'algues peut cependant être observée peu de temps après un traitement en raison de la réduction des prédateurs zooplanctoniques (Bonn et Holbert, 1961; Kiser et coll., 1963; Anderson, 1970; Burrell, 1982) et possiblement en raison de la remise en circulation du phosphore relâché par les poissons en décomposition (Bradbury, 1986).

De façon générale, une réduction marquée des organismes zooplanctoniques est constatée dans la majorité des plans d'eau au cours des jours suivant un traitement (Almquist, 1959; Kiser et coll., 1963; Melaas et coll., 2001; CA Fish and Game, 2006). Le repeuplement s'effectuerait graduellement par les individus ayant survécu au traitement sous des formes plus résistantes. Bien que certaines études aient

noté des effets perceptibles quant à l'abondance et à la diversité des espèces après le rétablissement de la communauté zooplanctonique (Reinertsen et coll., 1990; Hanson et Butler, 1994), la recolonisation naturelle complète s'étend généralement sur une période variant d'un mois à trois ans, les rotifères et les copépodes recouvrant leur assemblage de départ plus rapidement que les cladocères. Dans la plupart des cas, les organismes sont assez nombreux pour supporter un ensemencement 9 à 10 semaines après le traitement (Kiser et coll., 1963), mais cette période pourrait se prolonger jusqu'à 10 mois dans les lacs alpins (Anderson, 1970).

Les invertébrés benthiques semblent moins vulnérables que les organismes zooplanctoniques (Smith, 1940; Bradbury, 1986; Vinson et coll., 2010). Les études ayant évalué l'effet de la roténone sur le zoobenthos rapportent peu de différence dans l'abondance et la biomasse avant et après un traitement (Cushing et Olive, 1957; Houf et Campbell, 1977; Koksvik et Aagaard, 1984; Melaas et coll., 2011). La diminution en abondance fluctuerait de 0 % (Houf et Campbell, 1977) à 71 % (Wollitz, 1962). Cette grande variabilité s'explique par les caractéristiques physiques et biologiques des lacs étudiés et les différents degrés de tolérance des invertébrés aquatiques (Johnson et Finley, 1980). En effet, les invertébrés respirant à l'aide de branchies sont plus sensibles que ceux captant l'oxygène par d'autres moyens et, généralement, les plus petits invertébrés sont plus sensibles que leurs homologues de plus forte taille (Vinson et coll., 2010). À long terme, la diversité benthique ne serait pas perturbée par le traitement (Bradbury, 1986).

1.2.4. Toxicité chez les amphibiens et les reptiles

Les amphibiens au stade adulte et les reptiles sont moins sensibles que les poissons et les invertébrés aquatiques, et leur survie ne semble pas être menacée lorsque la roténone est appliquée aux concentrations recommandées comme piscicide. Quant aux larves d'amphibiens, elles présenteraient une sensibilité analogue à celle des espèces de poissons les plus résistantes (Hamilton, 1941; Chandler, 1982). Hamilton (1941) note cependant que la réaction des larves d'amphibiens dépend de son stade de métamorphose. Les larves qui sont entièrement ou partiellement dépendantes de la respiration branchiale sont nettement plus sensibles que celles dont la métamorphose est complète et dont la respiration est aérienne, la roténone étant beaucoup mieux absorbée par l'épithélium des branchies que par la peau. Bien que les têtards puissent être touchés lors des restaurations, les adultes étant épargnés, le repeuplement pourra s'effectuer dès la saison de reproduction suivante (Grisak et coll., 2007; Billman et coll., 2011). De plus, même si des changements ont parfois été observés dans la communauté d'amphibiens de certains plans d'eau à la suite d'un traitement, il se produit ensuite un redressement de la population, sans doute en raison d'une recolonisation de la part des amphibiens en provenance des autres plans d'eau situés à proximité (Leroy et Mullin, 2007).

Au Québec, sur les 21 espèces d'amphibiens qui y habitent, 4 sont plus susceptibles de se reproduire dans les plans d'eau visés par les projets de restauration à la roténone, soit la grenouille verte (*Lithobates clamitans melanota*), la grenouille du Nord (*Lithobates septentrionalis*), le ouaouaron (*Lithobates catesbeianus*) et le triton vert (*Notophthalmus viridescens viridescens*). Bien que des effets négatifs puissent se faire sentir chez les larves de ces espèces, il faut se rappeler que les adultes survivent aux

traitements et qu'il s'agit d'espèces qui abondent et qui sont très résilientes. La pérennité des populations d'amphibiens est ainsi peu susceptible d'être touchée par les restaurations à la roténone.

1.2.5. Toxicité chez les oiseaux et les mammifères terrestres

Puisque la roténone se dégrade rapidement, et ne se concentre pas dans la chair des poissons morts, et que la disponibilité de cette ressource alimentaire est de toute façon éphémère, le risque d'une exposition prolongée due à l'alimentation chez les oiseaux et les mammifères terrestres est improbable. De plus, des enzymes contenues naturellement dans le tube digestif de tous les animaux neutralisent la roténone et leur paroi gastro-intestinale n'en permet pas l'absorption efficace (Schnick, 1974; Bradbury, 1986; Tomlin, 1997). Ainsi, même si certains animaux s'alimentent de poissons morts à la suite d'un traitement à la roténone ou boivent de l'eau contenant cette substance, ils n'en seront pas incommodés.

1.2.6. Risques pour l'humain

Pour les mêmes raisons que celles citées pour les mammifères terrestres et les oiseaux, l'intoxication à la roténone par l'ingestion de poissons ou à la suite de la consommation d'eau du lac est improbable. Par contre, les poissons morts des suites d'un traitement à la roténone ne devraient pas être consommés par l'humain, car les risques d'empoisonnement alimentaire dus aux salmonelles ou à d'autres bactéries demeurent préoccupants (American Fisheries Society, 2010). De plus, en ce qui concerne la consommation d'eau, il est peu probable que la roténone soit lessivée dans les sols et puisse donc contaminer les nappes d'eaux souterraines, puisque la roténone est très insoluble dans l'eau et qu'elle se lie fortement à la matière organique contenue dans les sédiments et à la matière en suspension dans la colonne d'eau (Skaar, 2002; Ridley et coll., 2007; McMillin et Finlayson, 2008).

Le risque le plus important pour l'humain, mais somme toute mineur, concerne les personnes qui manipulent directement le produit ichthyotoxique non dilué. La roténone peut en effet être toxique si elle est inhalée ou ingérée, mais ce risque est très improbable étant donné la nature des procédures, les concentrations utilisées, la faible volatilité de la roténone, la résistance du système digestif à la roténone et les mesures de sécurité qui sont prises lors du traitement (section 3.6). De plus, la roténone possède une faible toxicité aiguë par voie cutanée, n'est pas un sensibilisant cutané et elle est aussi peu irritante pour les yeux et la peau (USEPA, 2006; 2007).

Des articles publiés de 2000 à 2010 prétendent que l'exposition à la roténone pouvait provoquer, chez des rongeurs, l'apparition de manifestations physiques s'apparentant à des symptômes de la maladie de Parkinson. Aucune étude n'a toutefois démontré de lien évident entre l'exposition à la roténone chez l'humain et le Parkinson. De plus, lorsqu'elle est utilisée comme piscicide par l'homme, le degré d'exposition à la roténone n'est pas comparable à celui subi par les rongeurs lors des expérimentations en laboratoire en matière de dose, de durée et de voies d'exposition (Rotenone Stewardship Program, 2001; Finlayson et coll., 2012).

1.2.7. Persistance dans l'environnement

La roténone est un produit qui se dégrade rapidement dans une eau bien oxygénée ou fortement alcaline (Augustun-Beckers et coll., 1994; IRIS, 1998) ou encore lorsqu'elle est exposée à une source de lumière (Schnick, 1974) ou de chaleur (Lennon et coll., 1971; Dawson et coll., 1991; Kidd et James, 1991). Sa demi-vie est d'un à trois jours, mais peut s'étendre jusqu'à dix jours en eau froide (U.S.N.L.M., 1998). La turbidité, la matière organique en suspension dans la colonne d'eau et la grande profondeur d'un lac filtrant la lumière tendent aussi à ralentir sa vitesse de dégradation. Le degré de toxicité de la roténone diminue donc rapidement en milieu naturel et le taux de dispersion de ses différents métabolites est très élevé (Tomlin, 1997).

Il y aurait plus de 20 produits issus de la dégradation de la roténone qui auraient été répertoriés. Ces derniers font tous partie de la famille des roténoïdes, dont le deguelin, le tephrosin et la roténolone (Fang et Casida, 1999). Parmi ceux-ci, seule la roténolone serait considérée comme toxique (Cheng et coll., 1972). Cependant, sa toxicité serait comparable à celle de la roténone.

Généralement, la décontamination naturelle d'un cours d'eau s'échelonne sur quelques mois (State of California, 1985). La dégradation peut être accélérée avec des agents oxydants tels que le chlore ou le permanganate de potassium. Toutefois, comme les mécanismes naturels de dégradation agissent rapidement, il y a peu d'applications pratiques qui militent en faveur de la dégradation chimique dans un lac qui a été traité (Bradbury, 1986).

1.3 Utilisation de la roténone au Québec

Dans le contexte de projets de restauration, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs préconise l'utilisation de la roténone comme piscicide, puisque cet outil s'avère hautement efficace pour éradiquer les poissons nuisibles introduits, n'engendre pas de conséquences négatives à long terme sur l'écosystème aquatique et est relativement facile d'emploi (Bergeron et coll., 1982). Le MFFP évalue, autorise et encadre les projets de restauration dans le cadre de l'application des lois qui sont sous sa responsabilité ou pour lesquelles il possède un pouvoir discrétionnaire visant la conservation et la mise en valeur de la faune aquatique et de ses habitats.

Il est possible de restaurer un plan d'eau avec la roténone afin d'éradiquer une espèce de poisson **introduite par l'homme** dans un milieu où elle ne vivait pas à l'origine, et qu'il a été démontré qu'elle nuit, ou pourrait **nuire gravement**, à la suite de sa dispersion dans le réseau hydrographique, à **une espèce de poisson indigène** ou à son habitat. La roténone au Québec est utilisée presque exclusivement pour la restauration des populations allopatriques d'ombles de fontaine en raison de l'introduction par l'homme de poissons nuisibles dans un grand nombre de lacs à omble de fontaine de la province et des répercussions de la compétition interspécifique sur cette espèce. De plus, le Ministère approuve particulièrement l'utilisation de la roténone pour la restauration de populations allopatriques d'ombles de fontaine en raison de la nécessité, de la faisabilité et de l'efficacité de ces interventions. Les projets de restauration à la roténone peuvent être autorisés et effectués sous certaines conditions déterminées par le MFFP, et ce, pour des plans d'eau situés dans différents territoires : parcs nationaux,

réserves fauniques, zones d'exploitation contrôlée (ZEC), pourvoies avec droits exclusifs et territoires libres (terres du domaine public et privé).

Au Québec, la roténone est utilisée depuis 1942. Selon le *Bilan des projets de restauration à la roténone de populations allopatriques d'omble de fontaine au Québec*, plus de 380 lacs ont fait l'objet d'un traitement jusqu'à maintenant (Bujold et coll., 2013). Depuis 1972, 80 % des projets de restauration ont permis l'éradication complète d'espèces introduites, avec un taux de succès de 93 % depuis 2001. L'amélioration et la normalisation de la méthode, appuyées par la publication d'un premier guide d'utilisation de la roténone en 1991, expliquent l'augmentation marquée de l'efficacité des traitements au cours des dernières décennies. De plus, ce bilan démontre la possibilité d'optimiser davantage l'utilisation de la roténone en accordant la priorité à la restauration des lacs ayant des caractéristiques plus optimales pour ce type d'aménagement sur le plan du taux de réussite des traitements, de la qualité de pêche sportive post-restauration et de la période d'amortissement des coûts du projet. Un outil d'aide à la décision, qui se base sur les résultats du bilan, a été développé pour prendre en considération les caractéristiques des lacs dans la sélection des projets de restauration à la roténone. Cet outil sera dorénavant utilisé dans le processus d'autorisation et de financement des lacs qui seront traités.

1.4. Objectifs du Guide

La roténone étant utilisée au Québec presque exclusivement pour la restauration de populations allopatriques d'ombles de fontaine. Ce guide a donc pour objectif de définir et de normaliser les procédures de restauration au moyen de la roténone pour les populations allopatriques de cette espèce perturbée par des poissons compétiteurs ou des prédateurs introduits. Les renseignements contenus dans cet ouvrage peuvent néanmoins servir, avec des adaptations, selon le cas, à planifier l'éradication d'espèces de poissons introduites et nuisibles dans les plans d'eau du Québec sans nécessairement prévoir la restauration d'une population d'ombles de fontaine. Par exemple, la roténone pourrait être utile pour éradiquer une espèce nouvellement introduite dans un plan d'eau dont les caractéristiques de ce dernier sont adéquates pour ce type d'intervention.

Un projet de restauration à la roténone compte trois grandes phases de réalisation : 1) étapes préalables au traitement; 2) méthodologie du traitement; 3) étapes subséquentes au traitement. Le tableau 1.2 présente un échancier type afin d'offrir une vue d'ensemble du processus et des principales tâches qui attendent les intervenants fauniques désireux de réaliser une restauration à la roténone. Il existe des chevauchements entre les différentes phases de restauration et une vision globale du projet est nécessaire à son bon déroulement.

Les chapitres 2, 3 et 4 du *Guide* présentent les trois grandes phases de réalisation et le cheminement décisionnel qu'elles impliquent (figure 1.4). Le chapitre 2 traite des étapes préalables au traitement permettant d'évaluer la pertinence du projet (admissibilité) et sa faisabilité (Phase I). Le chapitre 3 présente la méthodologie assurant l'efficacité du traitement (Phase II). Le chapitre 4 décrit les étapes permettant le suivi adéquat du succès du traitement et le retour vers une mise en valeur durable du plan d'eau une fois le traitement terminé et réussi (Phase III).

Tableau 1.2. Échéancier type des principales étapes d'une restauration à la roténone.

	PREMIÈRE ANNÉE				DEUXIÈME ANNÉE				TROISIÈME ANNÉE				QUATRIÈME ANNÉE			
	Hiver	Printemps	Été	Automne	Hiver	Printemps	Été	Automne	Hiver	Printemps	Été	Automne	Hiver	Printemps	Été	Automne
PHASE I																
Étapes préalables au traitement																
1. Admissibilité (inventaire du plan d'eau si nécessaire)																
2. Étude de faisabilité détaillée																
PHASE II																
Méthodologie du traitement																
3. Planification détaillée du traitement																
4. Information du public																
5. Planification de l'ensemencement																
6. Abaissement du niveau de l'eau																
7. Construction de l'obstacle à la montaison du poisson (OMP)																
8. Épandage																
PHASE III																
Étapes subséquentes au traitement																
9. Suivi de l'efficacité du traitement																
10. Repeuplement du plan d'eau																Et la cinquième année si nécessaire
11. Vérification et entretien (OMP, aménagements d'habitat)																Et les années suivantes
12. Rapport d'exécution																

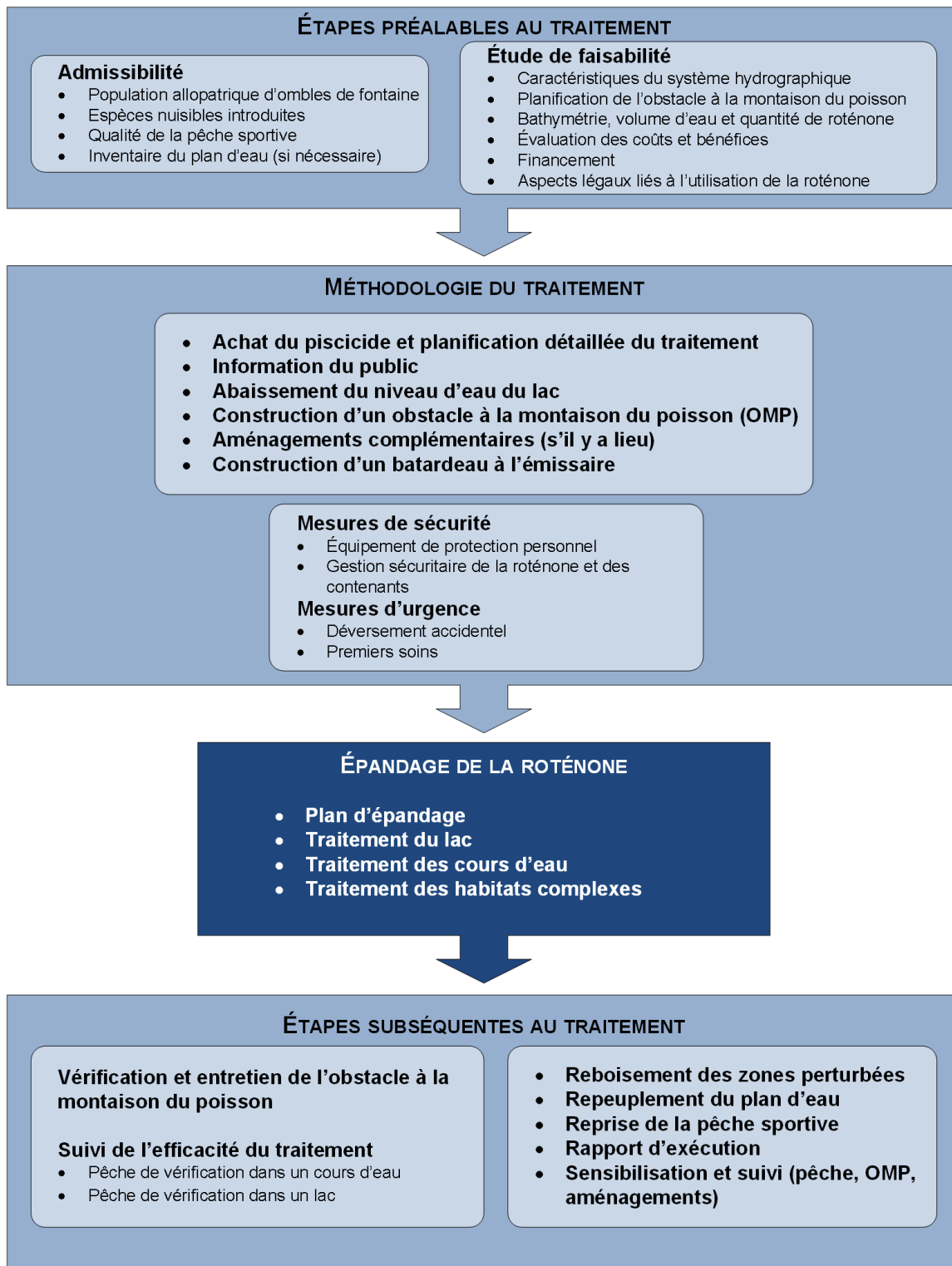


Figure 1.4. Synthèse des étapes de réalisation d'un projet de restauration à la roténone.

2. Étapes préalables au traitement

2.1. Admissibilité

La figure 2.1 illustre la démarche décisionnelle initiale visant à déterminer si un traitement à la roténone est justifié et, dans l'affirmative, à entreprendre une étude de faisabilité détaillée qui permettra de savoir si le projet de restauration est techniquement et économiquement réalisable.

De façon générale, une restauration à la roténone d'une population d'ombles de fontaine est envisagée si, de toute évidence, une ou des espèces introduites lui nuisent et si, selon les renseignements disponibles, cette dernière espèce est la seule qui est indigène du plan d'eau visé. De plus, le plan d'eau doit offrir un potentiel favorable pour l'omble de fontaine et il ne doit pas présenter de facteurs limitants (p. ex., pH, oxygène dissous, température) autres que les espèces introduites. Aussi, il est important de considérer que le traitement ne doit pas nuire aux populations de poissons indigènes des eaux adjacentes. Si les données nécessaires à la démonstration des conditions mentionnées ci-dessus ne sont pas disponibles, il importe alors de réaliser un inventaire du plan d'eau visé ainsi que de ceux qui y sont reliés, le cas échéant. L'inventaire réalisé selon des méthodes normalisées servira à documenter les espèces qui y évoluent, la qualité de l'habitat pour l'omble de fontaine ainsi que les principaux paramètres physico-chimiques du lac.

À cette étape, **le promoteur du projet doit être en mesure de démontrer, au responsable du MFFP, la nécessité d'éliminer les espèces introduites** en fournissant, si nécessaire, les données pertinentes sur les espèces introduites et leurs effets sur la population d'ombles de fontaine par l'analyse des données de pêche sportive ainsi que sur les paramètres de l'habitat. Il est à noter qu'un éventail considérable de données pourrait déjà exister à la direction régionale concernée du MFFP. De ce fait, cette évaluation pourrait n'exiger qu'un faible effort d'échantillonnage sur le terrain, et même aucun selon les données disponibles.

2.1.1. Qualité de la pêche sportive

Il est nécessaire de démontrer les effets des espèces introduites sur la qualité de la pêche sportive à l'omble de fontaine en analysant l'ensemble des données de pêche sportive et, si possible, en comparant les données d'exploitation les plus récentes du plan d'eau visé avec celles des années antérieures ou avec celles d'un plan d'eau similaire abritant une population allopatrique et situé à proximité. Les variables de pêche sportive à considérer sont le succès de pêche, l'indice de qualité de pêche, la masse moyenne, le rendement et la pression de pêche (tableau 2.1). Il est important de vérifier auprès du bureau régional du MFFP si des données sont disponibles pour le système visé.

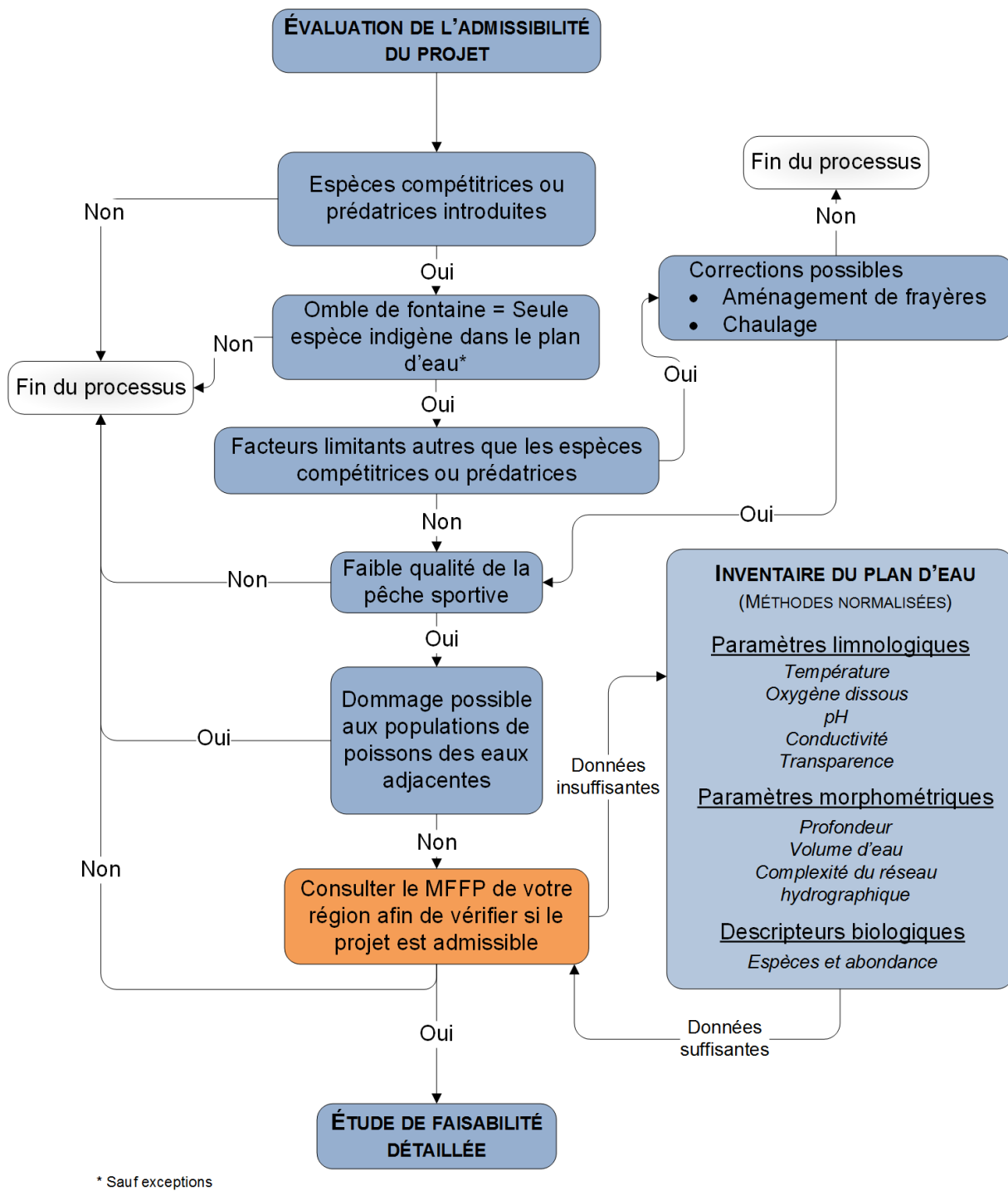


Figure 2.1. Processus décisionnel préalable à l'élaboration d'un projet de restauration de populations allopatriques d'ombles de fontaine au moyen de la roténone.

Tableau 2.1. Variables de pêche sportive à considérer lors de l'étape d'admissibilité des projets de restauration à la roténone.

Variables	Définitions
Succès	Nombre de captures / Effort total (jour-pêche)
Indice de qualité	Masse totale récoltée (kg) * 1000 / Effort total (jour-pêche)
Masse moyenne	Masse totale récoltée (kg) * 1000 / Nombre de captures
Rendement	Masse totale récoltée (kg) / Superficie du lac (ha)
Pression de pêche	Effort total (jour-pêche) / Superficie du lac (ha)

2.1.2. Inventaire du plan d'eau

Si un inventaire du plan d'eau est nécessaire, il doit être principalement réalisé afin de documenter les espèces qui y vivent ou pour vérifier si les caractéristiques physico-chimiques du plan d'eau sont adéquates à la survie et au maintien de la population d'ombles de fontaine. À cette fin, il est important d'appliquer les méthodes appropriées présentées dans le *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures* (SFA 2011). Il est aussi nécessaire de convenir du protocole à suivre avec le biologiste concerné du bureau régional du MFFP, et ce, en fonction des données manquantes.

Les principales caractéristiques physico-chimiques à considérer sont l'oxygène dissous, la température et le pH¹. Puisque l'omble de fontaine évolue en eau fraîche et bien oxygénée (tableau 2.2), ces conditions doivent impérativement être remplies afin d'optimiser le rétablissement de la population dans le plan d'eau à la suite du traitement.

Tableau 2.2. Caractéristiques physico-chimiques de l'habitat de l'omble de fontaine.

Paramètre	Valeurs limites	Valeurs optimales
Température de l'eau (°C)	19-21	11-17
Oxygène dissous (mg/L)	< 5	7
pH	5,2	6,5-8

Sources : Kerr, 2000; Pettigrew, 2011.

D'autres caractéristiques telles que la profondeur maximale et moyenne du plan d'eau doivent être précisées. À ce stade-ci, un relevé bathymétrique fournira des données précises tout en permettant de

¹ Pour vérifier l'acidité d'un plan d'eau et déterminer les mesures correctrices à apporter s'il y a lieu, il est recommandé de consulter le document *Utilisation d'un nomogramme de classification des lacs comme outil de gestion des plans d'eau acidifiés* (Bérubé et Dupont, 1994).

procéder au calcul du volume d'eau nécessaire à l'étude de faisabilité (section 2.2.3). De plus, la position du plan d'eau dans le réseau hydrographique et le degré de complexité de ce dernier (c.-à-d. l'ordre de Strahler du plan d'eau et le nombre de lacs situés en amont) devront être considérés. Plus le réseau est complexe (c.-à-d. ordre de Strahler et nombre de lacs plus élevés situés en amont), plus difficile sera le traitement et plus grands seront les risques d'échec (Bujold et coll., 2013). Le taux de réussite d'un traitement en fonction de ses deux caractéristiques peut être estimé en contactant le bureau régional concerné du MFFP.

De façon générale, les lacs visés pour une restauration sont situés en amont, à la tête d'un sous-bassin versant colonisé par des espèces introduites, et ce, de façon à ce que les plans d'eau traités ne soient pas envahis de nouveau par dévalaison des compétiteurs qui persisteraient en amont. L'examen d'une carte topographique² (1:20 000) permettra, dans un premier temps, de se familiariser avec le réseau hydrographique du secteur à l'étude. Tous les affluents et les effluents devront être repérés et tracés avec précision sur une carte. Les interconnexions possibles entre les bassins versants adjacents devraient également être localisées sur une carte et validées sur le terrain.

L'inventaire peut comprendre, si nécessaire, une description de la communauté ichtyologique afin d'identifier les espèces et leur abondance relative, le cas échéant. L'inventaire devra être suffisamment exhaustif pour permettre le recensement de toutes les espèces qui se trouvent dans le milieu. À cet effet, il est recommandé de suivre le protocole d'échantillonnage des pêches expérimentales à l'omble de fontaine, jumelé à la partie concernant le filet à petites mailles de l'inventaire de la communauté du lac, présenté dans le *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures* du MFFP (SFA 2011). En plus d'établir le degré de compétitivité subit par l'omble de fontaine et son abondance relative, l'identification des différentes espèces introduites à éliminer influencera la concentration de piscicide qui devra être utilisée pour atteindre un taux de mortalité de 100 %.

Dans le cas où les inventaires confirmeraient la présence d'espèces compétitrices ou prédatrices nuisibles et qu'il aurait été démontré qu'elles ont été introduites, que l'omble de fontaine est bien la seule espèce indigène du plan d'eau, que l'habitat est adéquat pour l'omble de fontaine, que l'intervention ne risque pas de provoquer de dommages à une population de poissons indigènes ou à statut précaire fréquentant les eaux adjacentes et que les valeurs des données de pêche sportive sont faibles, le promoteur pourra alors décider, à la suite de l'approbation d'un responsable du MFFP, de poursuivre son projet en procédant à une étude de faisabilité détaillée. Une partie des étapes de l'étude de faisabilité (c.-à-d. 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3) peuvent se réaliser en même temps que l'inventaire du plan d'eau lorsque celui-ci est nécessaire.

² Service à la clientèle de la Photocartotheque québécoise; téléphone : 418 627-6356; 1 877 803-0613.

2.2. Étude de faisabilité

L'étude de faisabilité a pour objectif l'analyse des critères qui permettront de déterminer si le projet de restauration est techniquement, légalement et économiquement réalisable. Il importe de mentionner que l'étude de faisabilité doit être faite par des biologistes ou des techniciens de la faune expérimentés et que les campagnes d'échantillonnage doivent avoir lieu au cours de l'été de l'année précédant le traitement.

La figure 2.2 résume les principales étapes de l'étude de faisabilité, lesquelles sont détaillées dans les sections 2.2.1 à 2.2.10.

Lors de l'étude de faisabilité, il est important d'informer les riverains, s'il y a lieu, de la restauration prévue. Cette démarche pourrait aussi se faire lors de l'étape d'admissibilité du projet, et plus précisément, lors de l'inventaire du plan d'eau, si celui-ci est nécessaire.

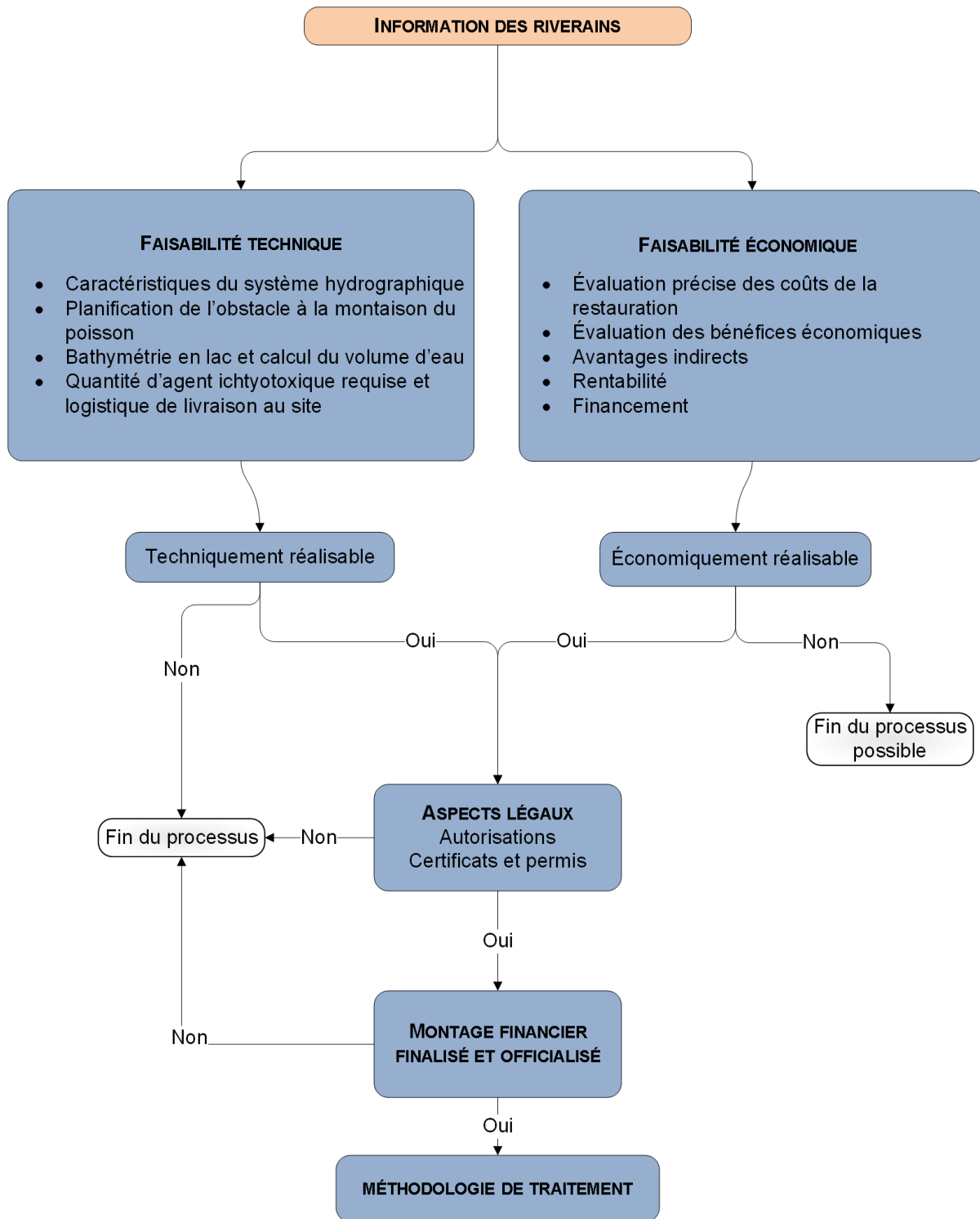


Figure 2.2. Principales étapes à considérer pour l'étude de faisabilité détaillée.

2.2.1. Caractéristiques du système hydrographique

Une validation des renseignements acquis à partir de cartes topographiques ou d'autres données à référence spatiale (p. ex., imagerie satellitaire, réseau hydrographique numérique) doit être réalisée sur le terrain. Une connaissance approfondie du sous-bassin hydrographique et de la distribution des espèces de poissons évitera de compromettre le succès du projet de restauration. De plus, un repérage adéquat permettra d'anticiper le degré de difficulté relatif à l'épandage de la roténone en fonction des caractéristiques et des particularités du milieu visé.

Chaque tributaire et émissaire doit être localisé et parcouru jusqu'à sa source. Un repérage doit être effectué afin de localiser des tributaires qui pourraient ne pas avoir été cartographiés, y compris les cours d'eau intermittents. Un tracé pour chacun des cours d'eau peut être fait avec un appareil de géolocalisation par satellite (GPS) pour en évaluer la longueur. Des mesures de largeur et de profondeur d'eau moyenne prises à plusieurs transects doivent être notées en évitant les périodes d'étiage, car elles seront utilisées pour le calcul de la quantité requise d'agent ichtyotoxique pour cours d'eau (voir section 2.2.6.2). De plus, en évitant aussi les périodes d'étiage, des mesures de débit à l'embouchure des cours d'eau qui nécessiteront un réservoir-distributeur seront aussi nécessaires au calcul de la quantité requise d'agent ichtyotoxique (voir sections 2.6.2.2 et 3.10.3). Si plus d'un réservoir-distributeur est nécessaire pour un cours d'eau, des mesures de débit seront aussi réalisées à l'emplacement des réservoirs supplémentaires placés entre la tête du cours d'eau et l'embouchure.

Ce repérage permet aussi de localiser tous les habitats potentiels où pourraient se réfugier les poissons. Il est important de s'assurer de noter l'ensemble de ces habitats avec précision (à indiquer sur le tracé GPS pour chacun des cours d'eau), puisqu'une omission peut entraîner l'échec d'un traitement. Les digues, les barrages de castors et les embâcles doivent être notés (avec référence GPS). Ces structures devront être détruites avant le traitement à la roténone afin de libérer les parties inondées et d'éliminer ces refuges potentiels pour les poissons (Blais et coll., 1987; Lemieux, 1989). Pour déterminer la technique à privilégier pour réaliser ce type d'intervention, nous encourageons le lecteur à consulter le *Guide technique sur le démantèlement d'embâcles* (Therrien, 1997). De plus, les habitats complexes demandant une attention particulière lors du traitement, tels les zones de résurgence, les herbiers aquatiques ou encore les milieux humides, doivent être répertoriés et caractérisés. Il est aussi important d'examiner les différentes possibilités d'abaissement du niveau des lacs lors de la caractérisation du système hydrographique et, si possible, d'estimer le niveau d'abaissement envisagé. L'estimation de ce niveau permettra de prévoir les quantités d'agent ichtyotoxique disponibles permettant d'achever le traitement des cours d'eau et, s'il y a lieu, de la zone littorale du lac et des habitats complexes (voir sections 2.2.6 et 3.3).

2.2.2. Planification de l'obstacle à la montaison du poisson

En l'absence d'obstacle naturel dans l'émissaire du lac pour empêcher le déplacement des poissons de l'aval vers l'amont, un obstacle devra y être érigé (Blais, 1989; Blais et Beaulieu, 1991). L'endroit propice pour la construction d'un obstacle à la montaison du poisson et le type d'ouvrage favorable devront être déterminés en fonction des caractéristiques du milieu, et ce, afin d'en évaluer les coûts. Différents types

d'obstacles sont présentés à la section 3.4. Aussi, il est préférable de chercher à restaurer des plans d'eau dont l'émissaire présente déjà une bonne pente ou des possibilités avantageuses pour l'aménagement d'un obstacle à la montaison du poisson.

2.2.3. Bathymétrie et calcul du volume d'eau

Afin de déterminer si le traitement est réalisable et d'évaluer la quantité de piscicide requise pour traiter un lac, il est nécessaire de calculer avec précision le volume d'eau de ce dernier. Plus le lac est grand et profond, plus la complexité du traitement est grande et plus les coûts liés à une intervention à la roténone seront élevés.

Il est important de ne pas sous-évaluer le volume d'eau à traiter. Dans un tel cas, le dosage s'avérerait trop faible pour éliminer efficacement toutes les espèces introduites et la réussite du traitement serait alors compromise. À l'inverse, dans le cas d'une surévaluation importante, les coûts liés à l'intervention seraient plus élevés et les concentrations de roténone seraient trop fortes par rapport à celles prescrites, ce qui pourrait avoir des conséquences néfastes sur les espèces non visées.

Un relevé bathymétrique détaillé du lac visé devra être produit en l'absence d'une cartographie préalable fiable. Les profondeurs doivent être mesurées sur le terrain avant l'abaissement du niveau d'eau nécessaire pour le traitement et dans des conditions d'hydraulicité normales, et ce, pour assurer la fiabilité des calculs. L'installation de repères de niveau lors de la réalisation du sondage ou préalablement à l'abaissement du niveau d'eau du lac constitue aussi une étape importante qui permettra de mesurer précisément le volume d'eau restant lors du traitement pour adapter, si nécessaire, la quantité requise de roténone.

Si le promoteur ne possède pas de carte bathymétrique récente et suffisamment précise, une vérification pourrait être faite auprès de la direction régionale de la gestion de la faune du MFFP avant de procéder au relevé afin de s'assurer qu'une carte n'est pas déjà disponible.

Il est important d'obtenir des données de base fiables pour dresser la carte bathymétrique. Celle-ci doit être précise et illustrer correctement le profil du lac. Le MFFP privilégie l'utilisation d'une carte bathymétrique numérique réalisée à partir de données récentes. La qualité des résultats sera fonction du nombre de transects effectués par rapport à la superficie du lac. D'ailleurs, le *Guide de normalisation des inventaires bathymétriques* (Demers et Arvisais, 2011) offre une explication détaillée de cette méthode.

La détermination du volume (en mètres cubes) du plan d'eau devrait être effectuée selon une approche géomatique. Des logiciels, tels que ArcGIS, permettent d'évaluer rapidement et précisément le volume, optimisant ainsi l'estimation des quantités de roténone nécessaires pour atteindre la concentration souhaitée. Bien que ces logiciels puissent ne pas être à la portée de tous les promoteurs, il est recommandé à ce moment de faire appel à des consultants spécialisés en géomatique.

2.2.4. Agents ichtyotoxiques vendus au Canada

Deux produits, dont la roténone constitue l'ingrédient actif, sont actuellement homologués comme piscicide au Canada, soit le Noxfish agent ichtyotoxique (numéro d'homologation 14558) et le Nusyn-Noxfish agent ichtyotoxique (numéro d'homologation 19985). Les produits homologués sont répertoriés sur le site de Santé Canada (<http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/lr-re/index-fra.php>). Les étiquettes à jour de ces deux produits sont disponibles sur ce site en cliquant sur le numéro d'homologation. Pour connaître le détaillant qui distribue ces produits, il faut se référer, sur le site de Santé Canada, au nom du titulaire de l'homologation indiqué sur la fiche du produit vendu. **Il est très important de communiquer dès que possible avec le fabricant pour discuter des besoins prévus et de la logistique entourant la livraison à la date requise sur le site de la quantité nécessaire de produit ichtyotoxique.**

Ces deux produits se présentent sous la forme de liquides émulsifiables qui ont la propriété de se disperser sans avoir à les brasser. Le premier contient 5 % de roténone, tandis que le second contient 2,5 % de roténone et 2,5 % d'un agent synergique (butoxyde de pipéronyle) qui facilite l'absorption de la roténone. Compte tenu de l'effet de l'agent synergique, le Nusyn-Noxfish serait aussi efficace que le Noxfish, et moins coûteux en raison de la moins grande concentration de roténone de cette formulation. Toutefois, l'efficacité de l'agent synergique a été remise en question. Selon Finlayson et coll. (2009), l'agent synergique semble n'avoir qu'un faible effet, voire aucun sur la toxicité du produit chez les truites arc-en-ciel.

Les deux produits se dégradent rapidement. Selon l'étiquette, le produit conserve sa stabilité pendant au moins un an lorsqu'il est entreposé dans des barils scellés à 21 °C. Toutefois, il est préférable d'éviter d'entreposer ce produit. Si le produit a dû être entreposé et qu'on n'est pas certain que les conditions recommandées ont été respectées tout au long de l'entreposage, il est important de s'assurer, en suivant les consignes du fabricant, de la qualité de celui-ci en effectuant un test de toxicité en bassin avec les espèces de poissons visées par le traitement et l'eau du lac à traiter.

2.2.5. Dosage

La concentration d'agent ichtyotoxique à utiliser dépend surtout des espèces ciblées et de la teneur en matière organique. L'étiquette des produits indique l'étendue des concentrations optimales à utiliser selon ces facteurs (tableau 2.3). Les concentrations maximales y sont aussi indiquées. Il est important de noter que les dosages prescrits doivent être respectés en tout temps. Dans un lac, la concentration maximale permise est de 0,2 ppm de roténone (4 ppm de Noxfish; 8 ppm de Nusyn-Noxfish), tandis que, dans un cours d'eau, elle est de 0,05 ppm (1 ppm de Noxfish; 2 ppm de Nusyn-Noxfish).

Des bio-essais menés en laboratoire et en milieu semi-naturel ont permis de déterminer le **dosage minimal** requis pour l'élimination des espèces cibles dans les conditions physiques et chimiques qui prévalent dans les plans d'eau du Québec (Magnan et coll., 1998a). Il en ressort qu'une concentration de 0,5 ppm de produit émulsifiable comme le Nusyn-Noxfish permet d'éliminer efficacement et rapidement le meunier noir, les percidés et les cyprinidés. **Toutefois, une concentration minimale de 1,0 ppm d'agent ichtyotoxique (l'un ou l'autre des produits) est recommandée pour éliminer ces**

espèces, compte tenu du facteur potentiel d'incertitude sur le calcul du volume d'eau à traiter, de la variabilité possible de la qualité du produit et du risque financier majeur associé à l'échec d'un projet. En général, les salmonidés sont plus sensibles que les Centrarchidés et les Ictaluridés (Bradbury, 1986). Des figures comparatives de la tolérance à la roténone par espèce de poissons sont d'ailleurs présentées dans les figures 1.2 et 1.3.

Tableau 2.3. Concentration d'agent ichtyotoxique nécessaire en fonction du type d'utilisation (adapté de l'étiquette des produits; Finlayson et coll., 2010).

Type d'utilisation	Noxfish		Nusyn-Noxfish	
	agent ichtyotoxique (ppm)	roténone active (ppm)	agent ichtyotoxique (ppm)	roténone active (ppm)
Normale	0,5-1,0	0,025-0,05	0,5-1,0	0,0125-0,025
Espèces résistantes	1,0-2,0	0,05-0,10	1,0-2,0	0,025-0,05
Espèces résistantes dans des eaux riches en matière organique	2,0-4,0	0,1-0,2	2,0-4,0	0,5-0,1

2.2.6. Quantité requise d'agent ichtyotoxique

Il est important de bien évaluer la quantité totale d'agent ichtyotoxique nécessaire pour traiter le ou les lacs et ses cours d'eau associés. L'exactitude des calculs permettra d'éviter de dépenser des sommes inutiles pour l'achat d'une plus grande quantité de produit à base de roténone que nécessaire ou, inversement, d'avoir sous-évalué les besoins et de manquer de solution pour achever le traitement, ce qui pourrait compromettre la réussite de celui-ci.

Une bonne évaluation de la quantité requise d'agent ichtyotoxique repose essentiellement sur deux éléments :

- 1) La détermination du dosage adéquat pour éliminer les espèces introduites (section précédente);
- 2) L'estimation du volume d'eau total du système hydrographique à traiter et le débit des cours d'eau lorsque des réservoirs-distributeur sont utilisés.

L'étiquette du produit mentionne le volume d'eau (en mètres cubes) que peut traiter un litre de solution en fonction de la concentration souhaitée (tableau 2.4). Ainsi, après avoir évalué le volume d'eau des différentes composantes du système, c'est-à-dire du ou des lacs avant l'abaissement du niveau d'eau et de ses tributaires, il sera possible de calculer la quantité de piscicide à se procurer pour le traiter. Pour

la quantité nécessaire pour alimenter les réservoirs-distributeurs, il faudra se référer aux équations de la section 2.2.6.2.

2.2.6.1. Quantité dans un lac

La quantité requise d'agent ichtyotoxique pour traiter un lac est établie à partir du volume d'eau estimé avant l'abaissement de son niveau et de la concentration visée en fonction du type d'utilisation. Le tableau 2.4 indique le volume d'eau (m³) qu'il est possible de traiter avec un litre de formulation en fonction de la concentration souhaitée.

Tableau 2.4. Volume d'eau en mètres cubes couvert par un litre d'agent ichtyotoxique en fonction de la concentration requise.

Type d'utilisation	Concentration d'agent ichtyotoxique Noxfish ou Nusyn-Noxfish (ppm)	Volume d'eau couvert par un litre de produit (m ³)
Normale	0,5-1,0	1955-978
Espèces résistantes	1,0-2,0	978-489
Espèces résistantes dans des eaux riches en matière organique	2,0-4,0	489-244

La quantité de produit ichtyotoxique nécessaire pour traiter le volume d'eau total du lac peut être déterminée à l'aide de l'équation 2.1.

Équation 2.1. Calcul du volume d'agent ichtyotoxique nécessaire en litres (L) pour le traitement du lac.

$$\text{Volume d'agent ichtyotoxique nécessaire (L)} = \frac{\text{Volume d'eau à traiter (m}^3\text{)}}{\text{Volume d'eau couvert par litre de produit selon la concentration déterminée (m}^3\text{)}}$$

La quantité d'agent ichtyotoxique nécessaire au traitement des habitats complexes (p. ex., herbiers aquatiques, étangs avec une abondance de végétaux, marais, sources souterraines importantes, baie couverte d'un tapis de végétation flottante) doit être estimée le plus précisément possible et, s'il y a lieu, ajoutée au volume d'agent ichtyotoxique calculé pour le lac. Il est recommandé d'augmenter le dosage pour les habitats complexes et aussi la zone littorale du lac (+ de 1 ppm au total), selon la complexité de ceux-ci et l'abondance de matière organique. Il faut ainsi prévoir une quantité supplémentaire déterminée selon la concentration désirée et le volume d'eau des habitats concernés. Cette quantité pourra aussi être modifiée, s'il y a lieu, par l'ajout de piscicide rendu disponible en raison de l'abaissement du niveau du lac. L'estimation du niveau d'abaissement du lac, réalisée lors de la caractérisation du système

hydrographique (section 2.2.1), pourra ainsi permettre d'évaluer la quantité de produit à base de roténone qui sera possiblement disponible.

2.2.6.2. Quantité dans un cours d'eau

En ce qui concerne les cours d'eau, le promoteur doit d'abord évaluer le plus précisément possible la quantité de produit à base de roténone nécessaire pour traiter manuellement les cours d'eau avec un pulvérisateur à dos. Il doit aussi prévoir un volume suffisant afin d'alimenter les réservoirs-distributeurs. Ces réservoirs, qui laissent s'écouler un débit donné de produit à un point fixe du cours d'eau, sont utilisés pour les plus grands cours d'eau qui demandent plus qu'un traitement manuel (voir section 3.10.3). Toutefois, un réservoir-distributeur peut aussi être installé à l'embouchure des petits cours d'eau qui ont été traités uniquement avec le pulvérisateur à dos, selon les caractéristiques du site, afin d'empêcher les poissons de s'y réfugier à la suite du traitement.

À partir des mesures de débit, de longueur, de largeur et de profondeur relevées lors de la caractérisation du système hydrographique (section 2.2.1), il sera possible d'estimer la quantité d'agent ichthyotoxique nécessaire. La quantité récupérée de produit à base de roténone lors de l'abaissement du lac pourra servir à bonifier celle estimée pour les cours d'eau, si le débit de ceux-ci est plus élevé lors de la période du traitement.

2.2.6.2.1. Épandage manuel avec un pulvérisateur à dos

Pour déterminer la quantité d'agent ichthyotoxique nécessaire pour l'épandage manuel, il faut d'abord connaître le volume d'eau à traiter. Simplement, il est possible d'estimer le volume d'eau contenu à un temps donné dans un cours d'eau, ou dans des tronçons de celui-ci s'il est subdivisé, en se basant sur l'équation 2.2 du volume d'un prisme à base rectangulaire.

Équation 2.2. Estimation simplifiée du volume d'un cours d'eau.

$$\begin{array}{l} \text{Volume du} \\ \text{cours d'eau} \\ \text{(m}^3\text{)} \end{array} = \text{Largeur moyenne (m)} * \text{Profondeur moyenne (m)} * \text{Longueur (m)}$$

La largeur et la profondeur doivent être mesurées le plus possible dans des conditions normales d'écoulement. Il faut donc éviter de relever les mesures en période d'étiage.

Ensuite, à partir du volume total de l'ensemble des cours d'eau à traiter, la quantité de produit ichthyotoxique nécessaire afin d'y réaliser l'épandage manuel peut être calculée à l'aide de l'équation 2.3. Dans un cours d'eau, une concentration de 1 ppm d'agent ichthyotoxique est aussi habituellement utilisée. En se référant au tableau 2.4, on obtient ainsi 978 m³ comme valeur du volume d'eau couvert par litre de produit selon la concentration habituelle.

Équation 2.3. Calcul du volume d'agent ichtyotoxique nécessaire en litres (L) pour le traitement d'un cours d'eau à l'aide du pulvérisateur à dos.

$$\text{Volume d'agent ichtyotoxique nécessaire (L)} = \frac{\text{Volume d'eau à traiter (m}^3\text{)}}{978 \text{ (m}^3\text{)}}$$

2.2.6.2.2. Réservoirs-distributeurs

Les cours d'eau sont munis d'un ou de plusieurs réservoirs-distributeurs selon leurs longueurs et leurs débits. En plus d'un réservoir à sa tête, les cours d'eau devraient aussi compter des réservoirs-distributeurs toutes les unes à deux heures de temps d'écoulement, ce qui correspond généralement à une distance de 1 à 3 km, selon les caractéristiques du cours d'eau. Il est possible d'évaluer le temps d'écoulement en utilisant un colorant non toxique (p. ex., Rhodamine WT) ou en l'estimant à partir de la vitesse moyenne d'écoulement mesurée à plusieurs endroits sur le cours d'eau. Le temps d'écoulement et le nombre de réservoirs-distributeurs par cours d'eau devraient être établis lors de l'étude de faisabilité pour bien évaluer la quantité requise de produit à base de roténone (section 2.2.1 et 2.2.6).

La quantité d'agent ichtyotoxique qui sera utilisée pour alimenter les réservoirs-distributeurs s'établit pour sa part à l'aide du débit (Q) du cours d'eau, c'est-à-dire le volume d'eau s'écoulant dans le cours d'eau par unité de temps, généralement exprimé en mètres cubes par seconde (m^3/s). Le débit d'un cours d'eau se mesure, à l'aide d'un courantomètre, en divisant transversalement ce dernier en sous-section de largeur égale en utilisant un mètre à ruban tendu d'une berge à l'autre (figure 2.3). Le nombre de sous-sections dépend de la largeur du cours d'eau et de l'homogénéité de ce dernier. Pour chaque sous-section, il faut ensuite mesurer la profondeur ainsi que la vitesse moyenne de l'écoulement, à 40 % de la hauteur d'eau mesurée à partir du fond à l'aide du courantomètre. Le débit de chaque sous-section peut alors être obtenu en multipliant la vitesse moyenne de l'écoulement mesurée par la superficie de celle-ci (Largeur \times Profondeur). Le débit du cours d'eau sera obtenu en effectuant la somme des débits pour chacune des sous-sections (équation 2.4). Le débit doit être mesuré dans des conditions normales d'écoulement. Il faut donc éviter de relever les mesures en périodes d'étiage. En connaissant le débit, il est ensuite possible d'évaluer la quantité d'agent ichtyotoxique nécessaire pour alimenter les réservoirs-distributeurs en se basant sur l'équation 2.5. Pour chacun des réservoirs-distributeurs, le débit du cours d'eau servant au calcul de la quantité nécessaire devrait être celui de l'embouchure ou celui calculé à la station située en aval, si plus d'un réservoir-distributeur est nécessaire pour un cours d'eau.

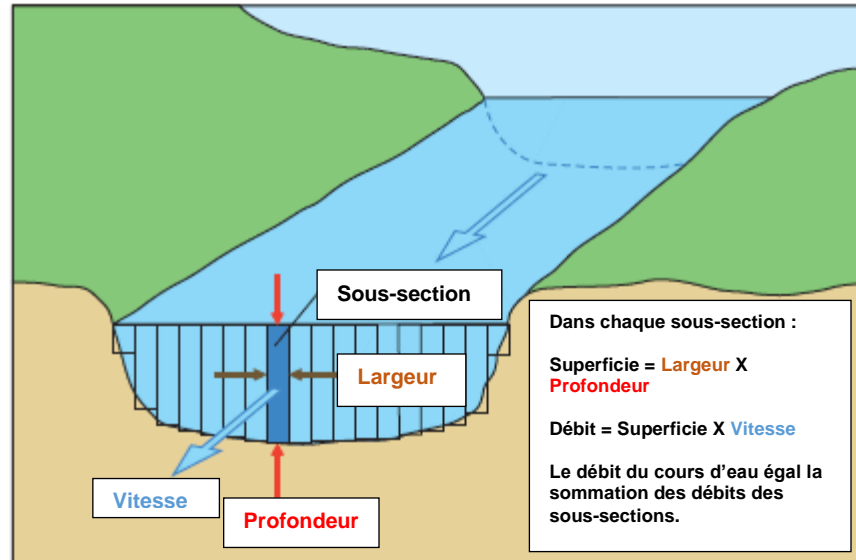


Figure 2.3. Calcul du débit d'un cours d'eau à l'aide d'un courantomètre (tiré et traduit de <https://water.usgs.gov/edu/streamflow2.html>).

Équation 2.4. Calcul du débit d'un cours d'eau.

$$Q = \sum (S_i * V_i)$$

- Où Q = Débit (m^3/s)
 S_i = Superficie de la sous-section i (Largeur \times Profondeur) (m^2)
 V_i = Vitesse moyenne d'écoulement de la sous-section i (m/s)

Équation 2.5. Calcul de la quantité par minute d'agent ichtyotoxique nécessaire pour alimenter les réservoirs-distributeurs.

$$X = Q (59,99 * C)$$

- Où : X = Quantité non diluée d'agent ichtyotoxique par minute (ml/min)
 Q = Débit du cours d'eau (m^3/s)
 C = Concentration souhaitée (ppm)

À titre indicatif, le tableau 2.5 présente les quantités d'agent ichtyotoxique non dilué à utiliser pour des traitements d'une concentration équivalant à 1 ppm en fonction du débit du cours d'eau et de la durée du traitement, soit 8, 12, 24 et 48 heures. En ce qui concerne la durée recommandée du traitement avec des réservoirs-distributeurs, voir la section 3.10.3.

Tableau 2.5. Quantités arrondies d'agent ichtyotoxique (ml) non dilué pour effectuer un traitement dans un cours d'eau à 1 ppm d'une durée de 8, 12, 24 et 48 heures en fonction de débits de 0,025 à 0,3 m³/s.

Débit du cours d'eau (m ³ /s)	Quantité d'agent ichtyotoxique (ml) selon la durée du traitement			
	8 h	12 h	24 h	48 h
0,025	720	1 080	2 160	4 320
0,05	1 440	2 160	4 320	8 640
0,075	2 160	3 240	6 480	12 960
0,1	2 880	4 320	8 640	17 280
0,125	3 600	5 400	10 800	21 600
0,15	4 320	6 480	12 960	25 920
0,175	5 040	7 560	15 120	30 240
0,2	5 760	8 640	17 280	34 560
0,225	6 480	9 720	19 440	38 880
0,25	7 200	10 800	21 600	43 200
0,275	7 920	11 880	23 760	47 520
0,3	8 640	12 960	25 920	51 830

2.2.7. Évaluation des coûts

Il est important d'évaluer le plus précisément possible les coûts liés à la restauration afin d'être en mesure de juger de la faisabilité économique du projet et de déterminer les différentes sources de financements potentielles (voir section 2.2.9). L'estimation des coûts du projet se fera en comptabilisant toutes les dépenses directes nécessaires relatives au fonctionnement et à la rémunération pour l'ensemble des étapes de la planification, de l'épandage et du suivi du projet. À cet effet, la figure synthèse 1.4 et le tableau 1.2 permettent d'établir une liste des éléments à comptabiliser et à déterminer quand les différentes dépenses seront évaluées. Puisque la roténone représente une partie importante des coûts associés à un projet de restauration, il est important d'avoir bien évalué les quantités d'agent ichtyotoxique requises (section précédente).

Lorsque la bathymétrie du plan d'eau est connue, il est possible d'estimer le nombre de poissons nécessaires pour l'ensemencement de repeuplement. Ainsi, en fonction de la densité recommandée pour chaque hectare d'habitat favorable pour l'omble de fontaine (profondeur de 0 à 10 m) et en fonction du stade de développement désiré (voir section 4.5), une estimation du nombre de poissons requis pour repeupler le plan d'eau doit être connue à cette étape afin d'estimer les coûts de l'ensemencement.

2.2.8. Évaluation des bénéfiques

Bien qu'en général les restaurations à la roténone semblent être rentables à moyen ou long terme (Bujold et coll., 2013), il peut être pertinent d'évaluer les bénéfiques et la rentabilité du projet de restauration en vue de justifier davantage l'intervention. Les bénéfiques générés par l'intervention peuvent être estimés rapidement en se basant sur la différence entre la fréquentation potentielle anticipée après la restauration du plan d'eau et la fréquentation en jour-pêcheur observée sur le lac avant l'intervention, multipliée par les dépenses directes et indirectes effectuées par un pêcheur par jour-pêcheur pour la pratique de son activité. Lemieux et Bérubé (1995) présentent d'ailleurs une méthode de calcul des retombées économiques d'un projet d'aménagement faunique. La valeur économique d'un jour-pêcheur peut varier selon le type d'exploitation concerné (ZEC, pourvoirie, réserve faunique ou territoire libre). Ainsi, le promoteur devra établir la valeur économique réelle d'un jour-pêcheur en fonction du revenu qu'il en retire. Sinon, il peut s'informer auprès du MFFP pour obtenir une estimation plus générale de la valeur d'un jour-pêcheur. Pour sa part, l'évaluation du potentiel de gain halieutique peut se faire en utilisant les méthodes les mieux adaptées à la région. Il est d'ailleurs conseillé de consulter les biologistes régionaux du MFFP à cet effet.

Les avantages indirects, bien que plus difficiles à évaluer, doivent aussi être considérés. Les principaux éléments à retenir sont l'arrêt desensemencements répétitifs et l'augmentation notable de la qualité de la pêche sportive (satisfaction de la clientèle) ainsi que la durée de vie et l'intérêt suscité par l'aménagement.

2.2.9. Aide financière

La Fondation de la faune du Québec, par l'entremise du programme Amélioration de la qualité des habitats aquatiques (AQHA), constitue le principal organisme offrant une aide financière pour les projets de restauration à la roténone d'une population d'ombles de fontaine au Québec. Tous les renseignements relatifs à ce programme se trouvent sur le site Internet de la Fondation (www.fondationdelafaune.qc.ca). Le promoteur doit aussi explorer la possibilité de partenariats financiers avec divers organismes locaux (p. ex., entreprises, fédérations, municipalités régionales de comté [MRC]) qui pourraient être susceptibles d'encourager ce type d'aménagement.

2.2.10. Aspects légaux liés à l'utilisation de la roténone

Lorsqu'un promoteur décide de poursuivre son projet à la lumière des résultats de l'étude de faisabilité, **il doit s'assurer que le projet respecte l'ensemble des lois et des règlements qui régissent tous les aspects du projet**, lesquels vont du choix du produit jusqu'à l'aménagement du milieu. La conformité à l'ensemble de la législation doit alors être validée. Aussi, l'utilisation de la roténone nécessite différents permis, certificats et autorisations. Le promoteur doit donc s'assurer de se les procurer avant d'entreprendre le traitement. La présente section ainsi que la figure 2.4 présentent les principaux aspects légaux s'appliquant aux projets de restauration à la roténone, tandis que l'annexe 1 donne des renseignements quant aux différentes organisations à contacter relativement aux aspects légaux. Il appartient au demandeur de respecter les lois et les règlements en vigueur à l'échelle municipale,

provinciale ou fédérale et de s'assurer d'obtenir tous les permis ou toutes les autorisations nécessaires à la réalisation d'un projet. Cette section est à titre indicatif seulement et elle n'est pas nécessairement exhaustive.

2.2.10.1. Compétence municipale

Il peut exister des règlements sur les pesticides propres à chaque municipalité ou municipalité régionale de comté. La plupart d'entre eux concernent l'utilisation des pesticides en milieu urbain. Lorsqu'un promoteur fait une demande de certificat d'autorisation au MFFP, il doit fournir au ministre un certificat du greffier ou du secrétaire-trésorier de la municipalité locale ou de la MRC (s'il s'agit d'un territoire non organisé) attestant que la réalisation de son projet ne contrevient à aucun règlement municipal. Le promoteur doit aussi vérifier, avec chaque municipalité touchée par le projet, l'existence et la portée de certaines réglementations ayant trait aux interventions susceptibles d'être effectuées en milieu hydrique.

2.2.10.2. Compétence provinciale

LOI SUR LES PESTICIDES

Administrés par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), cette loi et les règlements qui en découlent ont pour but d'encadrer l'utilisation des pesticides afin de la rendre plus rationnelle et sécuritaire. Elle établit plus particulièrement les obligations quant à la qualification des utilisateurs et des vendeurs et au maintien d'un registre provincial d'achat, de ventes et d'utilisation des pesticides.

Permis pour l'organisme

En vertu de la Loi sur les pesticides (L.R.Q., c. P-9.3), toute personne ou tout organisme qui désire effectuer un traitement à la roténone doit détenir un permis délivré par le MELCC pour l'utilisation et l'achat de ce pesticide. Ce permis est valide pour trois ans. L'organisme est tenu de faire ce type d'activité avec du personnel qualifié, c'est-à-dire dûment certifié. Le titulaire du permis a aussi l'obligation de tenir un registre des achats, des ventes et de l'utilisation des pesticides.

Certificat pour l'individu

La Loi sur les pesticides prévoit aussi que l'épandage de la roténone doit se faire par ou sous la supervision d'une personne détenant un certificat de qualification. Ce certificat s'obtient en réussissant un examen prescrit ou reconnu par le MELCC. Une formation est offerte afin d'acquérir les connaissances requises pour passer l'examen. Le certificat est valide pour cinq ans. Pour obtenir de plus amples renseignements à ce sujet, il est possible de consulter le site Internet du MELCC, plus précisément dans la section qui concerne les pesticides.

Code de gestion des pesticides

Le Code de gestion des pesticides (c. P-9.3, r. 1) impose des normes rigoureuses visant à prévenir les risques que ces produits suscitent pour la santé et l'environnement. Ses exigences comprennent des règles strictes pour encadrer l'utilisation, la vente, l'entreposage et le transport des pesticides.

LOI SUR LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT

Administrés par le MELCC, cette loi et les règlements qui en découlent ont pour but d'encadrer certaines pratiques au regard de leurs répercussions sur l'environnement, notamment en matière d'utilisation de pesticides.

Certificat d'autorisation

En vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2), les travaux, comportant entre autres l'utilisation de pesticides visant la répression des poissons, effectués dans un milieu aquatique pourvu d'un exutoire superficiel vers un bassin hydrographique sont assujettis à l'obtention d'un certificat d'autorisation délivré par le MELCC. La demande doit être adressée à la direction régionale de ce ministère où le projet doit être réalisé.

La directive 017 précisant la marche à suivre pour présenter une demande d'autorisation guide le promoteur dans le contenu requis et définit, entre autres, les modalités de délivrance des certificats d'autorisation. Elle est disponible sur le site Internet du MELCC.

Lors de la transmission de sa demande, le promoteur doit s'assurer de bien fournir l'ensemble des renseignements exigés, puisque, si elle est incomplète, il devra ultérieurement les fournir, ce qui risque de retarder l'analyse de son projet.

Déchets de pesticides

Les déchets constitués en tout ou en partie de pesticides, ainsi que de matériaux contaminés par ces derniers, doivent être éliminés selon les méthodes prévues par la Loi. Les dispositions à prendre concernant l'élimination des contenants vides, des eaux de rinçage, des surplus de concentrés ou de produits périmés de même que des résidus de déversement et des sols contaminés sont prévues par cette loi.

LOI SUR LA CONSERVATION ET LA MISE EN VALEUR DE LA FAUNE

Administrés par le MFFP, cette loi et les règlements qui en découlent ont notamment comme objectif la conservation de la faune et de son habitat. Cette loi indique entre autres que nul ne peut réaliser une activité susceptible de modifier un élément biologique, physique ou chimique propre à l'habitat du poisson sans autorisations.

Par conséquent, si, dans le cadre d'un projet nécessitant l'utilisation de roténone, un promoteur envisage d'effectuer certaines activités susceptibles de modifier l'une des composantes de l'habitat du poisson (p. ex., construction d'un seuil, remblayage, creusage, rampes de mise à l'eau, aménagement de frayères ou d'abris), celui-ci devra obtenir une autorisation en vertu de l'article 128.7 de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., c. C-61.1). Il est toutefois important de spécifier que l'utilisation du produit ichtyotoxique n'est pas précisément assujettie à cette loi.

De plus, le promoteur devra demander un permis SEG (scientifique, éducatif ou de gestion) qui sera délivré par le MFFP en vue de procéder aux pêches expérimentales pré- et post-traitements, de même que pour le démantèlement des digues de castors, s'il y a lieu.

LOI SUR L'AMÉNAGEMENT DURABLE DU TERRITOIRE FORESTIER

En vertu de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier (L.R.Q., 2010, c. 3, a. 371), toute intervention qui requiert l'abattage d'arbres nécessite un permis de coupe délivré par l'unité de gestion concernée du MFFP. Certaines exigences peuvent aussi être fixées quant au reboisement de l'aire perturbée et de la stabilité du sol après la coupe.

2.2.10.3. Compétence fédérale

LOI SUR LES PÊCHES

En vertu de la Loi sur les pêches (L.R.C. [1985], c. F-14), et plus particulièrement du Règlement sur les produits ichtyotoxiques (DORS/88-258), une autorisation pour le rejet ou l'immersion de produits ichtyotoxiques est requise lors d'un traitement à la roténone. Bien qu'il s'agisse d'une loi relevant du gouvernement fédéral, le MFFP est habilité à octroyer cette autorisation et doit être consulté à cet effet. Cette loi stipule entre autres que l'immersion ou le rejet de produits ichtyotoxiques dans les eaux visées à l'article 4 peuvent se faire à la condition de n'entraîner aucun dommage au poisson vivant dans les eaux adjacentes aux zones traitées.

LOI SUR LE TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES

Pour ce qui est du transport routier, le Québec a adopté la législation fédérale comme référence, à savoir la Loi sur le transport des marchandises dangereuses (L.C. 1992, ch. 34) et le règlement qui en découle (DORS/2001-286), lesquels sont appliqués par le ministère des Transports du Québec (MTQ). De façon générale, les pesticides doivent satisfaire aux exigences relatives à la préparation, à l'emballage et au transport des pesticides. Cela inclut des exigences de documentation, d'affichage et d'étiquetage des pesticides transportés ainsi que des exigences relatives à la formation et aux responsabilités des employés participant à ces opérations. Selon la classification établie par le fabricant, le pesticide sera assujetti ou non à la réglementation en vigueur. Il est important de communiquer avec le MTQ pour connaître la réglementation qui s'applique.

LOI SUR LES PRODUITS ANTIPARASITAIRES

La Loi sur les produits antiparasitaires (L. C. 2002, ch.28), administrée par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA), relève de Santé Canada et vise à protéger la santé et la sécurité humaines de même que l'environnement en réglementant les produits utilisés pour la lutte antiparasitaire. Entre autres, elle définit les obligations des fournisseurs de pesticides (fabricants, importateurs et vendeurs), particulièrement en ce qui concerne :

- l'homologation et la classification des produits (usages restreints, commercial et domestique) préalablement à leur mise en marché;
- les normes d'homologation et d'étiquetage des produits.

Ainsi, les seuls produits pouvant être utilisés au Canada comme piscicides sont ceux homologués en vertu de la Loi sur les produits antiparasitaires. Mentionnons que cette dernière oblige aussi l'utilisateur à respecter les prescriptions du fournisseur qui apparaissent sur l'étiquette en ce qui a trait notamment aux utilisations permises et aux doses recommandées.

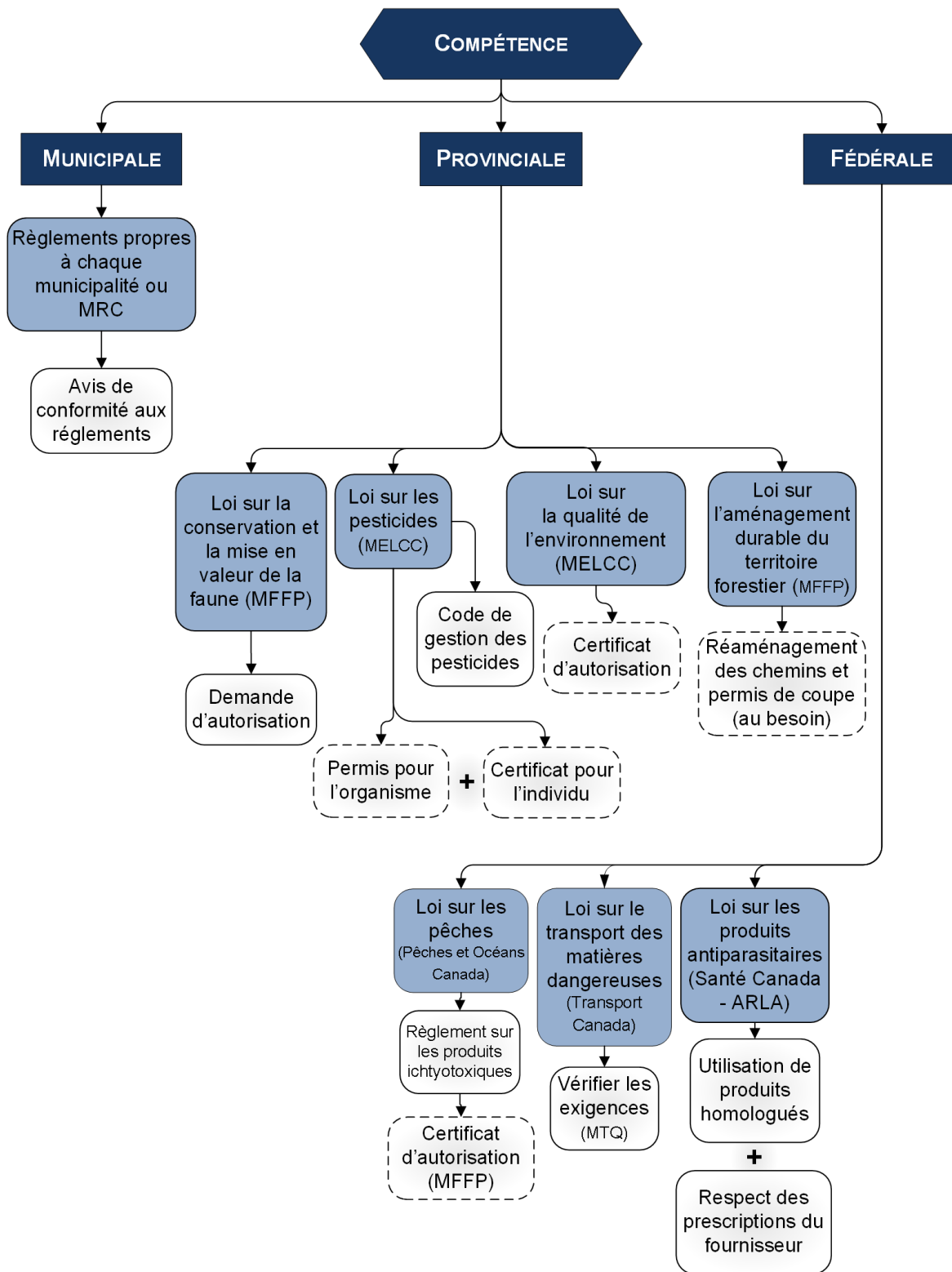


Figure 2.4. Aspects légaux concernant les restaurations à la roténone.

3. Méthodologie du traitement

Les traitements à la roténone nécessitent une grande rigueur dans la réalisation des différentes étapes. Par conséquent, la technique décrite dans la présente section doit être respectée afin de maximiser les chances de réussite du traitement.

L'efficacité des traitements peut dépendre de plusieurs facteurs, mais elle est particulièrement influencée par la toxicité de la substance. Ainsi, la concentration de roténone utilisée et le temps d'exposition influent grandement sur les résultats d'une éradication.

Considérations importantes à respecter afin de favoriser une éradication complète des espèces de poissons introduites.

- **Répertorier tous les tributaires, émissaires, arrivées d'eau de ruissellement, sources et mares isolées.**
- **S'assurer de traiter tous les habitats de l'écosystème susceptibles d'abriter les espèces visées par l'éradication.**
- **Utiliser des mesures précises et à jour de volume des lacs.**
- **Utiliser des mesures précises et à jour de longueur, de largeur, de profondeur et de débit des cours d'eau.**
- **Éviter un dosage insuffisant et le traitement lors de fortes précipitations.**
- **Évaluer et traiter efficacement tous les herbiers aquatiques et milieux humides reliés.**

Avant de procéder au traitement à la roténone, il importe d'établir sa période de réalisation ainsi que de finaliser l'achat de l'agent ichtyotoxique et de s'entendre avec le fabricant sur la logistique de la livraison. Ensuite, la mise en place d'un plan de traitement permettra d'optimiser les travaux qui devront avoir lieu. Aussi, les utilisateurs du territoire visé par l'intervention doivent être informés sur le traitement qui sera appliqué ultérieurement. De plus, il faudra s'assurer de connaître les mesures de sécurité et d'urgence à adopter s'il y a lieu lors des opérations. Enfin, si cela s'avère nécessaire à la suite du traitement, il faudra voir à récupérer les poissons morts. La figure 3.1 résume les principales étapes menant au traitement du ou des plans d'eau qui sont discutés dans les sections suivantes.

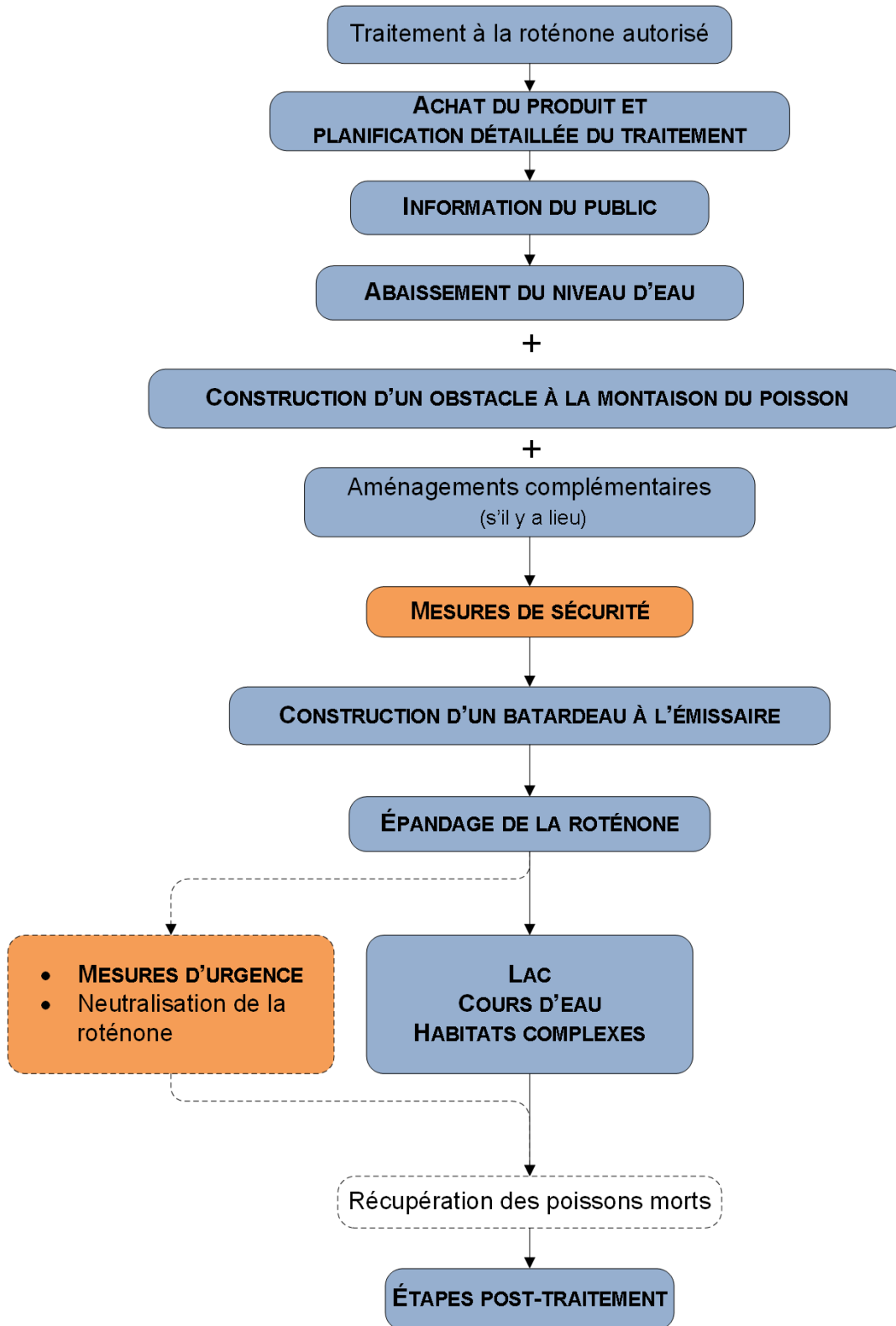


Figure 3.1. Résumé des étapes d'un traitement à la roténone.

3.1. Période de traitement

La meilleure période de l'année pour traiter un plan d'eau avec la roténone est la fin de l'été (août-début septembre), alors que la température de l'eau de l'épilimnion est généralement ≥ 17 °C. La température de l'eau joue un rôle primordial dans le processus d'action de la roténone. De façon générale, une élévation de la température accélère le métabolisme du poisson, d'où un accroissement du taux d'assimilation du toxique et un temps de contact réduit pour atteindre un taux de mortalité de 100 %. De plus, à cette période de l'année, le niveau de l'eau est généralement bas et les précipitations sont normalement moins fréquentes, ce qui facilite le traitement et limite les risques d'infiltration accidentelle du produit en aval du système traité. Un traitement appliqué à la fin de l'été ou au début de l'automne permettra aussi le repeuplement du lac avec des alevins dès le printemps suivant, après la fonte des glaces (Prévost, 1960). Le temps nécessaire pour la détoxification complète du lac sera ainsi assuré. Dès lors, le milieu sera libre de piscicide et pourvu d'un support alimentaire adéquat pour assurer la croissance des individus introduits.

Il faut absolument éviter de traiter au printemps ou au début de l'été, car plusieurs espèces indésirables fraient durant ces périodes. La période embryonnaire représentant le stade vital le plus résistant à la roténone, il importe alors d'attendre l'éclosion des œufs avant d'entreprendre le traitement. Une intervention à la fin de l'automne est aussi à proscrire, puisque le métabolisme des poissons est fortement ralenti par la température plus basse de l'eau, et les précipitations sont souvent plus importantes à cette période de l'année. Bien que le taux de dégradation de la roténone soit plus lent dans l'eau plus froide, le temps de renouvellement de l'eau réduit en période de crues automnales pourrait diminuer le temps de contact à la concentration souhaitée et compromettre l'éradication.

3.2. Information du public

Avant d'entreprendre le traitement à la roténone, il est essentiel d'aviser les riverains, les pêcheurs et les autres usagers potentiels (p. ex., villégiateurs, amateurs de canot) des plans d'eau touchés, de la nature du traitement, du type de produit utilisé, de la période de réalisation et de la durée des restrictions envisagées. Cette étape permet de bien renseigner la population. Une description claire des objectifs de la démarche peut éliminer certaines craintes injustifiées. Un affichage est d'ailleurs requis aux principaux accès du plan d'eau.

Des pancartes résistantes et plastifiées devraient être installées à proximité des accès publics menant au plan d'eau et comporter les renseignements suivants :

- **Avertissement**
- **Produit : Roténone (nom commercial et numéro d'homologation)**
- **But du traitement**
- **Restrictions :**
 - Baignade interdite
 - Navigation interdite
 - Pêche interdite
 - Ne pas consommer les poissons morts
 - Ne pas consommer l'eau du lac
- **Période visée par les restrictions**
- **Le nom, l'adresse et le numéro de téléphone du responsable du projet**
- **En cas d'urgence, contacter :**

Des restrictions concernant la navigation, la pêche, la baignade et l'utilisation de l'eau à des fins de consommation doivent être émises durant la période de traitement et minimalement les deux semaines suivantes, par précaution. En ce qui concerne la pêche, la période de restriction sera maintenue jusqu'à ce que les ensemencements post-traitement soient en mesure de soutenir une certaine pression de pêche (voir section 4.6).

Il est important de fermer les prises d'eau du lac traité, s'il y a lieu, pendant la période de restriction. Dans le cas des prises d'eau situées en aval des plans d'eau traités, le promoteur doit aviser les personnes concernées des traitements envisagés et des risques possibles de contamination en fonction de la nature des opérations effectuées (abaissement du niveau, batardeau, dilution et dégradation du produit, etc.), ainsi que de prendre les mesures adéquates pour assurer la sécurité du traitement. Soulignons qu'une concentration de 0,04 ppm de roténone active dans l'eau potable est jugée acceptable pour la consommation (Finlayson et coll., 2010).

3.3. Abaissement du niveau d'eau du lac

L'abaissement du niveau d'eau est une étape cruciale à franchir avant d'effectuer un traitement à la roténone. **Si cette opération n'est pas effectuée, l'éradication complète peut être compromise.** Selon Blais (1988a et b) et Tremblay (1988), l'abaissement du niveau d'eau permet :

- a) De confiner le piscicide dans le lac en bloquant l'émissaire, évitant ainsi la dérive du produit vers les eaux en aval tout en augmentant la durée du contact;
- b) D'exonder la végétation de la zone riparienne et en partie celle de la zone littorale qui pourraient servir de refuge aux poissons lors du traitement;
- c) De bien localiser les affluents des zones riveraine et littorale, autant les sources superficielles que souterraines;
- d) De faciliter les opérations lors de la construction, à l'émissaire, de batardeaux temporaires et de l'obstacle à la montaison du poisson.

Diverses méthodes d'abaissement du niveau d'eau peuvent être utilisées conjointement. Le retrait complet des embâcles à l'émissaire de même que la réalisation de brèches dans les digues et les barrages de castors doivent d'abord être effectués (Blais, 1989). Pour déterminer la technique à privilégier pour réaliser ce type d'intervention, nous encourageons le lecteur à consulter le *Guide technique sur le démantèlement d'embâcles* (Therrien, 1997). Le creusage d'un canal à l'aide d'une pelle mécanique ou par dynamitage peut ensuite être considéré, puisqu'il permet aussi une réduction du niveau de l'eau. On peut aussi, s'il y a lieu et en collaboration avec l'organisme concerné, ouvrir les vannes des barrages de retenue des eaux situés en aval. Les caractéristiques du système hydrographique de même que l'évaluation des coûts des différentes approches justifieront le choix ou la combinaison des techniques à privilégier.

Il faut se rappeler que l'installation de repères de niveau, idéalement lors de la réalisation des relevés bathymétriques du lac ou juste avant l'abaissement du niveau d'eau, constitue aussi une étape importante qui permettra de mesurer le volume d'eau restant lors du traitement pour adapter, si nécessaire, à la baisse la quantité requise de produit à base de roténone pour le traitement du lac. La quantité récupérée pourra servir à bonifier celle estimée lors de l'étude de faisabilité pour les cours d'eau si le débit de ceux-ci est plus élevé lors de la période du traitement. Elle pourra aussi servir, s'il y a lieu, à augmenter le dosage dans les habitats plus complexes (p. ex., herbiers aquatiques, étangs avec une abondance de végétaux, marais, sources souterraines importantes, baies couvertes d'un tapis de végétation flottante).

3.4. Construction d'un obstacle à la montaison du poisson

Un obstacle infranchissable pour les poissons peut être construit en installant un seuil artificiel ou en accentuant les dénivelés (par creusage ou dynamitage de chutes, de cascades ou de rapides). En général, les matériaux utilisés pour la construction des seuils sont la roche, le bois et les troncs d'arbres situés à proximité du site. Les expériences réalisées jusqu'à présent indiquent que le mélèze offre une meilleure résistance que les autres essences de bois. Le tableau 3.1 présente les principaux types d'ouvrages et permet de comparer les avantages et les limites de chacun. La figure 3.2 présente les différents obstacles à la montaison du poisson les plus fréquemment érigés. Pour la conception et la réalisation d'un obstacle à la montaison du poisson, il est important de faire appel à des experts spécialisés dans le domaine.

La construction de seuils peut, à l'occasion, élever le niveau d'eau, ce qui accentue les risques d'érosion aux extrémités des structures. Ainsi, il vaut mieux choisir des endroits où les berges sont constituées de matériaux stables tels que de la végétation arbustive bien enracinée (p. ex., aulnes, myrique baumier et saules) ou des enrochements solides. De plus, les berges devront avoir une pente d'au moins 45° à chaque extrémité pour éviter les débordements (Paquet, 1985).

La capacité d'un poisson à franchir un obstacle relève de la hauteur de celui-ci, des conditions hydrauliques qui prévalent (c.-à-d. vitesse, profondeur, turbulence) ainsi que de la capacité de nage et de saut de l'espèce concernée. Ces dernières aptitudes varient en fonction de l'espèce, de la taille des individus, de leur condition physique et de la température de l'eau. Il est toutefois généralement admis qu'une chute de 1,5 à 2 m, sans bassin de repos au pied de celle-ci, constitue un obstacle infranchissable dans le cas des poissons compétiteurs visés par les restaurations à la roténone. Pour éviter la formation d'un bassin de repos au bas du seuil, on peut y déposer des blocs de pierre ou de ciment. S'il existe le moindre doute concernant l'efficacité de l'obstacle à la montaison du poisson, il est recommandé de s'abstenir d'effectuer un traitement à la roténone.

Puisque les milieux aquatiques font l'objet de diverses mesures de protection, il est impératif que les travaux entourant l'érection d'un obstacle à la montaison du poisson soient effectués conformément à la législation applicable (référence section 2.2.10). La construction de ce type d'ouvrage peut avoir des conséquences sur le milieu environnant telles que l'érosion des rives, la mise en suspension de sédiments dans l'eau ou le colmatage de frayères. Une planification rigoureuse et une méthode de travail adéquate sont essentielles pour minimiser les risques de perturbation de l'habitat du poisson.

Tableau 3.1. Avantages, inconvénients et coûts relatifs de différents types d'obstacles à la montaison du poisson.

TYPE	PRÉALABLES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	COÛTS
Chute naturelle	✓ Chute naturelle de plus de 1,5 m et sans possibilité de contournement	<ul style="list-style-type: none"> • Aucuns frais • Durabilité • Peu vulnérable aux castors 	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau d'eau en aval à surveiller en période de crue 	Aucun
Chute naturelle améliorée	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pente du cours d'eau assez prononcée ✓ Déversoir de la chute plutôt horizontal 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu coûteux • Durabilité • Peu vulnérable aux castors 	<ul style="list-style-type: none"> • Résultat final plus difficile à prévoir • Niveau d'eau en aval à surveiller en période de crue 	\$
Roches empilées	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Roches grossières sur le site ✓ Pente du cours d'eau assez prononcée 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût abordable • Peu vulnérable aux castors 	<ul style="list-style-type: none"> • Étanchéité plus difficile à réaliser • Niveau d'eau en aval à surveiller en période de crue 	\$\$
Chute dynamitée	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Roche-mère apparente ✓ Absence de fracture naturelle dans le roc ✓ Accessible par un chemin forestier 	<ul style="list-style-type: none"> • Excellente durabilité si le roc est formé de granit • Peu vulnérable aux castors 	<ul style="list-style-type: none"> • Résultat final plus difficile à prévoir • Nécessite la mise à nue du roc sur une grande surface • Requièrent de la machinerie lourde 	\$\$\$
Caisson de bois	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Absence de chute naturelle ✓ Roche-mère non apparente ✓ Grosses roches pour enrocher les digues ✓ Près d'un chemin forestier 	<ul style="list-style-type: none"> • Facile à construire (n'exige pas de main-d'œuvre spécialisée) 	<ul style="list-style-type: none"> • Étanchéité de l'écran en amont difficile à réaliser • Matériaux dégradables • Difficulté de réfection à prévoir 	\$\$\$
Ponceau chute	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Possibilité d'utiliser un chemin comme site 	<ul style="list-style-type: none"> • Durable si l'écran en amont est étanche • Facile à construire 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite beaucoup de surveillance et d'entretien • Très vulnérable aux castors • Considéré comme barrage si retenue d'eau en amont 	\$\$ - \$\$\$
Digue filtrante	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ruisseau intermittent 	<ul style="list-style-type: none"> • Facile à construire • Bonne longévité si les matériaux utilisés sont résistants (p. ex., grillage en acier inoxydable et structure en aluminium) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnérable aux castors • Nécessite un nettoyage régulier • Peu de cas applicables 	\$
Dalot en bois	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Petit ruisseau 	<ul style="list-style-type: none"> • Facile à construire • Utile comme structure temporaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Étanchéité en amont difficile à réaliser • Vulnérable aux castors • Faible résistance aux glaces 	\$



Figure 3.2. Exemples d'obstacles à la montaison du poisson : A) Roches empilées; B) Chute dynamitée; C) Caisson de bois; D) Ponceau chute; E et F) Digue filtrante (structure de bois et grillage en acier inoxydable recouverts de gravier de 1 à 2 cm de diamètre) (suite page suivante).



Figure 3.2. Exemples d'obstacles à la montaison du poisson (suite) : G) Dalot en bois (vue amont); H) Dalot en bois (vue aval).

3.5. Aménagements complémentaires

Bien qu'en général les lacs choisis pour la restauration à la roténone d'une population de poissons ne présentent pas de problématique d'habitat notable, il est possible que le promoteur désire profiter de l'abaissement du niveau de l'eau ainsi que de la main-d'œuvre et parfois de la machinerie pour effectuer certains aménagements. Par exemple, il serait possible d'améliorer les aires de fraie ou d'en aménager de nouvelles, selon les caractéristiques du milieu et les difficultés rencontrées. Quelques guides d'aménagement de l'habitat existent à cet effet; citons, entre autres, les documents rédigés par Paquet (1982, 1983, 1985), l'ouvrage publié en 1996 par la Fondation de la faune du Québec et le ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) ainsi que le rapport technique publié plus récemment par le ministère des Pêches et Océans (MPO) (Fleury et Boula, 2012).

De plus, une importante recension des écrits scientifiques a été réalisée récemment concernant la restauration de l'habitat du poisson en rivière (Biron, 2017). Ce document dresse un résumé de l'efficacité des techniques d'aménagement des cours d'eau et suggère différentes approches basées davantage sur les processus hydrogéomorphologiques.

Il serait également judicieux d'améliorer au besoin les accès au plan d'eau (sentiers, débarcadères, quais, etc.), puisque la mise en valeur de la population de poissons constitue aussi un facteur clé de la réussite des projets.

3.6. Mesures de sécurité

Avant d'entreprendre un traitement, l'étiquette et la fiche signalétique du produit doivent être lues attentivement afin de connaître les dispositions à prendre pour prévenir les incidents et agir convenablement s'ils se produisent.

Les étiquettes des produits ichtyotoxiques homologués au Canada sont accessibles sur le site de Santé Canada (<http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/lr-re/index-fra.php>). Celles-ci se trouvent normalement sur les barils de produits ichtyotoxiques. Les renseignements de la présente section sont un rappel d'éléments importants et **ils ne remplacent en aucun cas les renseignements indiqués sur l'étiquette.**

Les mesures de sécurité présentées dans cette section visent à réduire au maximum les risques d'incidents. Ainsi, afin d'assurer leur protection, les travailleurs devraient veiller à porter l'équipement de protection requis et s'assurer que le produit est constamment manipulé de façon sécuritaire. Aussi, puisque les restaurations à la roténone ont souvent lieu en région éloignée, il est impératif de prévoir la disponibilité d'un **système de communication efficace sur les lieux du traitement tout au long des opérations** afin de répondre aux situations d'urgence qui pourraient se présenter.

3.6.1. Équipement de protection individuelle

Il est important de porter l'équipement de protection individuelle en tout temps lors des manipulations et de l'application de la roténone.

L'équipement de protection individuelle devrait être constitué des éléments suivants durant l'application :

- **une combinaison de type Tyvek ou imperméable par-dessus une chemise à manche longue et un pantalon long;**
- **des gants et des chaussures résistants aux produits chimiques;**
- **des lunettes protectrices ou une visière;**
- **un respirateur à demi-masque antipoussières/antibrumes.**

Les personnes qui manipulent le produit non dilué au cours des opérations de mélange et de chargement devraient, en plus, porter un respirateur muni d'une cartouche antivapeurs organiques approuvé NIOSH/MSHA/BHSE avec un préfiltre ou une boîte filtrante approuvée pour les pesticides, un casque approuvé par le NIOSH ou un respirateur à capuchon approuvé par le MSHA/NIOSH avec un filtre antipoussières/antibrumes.

Des bottes-pantalons imperméables peuvent être portées à la place des chaussures résistantes aux produits chimiques lorsqu'elles sont nécessaires, par exemple lors de l'épandage dans un cours d'eau avec le pulvérisateur à dos.

3.6.2. Gestion sécuritaire de la roténone et des contenants

Sur le site du traitement, les contenants de roténone doivent être entreposés sur une surface imperméable (p. ex., membrane de plastique résistante et imperméable) et, préférablement, en pente et près du plan d'eau traité, permettant ainsi le drainage du produit vers celui-ci en cas de déversement accidentel. Une ou des zones de transfert doivent aussi être définies en suivant la même logique. Pour créer ces zones, il est possible d'utiliser de la terre ou tout autre matériau approprié (p. ex., des balles de foin) en les plaçant de façon à former un cercle avec un rebord bombé, puis en recouvrant ce dernier d'un revêtement en plastique résistant d'une seule pièce capable de contenir toute la roténone. En cas de déversement dans la zone de transfert, si le produit déversé n'est pas dirigé vers le plan d'eau en raison de la pente, il faut le récupérer immédiatement avec une éponge, une pompe ou de tout autre façon efficace compatible. Le cas échéant, jeter le produit déversé dans le plan d'eau traité.

La roténone liquide est généralement transférée du baril à un dispositif de mesure, puis dans un contenant de service ou à un dispositif d'application (c.-à-d. pulvérisateur à dos ou réservoir-distributeur) dans une zone de transfert. Ne manipulez pas le produit de manière à ce qu'il dégoutte ou éclabousse quelqu'un. L'utilisation d'une petite pompe à main ou électrique est nécessaire pour transférer la roténone du baril d'origine dans des contenants à mesurer. Ces contenants sont des réceptacles gradués non poreux. L'utilisation d'une pompe permet aux applicateurs de mieux gérer le transfert du liquide et d'éliminer les déversements mineurs. Elle peut également réduire la contrainte physique due au levage et au maintien de contenants lourds.

Les contenants de service et les dispositifs d'application doivent porter les renseignements suivants :

- 1) Le nom et l'adresse de la personne ou de l'entreprise responsable du contenant;**
- 2) La description du pesticide gardé dans le contenant;**
- 3) Le mot « Danger » ou « Attention ».**

Tous les contenants vides (c.-à-d. récipients d'origine et de service) et l'équipement qui est entré en contact avec le produit concentré (p. ex., doublure en plastique, instruments utilisés pour le transfert et l'application, contenants de mesure) doivent être égouttés et rincés avec l'eau du lac traité selon la technique du triple rinçage ou du rinçage sous pression. Les rinçures doivent être rejetées dans le plan d'eau traité. Afin de s'assurer qu'ils ne serviront pas à d'autres fins, tous les contenants rincés (sauf ceux repris par le fabricant et ceux qui serviront à un autre traitement) doivent être rendus inutilisables en les écrasant ou en les perforant, puis conservés en lieu sûr jusqu'à leur élimination finale, conformément à

la réglementation. Pour de plus amples renseignements, consulter le site Internet du MELCC (section Déchets de pesticides).

3.7. Mesures d'urgence

Comme mentionné à la section précédente, **l'étiquette et la fiche signalétique du produit doivent être lues attentivement afin de connaître les dispositions à prendre afin d'agir convenablement en cas d'incident**. Essentiellement, les urgences liées à l'utilisation de la roténone peuvent résulter d'un **déversement de produit** ou encore de **l'intoxication d'un membre de l'équipe sur le terrain**. Comme suggéré précédemment, un système de communication efficace devrait être mis à la disposition de l'équipe qui travaille sur le terrain pour leur permettre de contacter des secours en situation d'urgence. Les renseignements de la présente section sont un rappel d'éléments importants et **ils ne remplacent en aucun cas les mentions indiquées sur l'étiquette**.

3.7.1. Déversement accidentel

Une manipulation sécuritaire permet d'éviter les déversements. Cependant, en cas d'accident majeur risquant de contaminer le sol, il faut communiquer avec **Urgence-Environnement Québec au 1 866 694-5454**. Il est bien important de connaître les mesures à suivre en cas de déversement avant d'utiliser la roténone. Pour de plus amples renseignements, il est possible de consulter le site Internet du MELCC (section Déchets de pesticides).

3.7.2. Premiers soins

L'ingestion, l'inhalation, le contact avec la peau ou les yeux constituent des voies d'expositions potentielles. Les risques d'une exposition accidentelle sont de beaucoup réduits par les manipulations sécuritaires et le port d'un équipement de protection individuelle adéquat.

EN CAS D'INGESTION : Appeler le **Centre antipoison du Québec (1 800 463-5060)** immédiatement pour obtenir des conseils sur le traitement. Ne pas faire vomir à moins d'avoir reçu le conseil de procéder ainsi du centre antipoison ou du médecin. Ne donner aucun liquide à la personne empoisonnée. Ne rien administrer par la bouche à une personne inconsciente.

EN CAS DE CONTACT AVEC LA PEAU OU LES VÊTEMENTS : Enlever tous les vêtements contaminés. Rincer immédiatement la peau à grande eau pendant 15 à 20 minutes. **Appeler le centre antipoison ou un médecin** pour obtenir des conseils sur le traitement.

EN CAS D'INHALATION : Déplacer la personne vers une source d'air frais. Si la personne ne respire pas, **appeler le 911 ou une ambulance**, puis pratiquer la respiration artificielle, de préférence le bouche-à-bouche, si possible. Appeler un centre antipoison ou un médecin pour obtenir des conseils sur le traitement.

EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX : Garder les paupières écartées et rincer doucement et lentement avec de l'eau pendant 15 à 20 minutes. Le cas échéant, retirer les lentilles cornéennes au bout de 5 minutes et continuer de rincer l'œil. **Appeler le centre antipoison ou un médecin** pour obtenir des conseils sur le traitement.

Conserver sur soi l'étiquette du produit ou noter le nom et le numéro d'homologation du produit afin de fournir les bons renseignements à l'aide médicale lorsque cela sera nécessaire.

3.8. Construction d'un batardeau à l'émissaire

Le promoteur doit installer un batardeau temporaire à l'émissaire du lac pour retenir la roténone et empêcher la dérive du piscicide vers les eaux en aval du lac ciblé. L'abaissement du niveau d'eau permet aussi de confiner le produit à la zone traitée. Il est donc recommandé d'optimiser l'abaissement selon les possibilités du site, d'ériger les batardeaux temporaires nécessaires et d'éviter de traiter lorsque des précipitations importantes sont prévues.

Il est aussi recommandé de calculer le temps de remplissage théorique du lac en fonction du volume à combler, proportionnel à la hauteur de retenue et à la superficie du lac. Le calcul du temps de remplissage peut s'effectuer à partir des statistiques climatiques et de la superficie du bassin versant du plan d'eau. Il est suggéré, pour exécuter ces calculs, de se référer aux sections sur le débit théorique moyen annuel et sur le temps de renouvellement de l'eau d'un lac du *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures* (SFA, 2011). Il sera ainsi possible d'estimer si la roténone pourra être retenue assez longtemps pour qu'elle se dégrade avant que l'eau du lac se déverse vers l'aval. Il est recommandé de viser un temps de remplissage de trois à quatre semaines. Si le temps de remplissage évalué est plus court, la construction de batardeaux secondaires à l'émissaire de petits lacs situés en amont peut aider à prolonger le temps de remplissage et ainsi retarder le déversement de l'eau du lac vers l'aval.

Comme mentionné précédemment, la roténone est un produit qui se dégrade à une vitesse qui varie en fonction de la lumière, de la quantité de matière organique et de la température de l'eau. Dans les lacs oligotrophes du Québec, ce dernier facteur est important à considérer.

Le tableau 3.2 donne une estimation de la vitesse de dégradation de la roténone en fonction de la température de l'eau.

Tableau 3.2. Temps de dégradation de 1,0 mg/L de roténone en fonction de la température de l'eau (State of California, 1985).

Température de l'eau (°C)	Temps requis pour la dégradation de la roténone (jours)
10	26
16	14
21	7
27	4

Dans le cas d'un traitement visant un plan d'eau dans lequel il serait difficile de retenir le piscicide et qu'il y aurait un risque pour la santé des populations de poissons vivant en aval, il serait possible de neutraliser l'effet de la roténone avec du permanganate de potassium (KMnO_4) (section suivante). Cependant, compte tenu de la complexité du processus de neutralisation, il est plutôt recommandé de s'abstenir de traiter un lac qui présente de telles conditions. D'ailleurs, les autorisations nécessaires ne seront pas octroyées s'il y a un risque de déversement important dans les eaux adjacentes qui ne sont pas visées par un traitement à la roténone avec, en conséquence, des risques possibles pour la santé des poissons qui y vivent.

3.9. Neutralisation de la roténone

Il peut être nécessaire de réduire la toxicité de la roténone lorsque, de façon inattendue, en cours de traitement, le piscicide migre en quantité considérable vers les plans d'eau situés en aval et qu'un risque pour les populations de poissons est envisagé. Il est, dans ce cas, important de prendre les mesures nécessaires pour avoir accès à la quantité requise de permanganate de potassium (KMnO_4).

Le KMnO_4 est un oxydant puissant qui se scinde en potassium, en manganèse et en eau, tous présents dans la nature. Ce composé chimique n'a donc aucun effet nuisible sur l'environnement. Cependant, cette substance est toxique pour les poissons, même à faible concentration, mais sa toxicité est réduite par des procédés d'oxydation qui se produisent avec la matière organique et la roténone (Finlayson et coll., 2000). Les applicateurs doivent donc prendre leurs précautions afin de préserver la vie aquatique. Cette substance est corrosive et elle est nocive en cas d'ingestion. Elle favorise l'inflammation des substances combustibles et elle peut aussi provoquer une combustion spontanée lorsque qu'elle est mélangée à d'autres substances. Il importe donc de la manipuler de façon sécuritaire évitant tout contact avec la peau et les yeux.. Il est essentiel de suivre les indications du fabricant et de porter l'équipement de protection individuelle requis.

La désactivation est une opération dynamique présentant certaines difficultés, tant en ce qui a trait à la gestion du taux d'application du KMnO_4 que dans la prédiction de la concentration de roténone. En effet, aucune méthode ne permet de déterminer la concentration exacte de roténone à désactiver à une station et en un temps donné. De plus, le taux d'application du KMnO_4 dépend d'abord du temps de contact avec la roténone, mais aussi des caractéristiques du plan d'eau qui peuvent avoir une influence sur l'efficacité de sa désactivation. Plus le temps de contact diminue et plus le rapport KMnO_4 :Roténone augmente. Aussi, l'abondance de plantes aquatiques et de matière organique (dissoute et en suspension) contribue à accroître l'apport de KMnO_4 nécessaire pour obtenir une désactivation complète. La neutralisation de la roténone à la dérive dont la concentration est de 1 ppm nécessite généralement une concentration équivalente de KMnO_4 avec un supplément suffisant pour satisfaire la demande de l'eau non traitée (1 à 2 ppm selon la quantité de matière organique et la qualité de l'eau).

Le KMnO_4 peut être appliqué sous forme de solide cristallin, mais la solution aqueuse présente certains avantages. En plus d'offrir une meilleure dispersion, la solution permet un épandage constant sans avoir recours à des moyens mécaniques comme c'est le cas pour la forme solide. Le taux d'écoulement de la

solution à 2,5 % de KMnO_4 (25 g de KMnO_4 solide mélangés à 1 L d'eau) peut être estimé à partir de l'équation 3.1.

Équation 3.1. Calcul du taux d'écoulement de la solution de KMnO_4 concentrée à 2,5 %.

$$LF = Y * 2,472 * Q$$

Où : LF = Taux d'écoulement de la solution de KMnO_4 à 2,5 % (ml/min);

Y = La concentration requise en KMnO_4 dans le cours d'eau (ppm);

Q = Le débit du cours d'eau (m^3/s).

Un des éléments clés de la réussite d'une neutralisation est le suivi constant des effets du KMnO_4 en aval du système traité par les sentinelles placées à certains points stratégiques. Ainsi, des poissons devraient être placés dans une cage immédiatement en amont du site d'introduction du KMnO_4 , ainsi qu'à des stations plus éloignées (p. ex., 15 minutes de temps d'écoulement en aval). Les poissons devraient être remplacés chaque jour pour réduire le biais lié au stress du confinement et de l'exposition au KMnO_4 . Toute mort notée aux stations plus éloignées indique un mauvais équilibre entre la concentration de KMnO_4 et celle de la roténone, requérant alors un rajustement du taux d'application de la solution de KMnO_4 .

3.10. Épandage de la roténone

Le traitement du plan d'eau ne commence qu'après l'abaissement du niveau d'eau et la construction de l'obstacle à la montaison du poisson. Juste avant de procéder, l'exutoire du lac est rehaussé, s'il y a lieu, et bloqué avec un batardeau temporaire afin d'empêcher la dérive de la roténone vers l'aval et de permettre au lac de retrouver graduellement son niveau normal.

Le traitement simultané des cours d'eau et du lac peut ensuite commencer. Pour les systèmes dont la ramification et le réseau hydrographique sont complexes, le traitement devrait débiter en amont du système et évoluer en suivant l'ensemble du réseau vers l'aval.

Les pluies diluviennes peuvent compromettre le traitement. En effet, des poissons toujours vivants ont déjà été observés à proximité des arrivées d'eau de ruissellement (Turner, 1959). Il est ainsi important de procéder à l'épandage de la roténone en l'absence de précipitations abondantes, de façon à réduire les risques de dilution du produit et de débordement à l'émissaire.

À l'exception du traitement de la rive littorale et des tributaires avec le pulvérisateur à dos, le produit doit être relâché sous la surface de l'eau pour minimiser la pulvérisation de celui-ci dans l'air.

Il ne faut pas ouvrir les contenants de pesticide avant qu'il soit prêt à être utilisé. Tout le personnel impliqué doit être bien informé de la toxicité de la roténone, de l'étiquette du produit, de la fiche signalétique, des mesures de sécurité et du plan d'urgence avant d'entreprendre le traitement.

3.10.1. Plan d'épandage

Avant d'entreprendre le traitement, il est préférable de planifier soigneusement les opérations d'épandage de roténone qui auront lieu. Ainsi, à partir des particularités du système notées au cours de la phase préparatoire, un plan de traitement devrait être élaboré.

Il s'agit d'abord d'établir le nombre de personnes requises et de mettre en place l'équipement nécessaire à la réalisation du traitement dans un délai de 48 heures, et ce, pour éviter que la roténone n'amorce son processus de dégradation en cours d'épandage. Ainsi, pour les lacs de grande superficie, il est préférable d'augmenter l'effectif plutôt que de prolonger les opérations. En ce qui concerne le traitement de lacs plus profonds, il faut prévoir suffisamment de temps pour injecter le produit en profondeur, opération qui allonge la durée du traitement.

En fonction de la superficie et du volume d'eau à traiter, le système hydrographique devrait être fractionné en sous-secteurs. Ainsi, en se basant sur les caractéristiques du plan d'eau, il est préférable d'établir des subdivisions en fonction de repères visuels qui peuvent aussi faciliter l'épandage. Pour le lac, les quantités de roténone nécessaires par secteur devraient être établies en fonction de la carte bathymétrique. Une carte illustrant les quantités de piscicide par zone à traiter permettra une distribution plus uniforme de la roténone dans chaque secteur établi. Une carte plus précise de chaque secteur permettra également un repérage plus facile des zones requérant une attention particulière (p. ex., zones de végétation flottante, zones de plus de 10 m de profondeur), en plus de faciliter la répartition du travail entre les équipes qui appliquent le traitement. Pour le lac, en considérant les caractéristiques de la pompe ou des pompes utilisées, il est aussi possible de définir un parcours et la vitesse de déplacement de l'embarcation pour s'assurer de bien couvrir l'ensemble des zones avec la quantité prévue de produit à base de roténone.

3.10.2. Traitement du lac

Le traitement du lac se fait à bord d'une embarcation et le système d'épandage permet le transfert du concentré de roténone liquide directement du baril du fabricant vers une pompe, où le concentré de roténone est dilué et mélangé avec l'eau du site et par la suite incorporé à l'eau du lac, sans contact avec l'applicateur. Le système est constitué d'une pompe raccordée à trois ou quatre tuyaux (figures 3.3, 3.4, 3.5 et 3.6).

Un premier tuyau résistant aux produits chimiques, généralement 1,5 à 2,5 cm (0,5 à 1 po) de diamètre, est relié à un tube qui est inséré dans un bouchon de caoutchouc étanche et qui sert à puiser la roténone directement dans le baril. Le bouchon de caoutchouc doit être bien inséré dans l'ouverture du baril pour éviter les déversements. Deux vannes d'arrêt sont installées aux extrémités du tuyau résistant aux produits chimiques, soit avant l'arrivée à la pompe et au raccord avec le tube qui entre dans le baril (voir

figures 3.3 et 3.4). Ces vannes permettent de régler le débit de piscicide de façon à ajuster le rapport « piscicide:eau » pour une dispersion rapide (1 partie de concentré de roténone pour 10 parties d'eau du site est recommandée). Il est important de calibrer le système avant son utilisation. Le système doit maintenant être muni d'un dispositif de débranchement à sec ou d'un dispositif de fermeture couplé à sec à tous les points de raccord qui limitera les fuites à un maximum de 2 ml par raccord (figure 3.7). Un second tuyau, généralement de 5 cm (2 po) de diamètre, sert à puiser l'eau du lac. Ce tuyau est muni d'un grillage métallique à son extrémité immergée afin de minimiser la quantité de débris et de végétation qui entre dans la pompe. Il se connecte à un raccord en T qui, lui, se relie à la pompe et au tuyau fournissant la roténone. Un troisième tuyau, généralement de 4 à 5 cm (1,5 à 2 po) de diamètre, sert à incorporer le mélange dilué de roténone à l'eau du plan. Un quatrième tuyau optionnel, relié à une deuxième sortie de la pompe et contrôlé par une vanne d'arrêt, peut être installé pour rincer au fur et à mesure les barils vides et le tube de cuivre qui est plongé dans la roténone concentrée (figure 3.5).

Il est important de ne pas toucher le tube qui est en contact avec le produit jusqu'à ce qu'il soit rincé à trois reprises avec l'eau du lac. Il est possible de rincer les barils et le tube en ajoutant l'eau du site par le deuxième orifice du baril, manuellement ou en utilisant une autre pompe à eau et un tuyau relié à la sortie de cette dernière, tel que cela est mentionné précédemment. Si le tube non rincé doit être retiré du baril, il faut le rincer trois fois dans l'eau du site traité.

Pour le traitement du lac, il est recommandé d'utiliser une pompe à eau autoamorçante centrifuge à haute pression (c.-à-d. de 60 à 70 lb/po²) suffisante pour pomper aisément l'eau du lac et créer un vide pour aspirer la roténone liquide du baril, et ce, plus spécialement pour la zone littorale (voir section 3.10.2.1).

Le lac est traité en sillonnant les différents secteurs définis dans le plan de traitement et en répartissant, uniformément dans les secteurs, la quantité établie de produit à base de roténone. À l'exception de la zone littorale et de la zone profonde (voir sections 3.10.2.1 et 3.10.2.2), l'épandage s'effectue, à l'aide de l'équipement présenté dans cette section, en parcourant des transects équidistants et parallèles en se guidant sur des repères visuels et, idéalement, à l'aide d'un appareil GPS.

Il est recommandé, si le personnel et l'équipement le permettent, de traiter simultanément les différentes zones du lac. Si cela n'est pas possible, il est préférable de commencer le traitement par la zone littorale pour poursuivre avec le centre du plan d'eau. Cette procédure vise à éloigner les poissons de l'embouchure des tributaires et des résurgences afin d'empêcher qu'ils y trouvent refuge.

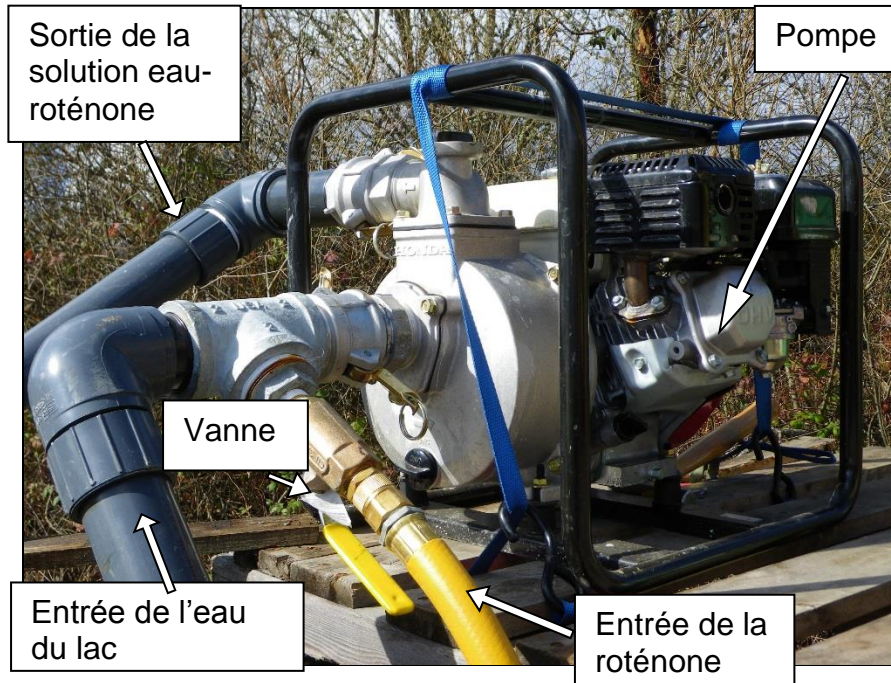


Figure 3.3. Exemple d'un système utilisé pour le traitement dans un lac (vue rapprochée) (Finlayson et coll., 2010).



Figure 3.4. Exemple d'un système utilisé pour le traitement dans un lac (vue complète). Le bouchon de caoutchouc du tube n'apparaît pas sur cette image (Finlayson et coll., 2010).

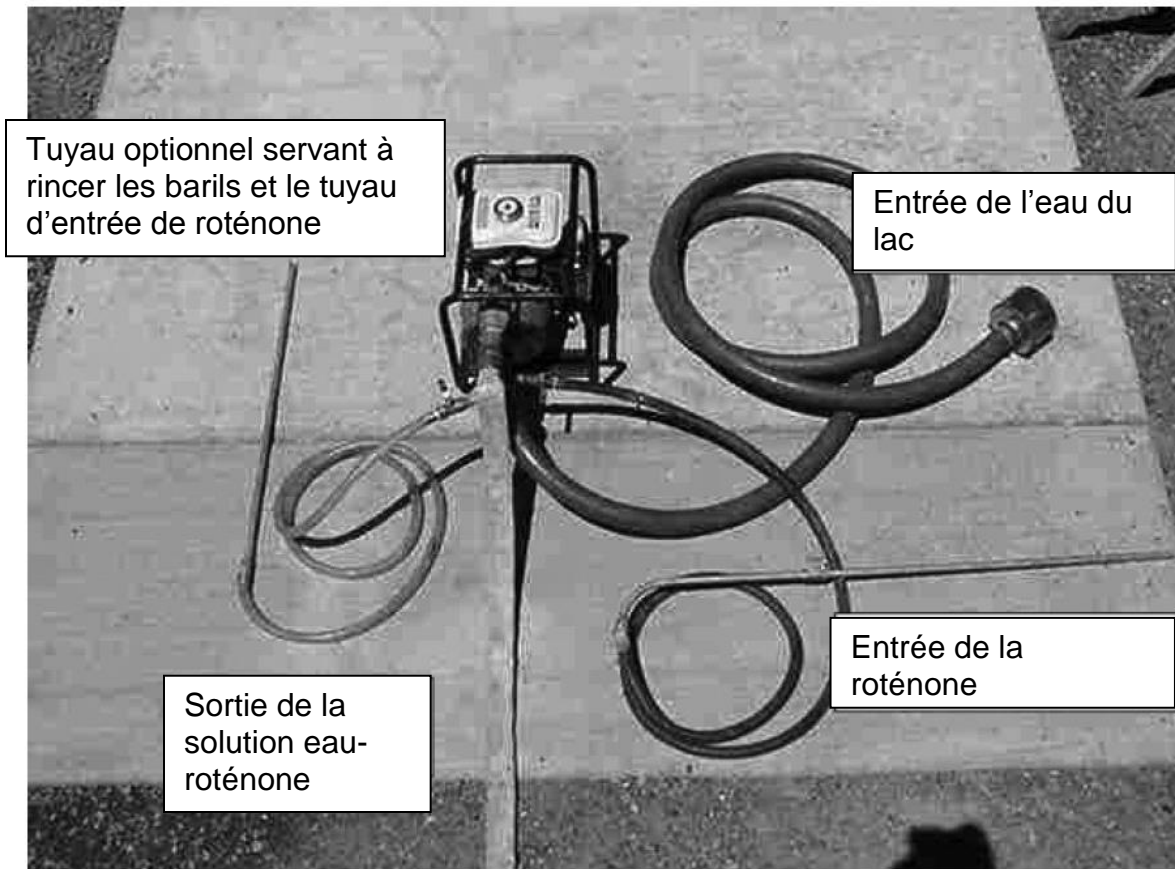


Figure 3.5. Illustration d'un système utilisé pour le traitement d'un lac présentant un quatrième tuyau optionnel servant au rinçage des barils et du tube plongé dans la roténone (Finlayson et coll., 2010).

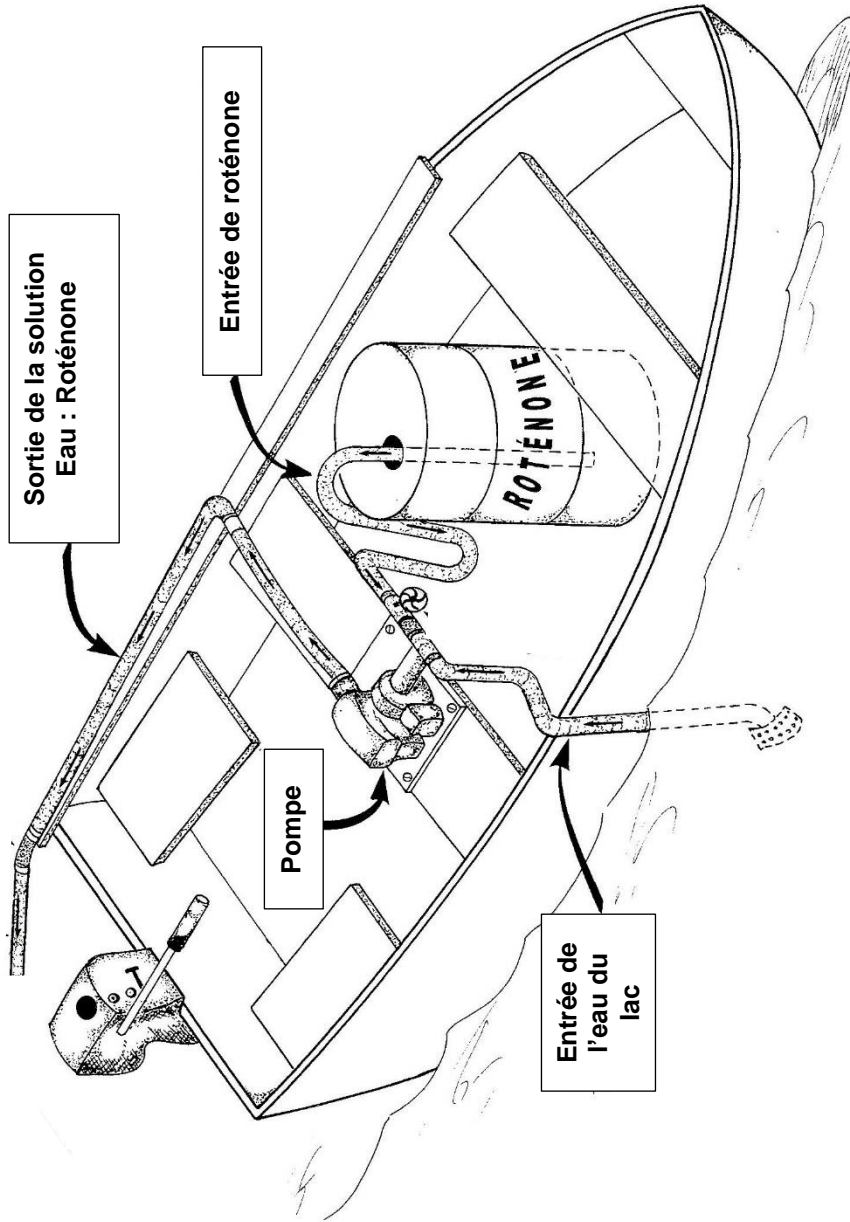


Figure 3.6. Exemple de configuration du système d'épandage de la roténone dans un lac. Le schéma ne présente pas tous les équipements nécessaires (p. ex., vannes, bouchon) (adapté de Blais et Beaulieu, 1991).



Figure 3.7. Exemple d'un dispositif de débranchement à sec.

3.10.2.1. Zone littorale

Le traitement de la zone littorale s'effectue à l'aide du système décrit précédemment. Il faut toutefois s'assurer d'utiliser une pompe à haut débit (p. ex., 500 L/min) et un tuyau, généralement de 5 cm (2 po) de diamètre, raccordé à une lance à incendie qui permet une projection efficace de la solution de roténone dans les endroits peu profonds ou plus difficiles d'accès (figure 3.8). Il est recommandé d'augmenter la dose pour cette zone (+ de 1 ppm au total pour la zone), selon la complexité de celle-ci et l'abondance de matière organique en prévoyant une quantité supplémentaire de produit ichthyotoxique. Cette quantité supplémentaire provient d'une majoration de l'évaluation des quantités requises lors de l'étude de faisabilité, qui est fonction de la concentration de roténone désirée, et majorée, s'il y a lieu, par le piscicide rendue disponible en raison de l'abaissement du niveau du lac. L'épandage est réalisé en portant une attention particulière aux zones plus difficiles à traiter et plus susceptibles d'abriter des espèces introduites (voir aussi section 3.10.4). Cette opération vise particulièrement à éloigner les poissons des arrivées d'eau fraîche et, par conséquent, à provoquer leur fuite vers le centre du lac.

Les personnes qui appliquent la roténone avec une lance à incendie l'appliquent à la surface de l'eau en manipulant la lance à incendie de manière à minimiser la formation de gouttelettes et à réduire la dérive du produit dans l'air. Un grand volume d'eau par rapport à la quantité de concentré de roténone minimise la dérive, tout comme un orifice de plus grand diamètre sur la lance à incendie. De plus, la pulvérisation dans la direction du vent dominant, la réduction de la distance de projection et la direction du jet vers la surface de l'eau sont toutes des actions qui minimisent la dérive du produit dans l'air.



Figure 3.8. Traitement de la zone littorale d'un lac (Zec Chapeau-de-Paille).

3.10.2.2. Zone profonde

Bien que les fabricants précisent que les solutions émulsifiables traversent la thermocline, il est important, lors du traitement des lacs plus profonds, d'appliquer la substance au-delà de 10 m et idéalement sous la limite inférieure de la thermocline. Cette mesure permet d'assurer la dispersion verticale complète du produit, et elle a été adoptée à la suite d'échecs obtenus lors du traitement de certains plans d'eau dont l'application de roténone en profondeur semblait avoir été insuffisante.

L'injection en profondeur est réalisée à l'aide du même équipement que pour l'épandage à la surface d'un lac, à l'exception de la sortie de la pompe qui est raccordée à un tuyau flexible, généralement de 5 cm (2 po) de diamètre, lesté de plus de 10 m de long, dont l'extrémité est constituée d'une buse ou encore d'un tuyau perforé. À l'aide d'un appareil GPS, l'embarcation se maintient au-dessus des zones profondes où elle effectue des injections ponctuelles répétées, de façon à répartir le plus uniformément possible la substance en fonction de la concentration voulue et du volume d'eau qui excède les 10 m de profondeur. Pour les plans d'eau de plus de 20 m, il est important d'injecter le produit dans toutes les strates de 10 m de profondeur, ce qui implique de prévoir un tuyau d'une longueur suffisante pour cette opération. Si possible, il faut éviter de traiter des lacs qui présentent plusieurs zones profondes ou dont

la profondeur maximale dépasse 30 m en raison de la complexité de l'opération et du risque plus élevé de ne pas atteindre l'éradication complète.

3.10.3. Traitement des cours d'eau

L'épandage de la roténone dans un cours d'eau vise évidemment l'éradication des espèces introduites qui pourraient s'y trouver, mais aussi à empêcher les poissons de s'y réfugier. Pour y arriver, deux techniques sont employées, soit l'application manuelle à l'aide d'un pulvérisateur à dos et l'injection en continu de la substance avec des réservoirs-distributeurs.

De façon générale, pour les petits cours d'eau à faible débit ou intermittents, l'épandage manuel peut suffire à atteindre les objectifs. L'application manuelle s'effectue alors **de l'aval vers l'amont**. Par contre, si le cours d'eau contient de toute évidence des espèces introduites, est doté d'habitats propices où ceux-ci pourraient se réfugier ou si le débit semble trop rapide pour que l'épandage manuel soit suffisant, il est important de recourir à une application en continu à l'aide de réservoirs-distributeurs. Ainsi, pour ces cours d'eau, les deux techniques doivent être utilisées en complémentarité. Le traitement débute alors avec la mise en place d'un réservoir-distributeur à la tête du cours d'eau. Ensuite, l'application manuelle est réalisée en partant **de l'amont vers l'aval**, et ce, afin de suivre la progression du produit qui laisse une trainée d'apparence laiteuse. Ainsi, l'applicateur peut repérer plus facilement les endroits où la solution ne se disperse pas correctement et porter une attention particulière à ces zones. Pour marquer les endroits qui ont été pulvérisés manuellement, il est possible d'utiliser un colorant (p. ex., Rhodamine WT) dans le mélange dilué de roténone ou le suivi par GPS. Si le cours d'eau mesure plus de 1 km, d'autres réservoirs-distributeurs placés entre l'embouchure et la tête du cours d'eau pourraient être nécessaires (voir section 3.10.3.2).

Une fois l'application manuelle terminée, les réservoirs-distributeurs doivent idéalement maintenir leur débit d'épandage jusqu'à 24 heures après le début du traitement. Normalement, le traitement des cours d'eau devrait avoir lieu en même temps que celui du lac. Il importe donc de prévoir suffisamment de main-d'œuvre et l'équipement nécessaire pour réaliser toutes les opérations dans les plus brefs délais. Dans le cas des petits cours d'eau qui ont été traités uniquement avec le pulvérisateur à dos, un réservoir-distributeur peut aussi être installé pendant 24 heures à l'embouchure de ces derniers pour empêcher les poissons de s'y réfugier à la suite du traitement.

Il est important de se rappeler qu'une quantité insuffisante d'agent ichtyotoxique dans les endroits difficiles d'accès peut provoquer l'échec du projet tout entier. Il faut ainsi s'assurer de traiter avec le pulvérisateur à dos et, lorsque nécessaire, avec les réservoirs-distributeurs, tous les cours d'eau qui sont reliés directement à l'émissaire du lac, en amont de l'obstacle à la montaison. L'exutoire doit aussi être traité avec le pulvérisateur à dos, entre l'obstacle à la montaison du poisson et le lac visé. De plus, il faut s'assurer de prendre, avant la période de traitement, des mesures à jour de débit, de largeur et de profondeur afin de bien adapter, s'il y a lieu, à l'aide des surplus engendrés par l'abaissement du niveau du lac, la quantité nécessaire de produit à base de roténone pour atteindre le dosage requis.

3.10.3.1. Pulvérisateur à dos

Pour procéder l'épandage dans les cours d'eau avec le pulvérisateur à dos, il est recommandé d'utiliser une solution d'agent ichtyotoxique diluée avec de l'eau à 1 ou 2 %. Le transfert de la quantité adéquate de produit concentré entre le baril (ou contenant de service) et le réservoir du pulvérisateur devrait alors être réalisé avec une pompe manuelle ou électrique dans une zone de transfert établie préalablement et en respectant les mesures de sécurité (voir section 3.6). Le réservoir est ensuite rempli d'eau jusqu'au volume désiré pour obtenir la bonne concentration de roténone. Des pulvérisateurs à dos à commande manuelle sont offerts chez différents détaillants (figure 3.9).

Le piscicide est pulvérisé sur toute la longueur des cours d'eau ainsi que dans les mares isolées résultant du démantèlement des barrages de castors ou de la baisse du niveau d'eau en parcourant le cours d'eau à gué (figure 3.10). En suivant la migration du produit grâce à son apparence laiteuse, on s'assure que celui-ci se disperse sur toute l'étendue de la nappe d'eau. Il faut alors s'assurer que tous les sites accessibles aux poissons sont traités afin d'éviter que ces derniers s'y cachent et échappent au traitement. Il faut actionner le pulvérisateur de manière à minimiser la dispersion de gouttelettes et à réduire la dérive du produit dans l'air en utilisant un orifice de grand diamètre, en réduisant la distance de projection et en dirigeant le jet vers le bas. Après l'application, l'équipement est rincé en pompant l'eau du site pendant plusieurs minutes pour rincer le mélange liquide des réservoirs et des tuyaux. L'équipement devrait être rincé trois fois avec l'eau du site.



Figure 3.9. Exemple de pulvérisateur à dos.



Figure 3.10. Traitement manuel d'un cours d'eau (Multi-Faune).

3.10.3.2. Réservoirs-distributeurs

Dès le début du traitement des cours d'eau, il est important d'y installer des réservoirs-distributeurs, plus ou moins gros selon le débit du cours d'eau, afin d'y injecter une dose de produit en continu. Cela permet d'optimiser le traitement en assurant une meilleure dispersion du produit dans le milieu tout en maintenant une concentration suffisante malgré le débit du cours d'eau (figure 3.11). Bien que des réservoirs-distributeurs soient offerts sur le marché, il est possible de les fabriquer avec différents contenants. Le réservoir est généralement en plastique ou en métal et contient de 10 à 35 L de liquide. Le système de distribution possède idéalement un réglage manuel du taux d'application et il fournit un débit régulé de roténone pour maintenir une concentration constante dans le cours d'eau. Il doit minimiser les variations de débit attribuables à la perte de pression en raison de la diminution de la quantité de produit à base de roténone dans le réservoir. Lorsqu'ils sont en fonction, les réservoirs-distributeurs doivent être vérifiés périodiquement (p. ex., intervalle de 30 minutes) pour s'assurer que le taux d'application demeure constant. Trois modèles de réservoirs-distributeurs couramment utilisés sont présentés en détail à l'annexe A du document de Finlayson et coll. publié en 2010. Ce document est disponible à l'adresse Internet suivante : www.fisheriessociety.org/rotenone/rot.pdf.



Figure 3.11. Réservoir-distributeur déversant la solution de roténone dans un cours d'eau. Bien que le produit soit répandu à la surface de l'eau sur l'image, il est préconisé de l'introduire sous la surface de l'eau (Finlayson et coll., 2010).

Comme mentionné précédemment, un ou plusieurs réservoirs-distributeurs sont installés le long des cours d'eau, selon leur longueur et leur débit. En plus d'un réservoir à sa tête, les cours d'eau devraient aussi comporter des réservoirs-distributeurs toutes les unes à deux heures de temps d'écoulement, qui correspond généralement à une distance de 1 à 3 km, selon les caractéristiques du cours d'eau. Il est possible d'évaluer le temps d'écoulement en utilisant un colorant non toxique (p. ex., Rhodamine WT). Le temps d'écoulement et le nombre de réservoirs-distributeurs par cours d'eau devraient être établis lors de l'étude de faisabilité pour bien évaluer la quantité requise de produit à base de roténone. L'épandage devrait avoir lieu en continu tout au long du traitement et idéalement maintenir le débit d'écoulement pendant 24 heures. Ce délai permettra aux poissons fréquentant le cours d'eau d'être en

contact avec la roténone pour une période de temps adéquate à l'atteinte du taux de mortalité recherché, et il empêchera les poissons vivant dans le lac de trouver refuge dans le cours d'eau.

Pour un dosage de 1 ppm, la roténone devrait être appliquée à un débit d'environ 1,8 ml d'agent ichtyotoxique non dilué par minute pour chaque volume de 30 L d'eau ($0,03 \text{ m}^3$) par seconde s'écoulant dans le cours d'eau (équation 2.5). Par exemple, si le débit est de $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ($10 \times 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$), l'application se fera à 18 ml d'agent ichtyotoxique non dilué par minute ($10 \times 1,8 \text{ ml}$).

Le débit du cours d'eau servant à ce calcul devrait être celui de l'embouchure ou celui calculé à la station située en aval, si plus d'un réservoir-distributeur est nécessaire. Pour le calcul, il est aussi important d'utiliser le débit du cours d'eau au moment du traitement. Le taux d'application peut être évalué à l'aide d'un cylindre gradué et d'un chronomètre. Il est aussi important de vérifier que le taux d'application demeure constant durant toute la durée du traitement et de l'ajuster au besoin. L'utilisation d'une pompe péristaltique peut aussi faciliter l'épandage et assurer une meilleure constance du taux d'application pour différentes gammes de débits de cours d'eau. Pour faciliter la dispersion du produit ichtyotoxique, il peut être souhaitable de diluer (1:10) ce dernier dans les réservoirs-distributeurs et d'ajuster le taux d'application en conséquence. Toutefois, pour les cours d'eau dont le débit excède $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, il est préférable d'utiliser la solution de roténone non diluée.

3.10.4. Traitement des habitats complexes

Les habitats complexes (p. ex., herbiers aquatiques, étangs abondant en végétaux, marais, zones de sources superficielles ou souterraines, baies couvertes d'un tapis de végétation flottante) constituent souvent des milieux plus difficiles à traiter et accroissent la possibilité que la roténone n'atteigne pas les concentrations létales à tous les endroits. La végétation souvent abondante dans ces habitats fait que la roténone peut être difficile à épandre homogènement et sa dispersion peut être perturbée. De plus, la densité de la végétation pourrait avoir une influence sur l'efficacité de la roténone. L'oxygène libéré par les plantes au cours du processus de photosynthèse augmenterait le taux d'oxydation de la roténone et accélérerait sa dégradation. Ces milieux constituent des refuges potentiels importants où les espèces visées par les traitements à la roténone peuvent fuir et se camoufler. Il est ainsi crucial d'y apporter une attention particulière lors des traitements.

Comme il peut y avoir différents types de milieux complexes dans un système hydrographique visé par un traitement, il importe donc de les analyser au préalable afin de déterminer une méthodologie de traitement adaptée en fonction de leurs caractéristiques. Par exemple, une baie dont la surface est abondamment couverte de végétaux pourrait être traitée en injectant en plusieurs endroits la solution de roténone sous la couche de végétation, soit avec une embarcation, si cela est possible, ou avec le pulvérisateur à dos. Aussi, les sources superficielles ou souterraines importantes peuvent être traitées en installant un réservoir-distributeur à proximité pendant 24 à 48 heures.

Comme mentionné pour la zone littorale du lac, il est recommandé d'augmenter la dose pour ces différents habitats (+ de 1 ppm au total pour la zone), selon la complexité de ceux-ci et l'abondance de matière organique en prévoyant une quantité supplémentaire de produit à base de roténone. Cette

quantité supplémentaire provient d'une majoration de l'évaluation des quantités requises lors de l'étude de faisabilité, qui est fonction de la concentration de roténone désirée et bonifiée, s'il y a lieu, par le piscicide rendu disponible en raison de l'abaissement du niveau du lac. Il peut aussi être nécessaire de traiter à deux reprises certains secteurs particulièrement complexes, et ce, en recourant à des méthodes complémentaires, si cela est indiqué.

3.11. Récupération des poissons morts

La majorité des poissons soumis à l'action de la roténone coulera au fond et seule une faible proportion flottera à la surface de l'eau pendant une courte période et pourra parfois s'échouer sur les rives (Prévost, 1960). Il s'avère donc pratiquement impossible de récupérer tous les poissons morts. Les poissons qui couleront au fond du lac se décomposeront et remettront ainsi des éléments nutritifs en circulation dans l'écosystème. Ils n'ont donc pas à être récupérés.

Si de forts vents poussent une quantité massive de poissons près du rivage et que les berges du lac sont habitées, la récupération des poissons morts devrait être envisagée à très court terme. La récupération des poissons morts répond à un souci d'esthétisme et de propreté, puisqu'elle prévient que les poissons en décomposition jonchent les berges et, par conséquent, qu'ils attirent des animaux indésirables. Cette récupération joue aussi un rôle sanitaire en empêchant les humains de consommer des poissons morts.

La quantité de poissons morts récupérés après un traitement à la roténone peut être considérable. Ceux-ci seront préférablement détruits selon les modes d'élimination prévus dans le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (R.R.Q., 1981 c. Q-2, r. 19), tel qu'il a été validé préalablement par le MELCC. Lorsque l'accès au plan d'eau traité ne permet pas de recourir à ces modalités, les poissons récupérés peuvent être déposés dans une fosse dans laquelle ils seront recouverts de chaux tous les jours de son utilisation. À la fin des travaux, la fosse doit être remplie et recouverte de terre ou de sable.

4. Étapes subséquentes au traitement

L'élimination des espèces introduites constitue l'élément clé de la restauration d'une population d'ombles de fontaine. Une fois le traitement achevé, il importe ainsi de vérifier le succès de l'éradication des espèces introduites par une pêche expérimentale. L'obstacle à la montaison du poisson doit aussi être inspecté périodiquement pour s'assurer qu'il n'est pas endommagé et qu'il est bien infranchissable dans toutes les conditions d'écoulement. Au besoin, les zones riveraines perturbées sont reboisées et la qualité de l'eau est évaluée. Par la suite, le plan d'eau est ensemencé avec de l'omble de fontaine et, une fois la population rétablie, un suivi rigoureux de son exploitation est instauré. La figure 4.1 synthétise les étapes qui suivent le traitement à la roténone. Finalement, le suivi d'un projet de restauration ne saurait être complet sans une sensibilisation du public sur les méfaits engendrés par l'introduction d'espèces compétitrices dans les plans d'eau du secteur.

4.1. Suivi de l'efficacité du traitement

La pêche de vérification, réalisée à la suite du traitement, vise à s'assurer, le plus rigoureusement possible, que le traitement a été efficace et a atteint son objectif, c'est-à-dire l'élimination des espèces introduites. Elle permet ainsi d'évaluer l'efficacité de ce type d'aménagement et aussi de préciser les raisons qui peuvent expliquer le succès ou l'insuccès d'un traitement pour éventuellement raffiner la méthodologie des traitements et la sélection des plans d'eau à traiter. Il est démontré depuis déjà plus d'un demi-siècle qu'un traitement partiel s'avère inefficace pour gérer les espèces introduites (Smith, 1950). En effet, selon Tremblay (1988), si la superficie du plan d'eau est de quelques hectares et que celui-ci offre des conditions biotiques et abiotiques non limitatives, il suffit que 10 à 20 individus de l'espèce indésirable survivent au traitement pour réunir tous les éléments favorisant un nouvel envahissement, d'où l'échec du projet de restauration. **Il est donc important de s'assurer de l'éradication complète des espèces indésirables avant d'entreprendre l'ensemencement des plans d'eau.**

Lorsque l'éradication s'avère incomplète, le promoteur doit tenter de remédier à la situation en traitant de nouveau le plan d'eau avant de procéder à son ensemencement. Autrement, la restauration de l'allopatrie ne pourra pas être atteinte et la qualité de la pêche sportive en sera altérée, et ce, variablement, selon les espèces qui auront survécu à l'intervention.

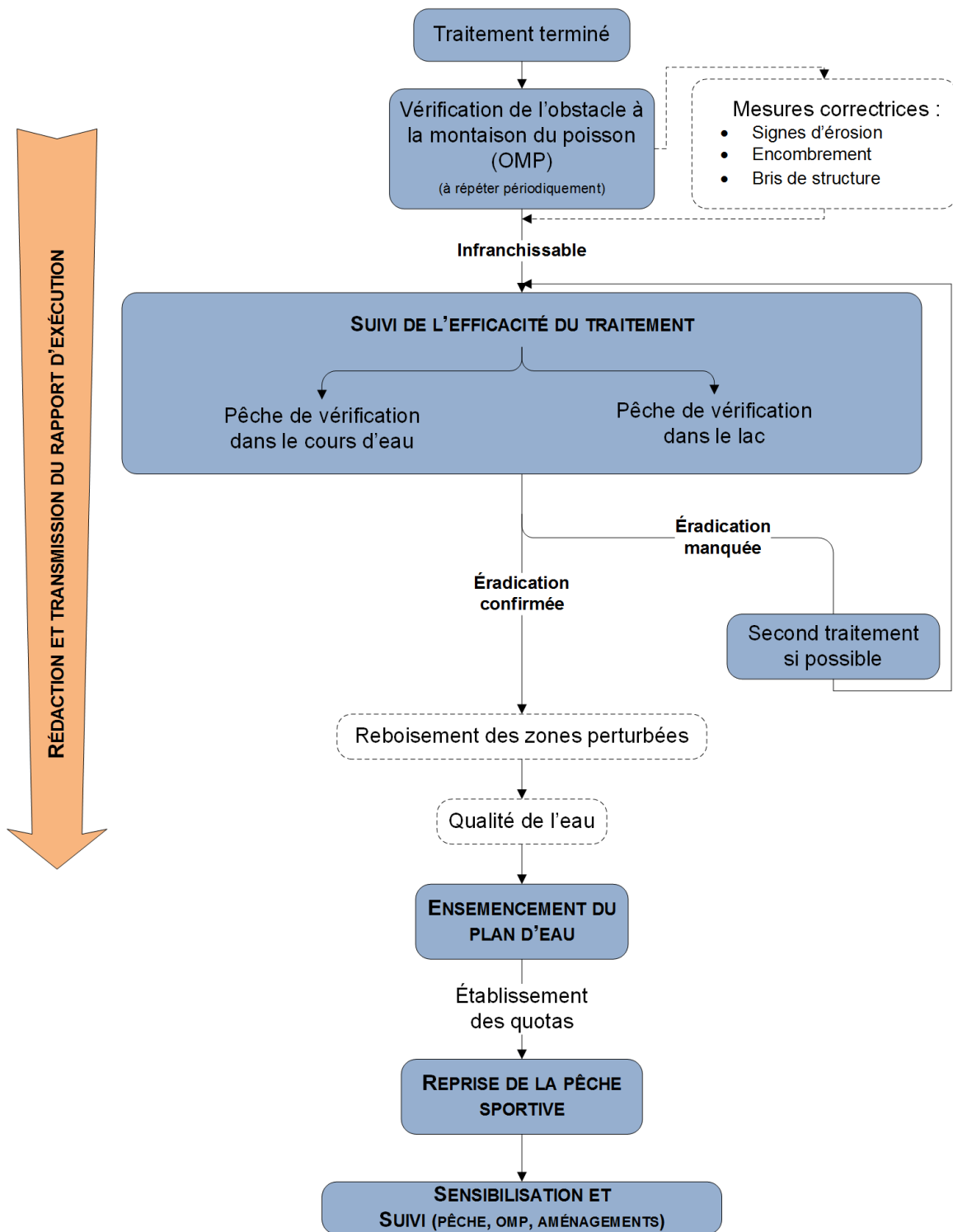


Figure 4.1. Synthèse des étapes subséquentes au traitement.

Étant donné les investissements importants qu'impliquent les projets de restauration et les efforts qui doivent être déployés pour la réalisation de ceux-ci, il est important que la pêche de vérification soit des plus efficaces et normalisée pour l'ensemble des projets. Cela permettra d'être en mesure d'évaluer au mieux, et de bonifier s'il y a lieu, l'efficacité de ce type d'aménagement selon les différents types de systèmes hydrographiques à traiter et les espèces visées. Le protocole établi consiste en une pêche dans l'ensemble des cours d'eau et des lacs traités. Les espèces, autres que les poissons, capturées et observées au cours des pêches de vérification doivent être notées afin de documenter les répercussions du traitement à la roténone sur la faune.

D'autre part, pour se soustraire à toute possibilité de conflits d'intérêts, il est important de noter que les pêches de vérification doivent être réalisées par un organisme autre que celui ayant effectué le traitement ou en présence de personnes neutres.

4.1.1. Période de vérification

Les traitements à la roténone s'effectuent à la fin de l'été ou au début de l'automne. Ainsi, la pêche de vérification dans les cours d'eau et les lacs doit avoir lieu entre la fin du printemps et le début de l'été de l'année suivant le traitement, idéalement en juin. À ce moment, la roténone a achevé son action et l'efficacité de la pêche ne risque pas d'être influencée par la température de l'eau. En effet, le métabolisme des poissons ralentit lorsque l'eau est plus froide, ce qui peut réduire leurs déplacements et, par le fait même, la probabilité d'être capturés.

4.1.2. Pêche de vérification dans un cours d'eau

Les cours d'eau peuvent être à l'origine de l'échec d'un traitement à la roténone, car ils constituent des habitats potentiels et que leurs eaux se renouvellent rapidement. Alors que les petits cours d'eau intermittents peuvent servir de refuge aux espèces introduites lors des traitements, les cours d'eau permanents offrent des habitats où les poissons peuvent trouver refuge, nourriture et aires de fraie. Il devient alors important d'utiliser une méthode appropriée de capture permettant de vérifier l'absence des espèces ciblées par le traitement dans les cours d'eau situés en amont de l'obstacle à la montaison du poisson.

4.1.2.1. Engin de pêche

Dans le cadre des pêches de vérification post-traitement dans les cours d'eau, la méthode de capture privilégiée est la pêche électrique, facilement réalisable et très efficace. Puisque l'achat d'un tel appareillage peut engendrer des dépenses importantes et que tous les promoteurs n'ont pas cet engin à leur disposition, il peut être préférable de louer une pêcheuse électrique d'entreprises spécialisées.

Essentiellement, ce type de pêche utilise l'électricité pour capturer les poissons qui se trouvent immobilisés temporairement dans le champ électrique produit par deux électrodes. L'appareil portatif de pêche à l'électricité est équipé d'une anode circulaire et d'une cathode « queue-de-rat » (figure 4.2). La conductivité de l'eau est le facteur influençant le plus l'efficacité de la pêche électrique et détermine les

réglages appropriés. Il est important de noter que tous les membres d'une équipe appelés à participer à une pêche électrique devraient, par mesure de sécurité, avoir reçu une formation au préalable. De plus, il n'est pas recommandé d'effectuer une pêche électrique lors de fortes précipitations ou peu après, de même que durant un orage. Les fortes pluies augmentent le débit et le volume de matière en suspension, ce qui peut nuire à la sécurité des opérateurs ainsi qu'à la visibilité et à la capture des poissons. Pour augmenter la visibilité des membres et faciliter le repérage des poissons, il est fortement suggéré de porter des lunettes polarisées pour éliminer les reflets.



Figure 4.2. (A) Pêche à l'aide de l'unité portable à l'électricité (MFFP). (B) Unité portable à l'électricité (tiré du site www.smith-root.com).

4.1.2.2. Procédure et effort de pêche

La pêche électrique doit être réalisée dans chaque cours d'eau traité. Aussi, l'ensemble du cours d'eau devrait être vérifié systématiquement, jusqu'à ce que l'écoulement devienne souterrain ou insuffisant pour permettre la pêche. La vérification s'effectue de l'aval vers l'amont et nécessite la participation d'au moins deux personnes. Une personne porte sur son dos l'appareil et manipule les électrodes, alors que l'autre se tient en aval avec une épuisette afin de recueillir les poissons qui seraient emportés par le courant. Avant d'entreprendre une pêche électrique dans un cours d'eau, il est important de bien ajuster la différence de potentiel de l'appareil en fonction de la conductivité de l'eau pour que celui-ci fonctionne efficacement. Veuillez contacter un biologiste du bureau régional concerné du MFFP pour obtenir de plus amples renseignements sur la procédure de pêche électrique.

4.1.3. Pêche de vérification dans un lac

4.1.3.1. Engins de pêche

La pêche de vérification requiert l'utilisation d'engins permettant la capture de l'ensemble des espèces susceptibles d'être encore dans le lac. Afin de s'assurer de couvrir toutes les tailles de poissons possibles, l'utilisation de deux types d'engins est recommandée, soit le filet normalisé pour la capture de l'omble de fontaine, permettant la capture de plus gros spécimens, et le filet à petites mailles qui vise davantage les plus petits poissons (SFA, 2011).

Le filet maillant expérimental normalisé pour la capture de l'omble de fontaine est composé de six panneaux d'ouvertures de mailles différentes, chacun mesurant 3,8 m de longueur sur 1,8 m de hauteur (tableau 4.1, figure 4.3) et disposés en séquence progressive d'ouverture de mailles. Le maillage est constitué de multifilaments de nylon vert foncé montés à 50 %³.

Le filet à petites mailles, dit « *small mesh* », est quant à lui constitué de cinq panneaux d'ouvertures de mailles différentes, chacun de 2,5 m de longueur sur 1,8 m de hauteur (tableau 4.2, figure 4.3) et dont l'ordre est déterminé de façon aléatoire et non progressive, contrairement au filet à omble de fontaine. Le maillage est constitué de monofilaments de nylon transparent montés à 50 %³.

Tableau 4.1. Caractéristiques du filet maillant expérimental recommandé par le MFFP pour la capture de l'omble de fontaine (tiré de SFA, 2011).

MAILLE ÉTIRÉE		DIAMÈTRE DU FILAMENT (calibre de fil/n ^{bre} de torons)	MODE DE LA CLASSE DE TAILLE DE POISSON SÉLECTIONNÉ
(mm)	(po)		(mm)*
25	1	210/2	125
32	1 ¼	210/2	160
38	1 ½	210/3	190
51	2	210/3	255
64	2 ½	210/6	320
76	3	210/6	380

*Selon la relation théorique de la sélectivité de la maille en fonction de la circonférence du poisson (Taille du poisson = 5 fois la maille étirée. Grant et coll., 2004; Lester et coll., 2009).

³ Le nombre de mailles par longueur de ralingue est tel que la maille montée est étirée à 50 % de son maximum d'étirement.

Tableau 4.2. Caractéristiques du filet à petites mailles normalisé pour un inventaire de la communauté ichthyologique (tiré de SFA, 2011).

MAILLE ÉTIRÉE		DIAMÈTRE DU FILAMENT (mm)	MODE DE LA CLASSE DE TAILLE DE POISSON SÉLECTIONNÉ (mm)*
(mm)	(po)		
13	1/2	0,10	65
19	3/4	0,13	95
25	1	0,13	125
32	1 1/4	0,15	160
38	1 1/2	0,15	190

*Selon la relation théorique de la sélectivité de la maille en fonction de la circonférence du poisson (Taille du poisson = 5 fois la maille étirée. Grant et coll., 2004; Lester et coll., 2009).

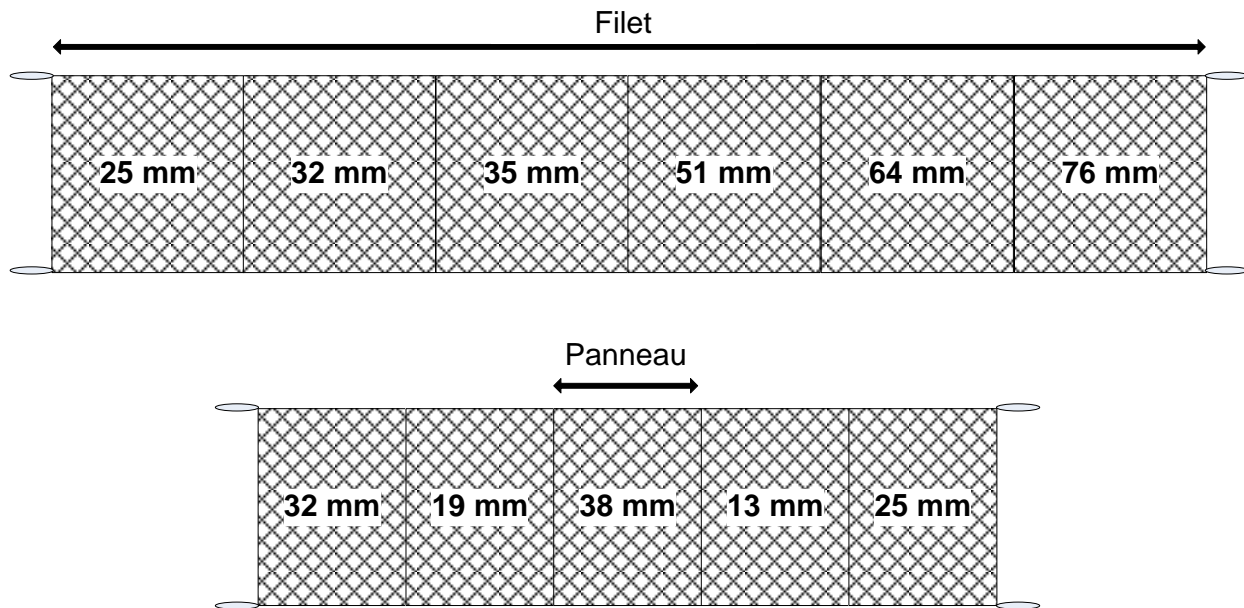


Figure 4.3. Représentation schématique d'un filet expérimental normalisé pour l'omble de fontaine (dessus) et de celui à petites mailles (dessous), de même que la terminologie utilisée. Noter que les schémas ne sont pas à l'échelle.

4.1.3.2. Effort de pêche

Les filets maillants sont habituellement mouillés en après-midi et levés le lendemain. De cette façon, l'échantillonnage couvre la période la plus propice aux captures, y compris le crépuscule et l'aube (Hubert, 1996; Lester et coll., 2009; SFA, 2011). La pêche doit comprendre au minimum la période de 18 h à 9 h le lendemain et durer de 18 à 24 heures; l'unité d'effort est donc la « nuit-filet ».

L'effort de pêche est déterminé en fonction de la superficie totale du plan d'eau (voir exemple dans le tableau 4.3). Un effort jugé réaliste et suffisant pour vérifier la réussite de l'éradication correspond à une nuit-filet/ha. La répartition des nuits-filets se fait également entre les deux types d'engins de pêche.

L'effort de pêche recommandé constitue un minimum, mais plus l'effort d'échantillonnage est important, plus grande sera la certitude que l'éradication a réussi. Il ne devrait en principe y avoir aucune capture et aucun démaillage. L'effort de pêche a donc avantage à être maximisé, si les ressources le permettent. Lorsqu'il y a plusieurs tributaires, zones d'herbiers ou autres sites où les espèces visées sont susceptibles de se trouver, il est important de bonifier l'effort de pêche afin de couvrir adéquatement ces habitats.

4.1.3.3. Strates de profondeur

L'objectif des pêches de vérification post-traitement consiste à valider l'éradication de toutes les espèces introduites. Ainsi, la pêche ne vise pas nécessairement une espèce en particulier, mais doit plutôt permettre de capturer un ensemble d'espèces indésirables qui pourraient avoir survécu au traitement. Puisque les espèces introduites peuvent occuper des habitats préférentiels distincts, l'effort de pêche doit être réparti dans toutes les strates de profondeur afin de couvrir l'ensemble des habitats potentiels.

Les strates de profondeur sont déterminées de préférence en fonction de la résolution de la carte bathymétrique qui est dressée lors de la planification du traitement. Par exemple, si l'intervalle entre les différentes isobathes est de 3 m, les strates seront de 3 m de profondeur. L'effort de pêche alloué au plan d'eau doit être réparti proportionnellement à l'importance qu'occupe la superficie de chaque strate par rapport à celle du plan d'eau (voir exemple dans le tableau 4.3). Cependant, s'il arrivait que la proportion de la superficie occupée par la strate ne permette pas d'établir un nombre entier pour le nombre total de nuits-filets, il faudrait alors arrondir ce nombre à l'entier supérieur pour cette strate. Ainsi, lors d'une pêche de vérification d'un plan d'eau de petite superficie, l'utilisation d'au moins un engin par strate de profondeur est nécessaire.

Dans l'exemple du tableau 4.3, la strate de profondeur de 0-3 m occupe 5,8 ha du lac « Fictif ». Ainsi, un effort de six nuits-filets devra être alloué à cette strate de profondeur. Comme mentionné précédemment, cet effort comprend un nombre égal de filets à omble de fontaine et de filets à petites mailles. Par contre, si le nombre de nuits-filets est impair, le nombre le plus élevé de nuits-filets est attribué au filet à omble de fontaine. Par exemple, dans le tableau 4.3, la strate de 6-9 m est de 14,5 ha, ce qui donne un effort de 15 nuits-filets au total pour cette strate de profondeur. Cet effort sera donc réparti en huit nuits-filets pour le filet à omble de fontaine et à sept nuits-filets pour l'engin à petites mailles.

Tableau 4.3. Exemple de calcul de l'effort de pêche pour un lac fictif et de la répartition des nuits-filets par strate de profondeur dans le cadre d'une pêche de vérification dans un lac.

Nom du lac :	Fictif			
Superficie du lac :	58 ha			
Effort de pêche à fournir :	58 nuits-filets (1 nuit-filet/ha)			
Résolution de la bathymétrie :	3 m			
STRATE DE PROFONDEUR (m)	SUPERFICIE DE LA STRATE (ha)	TOTAL PAR STRATE (NUIT-FILET)	TOTAL PAR ENGIN (NUIT-FILET)	
			<i>Filet à omble de fontaine</i>	<i>Filet à petites mailles</i>
0-3	5,8	6	3	3
3-6	8,7	9	5	4
6-9	14,5	15	8	7
9-12	14,5	15	8	7
12-15	8,7	9	5	4
15-18	5,8	6	3	3
TOTAL	58	60	32	28

4.1.3.4. Emplacement des stations

Le nombre de nuits-filets calculé pour chaque strate représente le nombre de stations devant être réparties uniformément afin de couvrir l'ensemble de la superficie de cette strate. Chaque station doit être positionnée de façon à respecter une distance de 50 m entre elles (SFA, 2011; annexe 7). Des outils fonctionnant avec des systèmes d'information géographique sont maintenant disponibles et permettent une répartition systématique et uniforme des stations en fonction des strates de profondeur. Vous pouvez vous renseigner auprès d'un biologiste du bureau régional concerné du MFFP afin d'obtenir de plus amples renseignements.

En bordure du plan d'eau (p. ex., strate 0-3 m), les filets devraient toutefois être installés à proximité des tributaires, des zones d'herbiers, des résurgences ou des autres milieux susceptibles d'abriter les espèces visées. D'ailleurs, puisque les habitats préférentiels varient selon l'espèce, il serait avantageux de répertorier les habitats propices des espèces visées par le traitement à la roténone avant d'entreprendre la pêche, et ce, afin de cibler plus particulièrement ces zones lors de la pêche de vérification. Enfin, les stations voisines d'une même strate doivent, lorsque cela s'applique, utiliser des filets de types différents.

Avant de mouiller un filet, il est approprié d'effectuer d'abord une reconnaissance de l'emplacement de la station à l'aide d'un échosondeur. En effet, il peut arriver qu'une station positionnée corresponde à un site trop abrupt. Si cette situation survient, la station doit être repositionnée dans la même strate. Lorsqu'un filet est installé, il faut noter son emplacement (coordonnées géographiques) ainsi que les heures de pose et de levée.

4.1.3.5. Procédure de pêche

Les deux engins sont des filets maillants benthiques, c'est-à-dire qu'ils sont installés sur le fond. Ils doivent être munis, aux deux extrémités, d'une ancre et d'une bouée, cette dernière étant fixée à l'ancre à l'aide de câblots de longueur supérieure à la profondeur à laquelle l'engin est mouillé (équivalant à 1,5 fois la profondeur) (figure 4.4a). Ce montage évite d'endommager le filet si une trop forte tension est appliquée lorsqu'il est hissé à bord de l'embarcation. Les filets sont mouillés perpendiculairement ou obliquement à la rive, mais jamais parallèlement. D'une station à la suivante, le panneau installé près de la rive alterne entre la plus petite maille (25 mm) et la plus grande (76 mm) pour le filet à omble de fontaine. Pour le filet à petites mailles, le maillage du panneau de la rive est, une fois sur deux, celui de 32 mm.

Lorsqu'un filet doit être installé à une profondeur inférieure à 1,5 m, l'extrémité émergente doit être fixée à une tige rigide pour faire en sorte que le filet est complètement déployé verticalement (figure 4.4b). Cependant, s'il est impossible d'enfoncer la tige dans le substrat, il est recommandé de repositionner la station en s'éloignant de la rive, en maintenant le filet perpendiculaire à celle-ci, jusqu'à ce qu'au moins 75 % de ce dernier soit immergé.

Pour certains habitats compliquant la pêche aux filets maillants, tels les herbiers ou les baies tapissées de végétation flottante, il incombe au promoteur de choisir judicieusement les équipements de pêche permettant de mieux sonder ces milieux. Ainsi, différents engins de pêche (p. ex., filet à cyprins, verveux, bourrole, senne, pêche à l'électricité), dont certains sont présentés dans la figure 4.5, peuvent être utilisés de concert afin de valider le succès du traitement.

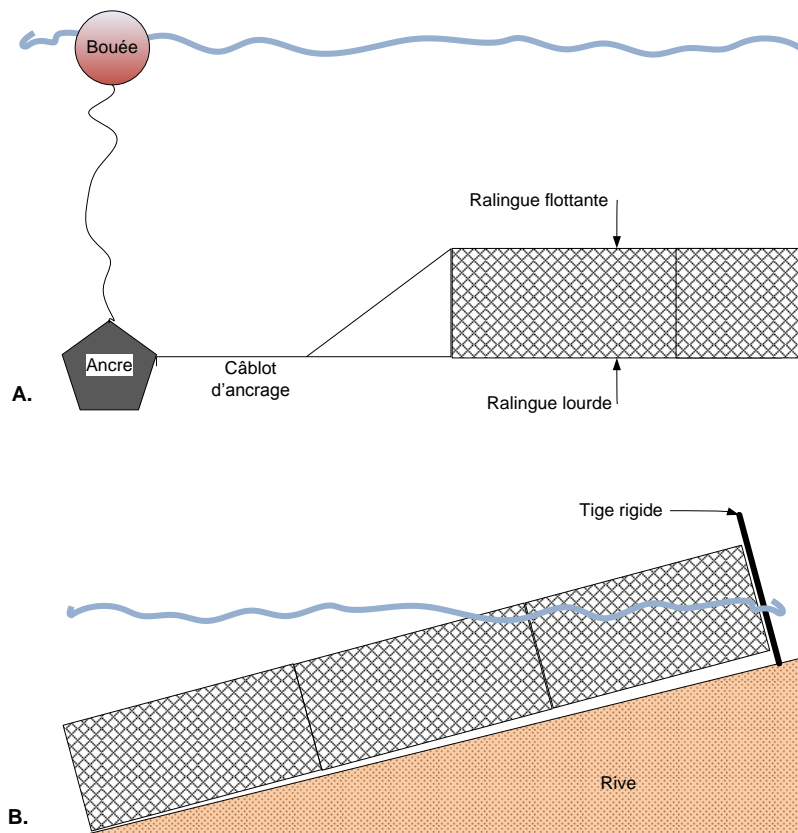


Figure 4.4. (A) Représentation schématique d'un filet maillant mouillé en profondeur et (B) avec une partie émergente.

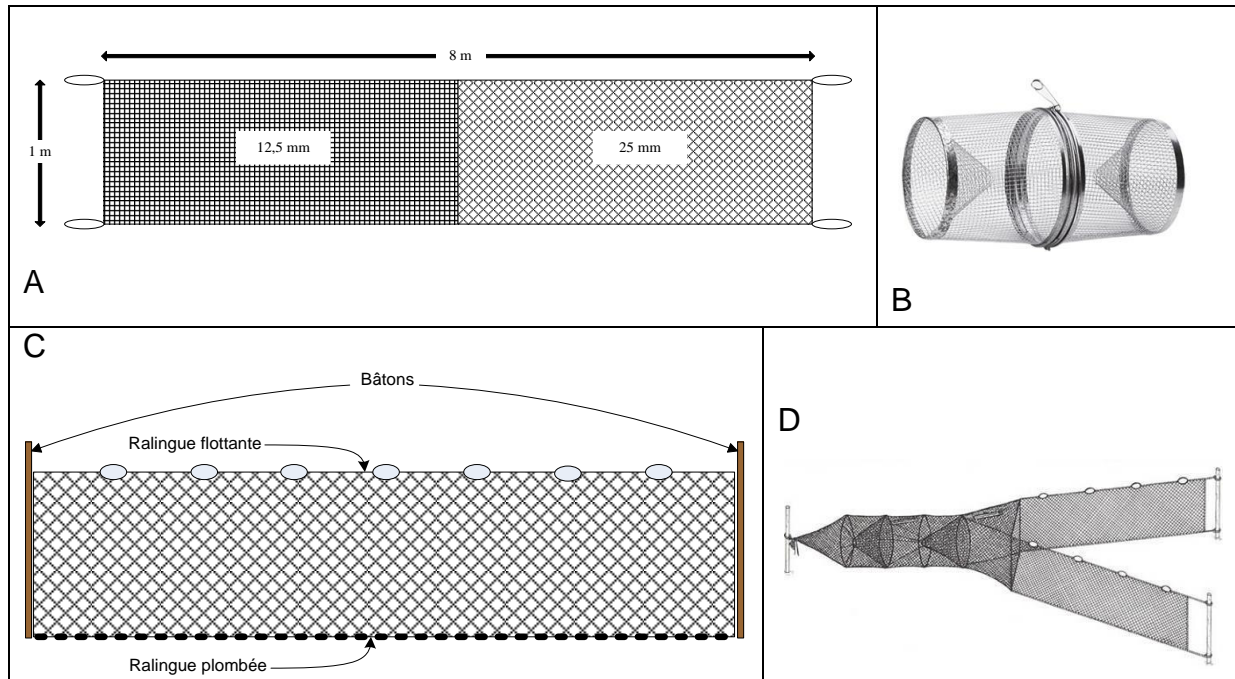


Figure 4.5. (A) Filet à cyprins; (B) Bourrole; (C) Senne à bâtons; et (D) Verveux (tiré du site www.fipec.qc.ca).

4.1.4. Traitement des captures et des observations

Les pêches de vérification visent non seulement à valider le succès du traitement, mais aussi à établir les facteurs ayant compromis l'éradication complète. Il importe donc de recueillir les caractéristiques biologiques et la localisation des individus capturés afin d'être en mesure d'établir ce qui a contribué à la résistance de ces spécimens. Ces données pourront ensuite aider à mieux comprendre les faiblesses de la procédure et à améliorer la technique lors des prochaines restaurations à la roténone. Ainsi, lorsque des poissons sont capturés au cours d'une pêche de vérification post-traitement, ceux-ci doivent être identifiés par leur nom scientifique, tel qu'il est inscrit sur la Liste de la faune vertébrée du Québec (MRNF, 2009⁴). Un code de quatre lettres, généralement constitué par les deux premières lettres du genre et de l'espèce, est utilisé, par exemple :

NOM FRANÇAIS	NOM SCIENTIFIQUE	CODE
Meunier noir	<i>Catostomus commersonii</i>	CACO
Ombles de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	SAFO

Dans l'incertitude, une photographie ou, idéalement, la conservation du spécimen dans l'éthanol à 95 % pour une analyse spécialisée permettra l'identification ultérieure de l'espèce. Tous les spécimens doivent être mesurés et pesés. La longueur totale (LT, en millimètres) est mesurée de l'extrémité du museau jusqu'à l'extrémité de la nageoire caudale (figure 4.6). L'emplacement des captures doit aussi être géoréférencé à l'aide d'un GPS, et les coordonnées doivent être saisies en degrés décimaux.

⁴ <http://www3.mrnf.gouv.qc.ca/faune/vertebree/>

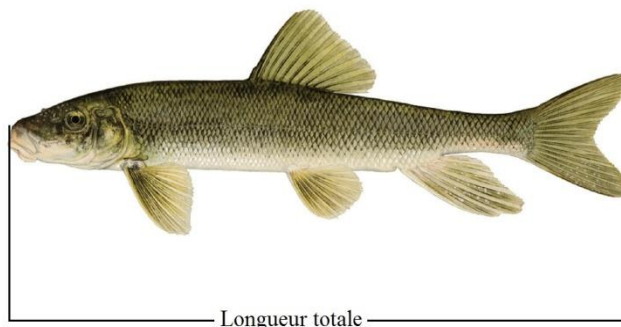


Figure 4.6. Mesure de la longueur totale d'un poisson, exprimée en millimètres.

Puisque la restauration à la roténone vise l'éradication de toutes les espèces introduites dans un plan d'eau et ses cours d'eau associés, toutes les captures, à l'exception des ombles de fontaine, devront être sacrifiées, puis enfouies loin de toute source d'eau. L'euthanasie devrait se faire selon la méthode la plus efficace. La mort devrait être causée le plus rapidement et en entraînant le moins de souffrance possible, préférablement par un coup mortel porté à la tête, suivi d'une dislocation cervicale ou décérébration. Cependant, lorsque l'espèce possède une boîte crânienne plus rigide ou que le spécimen est de taille plus imposante, pouvant faire qu'il est difficile de porter un coup fatal à la tête, une surdose d'anesthésiant peut être une méthode acceptable, si elle est aussi suivie d'une décérébration.

Enfin, il est recommandé de noter toutes les espèces animales, autres que les poissons, capturés ou observés tout au long des pêches de vérification. Ces données continueront d'alimenter les connaissances sur les effets du traitement sur les espèces non ciblées.

4.2. Vérification et entretien de l'obstacle à la montaison du poisson

Peu importe le type d'ouvrage choisi, il importe de vérifier périodiquement l'état de l'obstacle à la montaison du poisson, particulièrement au printemps (fonte des neiges et crue printanière) et après les épisodes de pluies abondantes, afin de vérifier les éléments suivants :

- l'indice d'érosion;
- l'obstruction de l'écoulement du cours d'eau;
- l'intégrité des structures.

Ce suivi est essentiel afin d'assurer le rôle constant de l'obstacle, soit d'empêcher la remontée d'espèces indésirables dans les plans d'eau traités et d'éviter ainsi que la restauration et la mise en valeur de l'omble de fontaine ne soient compromises. Des actions correctrices préventives peuvent alors être entreprises au moment opportun afin d'assurer la réussite du projet à long terme et un rendement optimal.

4.3. Reboisement des zones perturbées

Les travaux résultant de l'opération d'épandage de la roténone ou des aménagements connexes peuvent nécessiter, dans certains cas, le déboisement d'une partie de la zone riveraine. La superficie touchée doit être reboisée après le traitement, selon les exigences fixées par le MFFP lors de la délivrance du permis de coupe.

4.4. Qualité de l'eau

La lumière, la température relativement élevée de l'eau et l'activité photosynthétique des plantes aquatiques sont autant de facteurs qui accélèrent la dégradation naturelle de la roténone. Le phénomène de dilution du produit et le renouvellement de l'eau lors du remplissage du lac contribuent également à la détoxification de l'eau (Blais, 1989). En contrepartie, le pH généralement acide des lacs traités favorise la persistance de la roténone dans l'eau (Tomlin, 1997).

En général, les fabricants des concentrés émulsifiables homologués au Canada considèrent que les produits deviennent inactifs après une à cinq semaines, selon les caractéristiques du milieu. Pour cette raison, il est recommandé d'attendre au moins cinq semaines avant tout ensemencement. Il ne fait donc aucun doute que l'intervalle de temps écoulé entre un traitement effectué à la fin de l'été ou au début de l'automne et un ensemencement printanier ou automnal l'année suivante est suffisamment long pour permettre la neutralisation totale de la toxicité du produit dans le plan d'eau. De ce fait, il n'apparaît plus nécessaire aujourd'hui d'effectuer des tests de toxicité de l'eau après une telle période de temps (Blais, 1988a).

Toutefois, si un doute subsiste quant à la qualité de l'eau, la méthodologie à suivre consiste à placer des individus de l'espèce d'intérêt, soit des ombles de fontaine, dans des cages que l'on submerge à différentes profondeurs pendant 24 heures. Si aucun poisson ne meurt et que leur comportement semble normal, l'ensemencement peut être effectué sans danger (Blais et coll., 1985).

4.5. Repeuplement du plan d'eau

À la suite d'une restauration à la roténone, le repeuplement d'un lac vise à rétablir une population qui ressemble le plus possible à celle qui l'occupait avant l'introduction des espèces indésirables. Cet ensemencement de réintroduction a donc pour objectif d'établir une population autoperpétuatrice, c'est-à-dire qui persistera en fonction de la production naturelle du plan d'eau. En plus de rétablir la biodiversité d'origine, cette réintroduction permettra d'augmenter le rendement de pêche et d'engendrer des retombées socioéconomiques importantes. Nous invitons le lecteur à consulter l'*Outil d'aide à l'ensemencement des plans d'eau : omble de fontaine (Salvelinus fontinalis)* (MDDEFP, 2013) pour obtenir de l'information complémentaire à celle présentée dans ce guide. De plus, il est important de planifier les détails de l'ensemencement avant de réaliser le traitement à la roténone, tel que l'indique le tableau 1.2.

Au Québec, la production piscicole et l'ensemencement sont encadrés par des lignes directrices gouvernementales (MRNF, 2008). Ainsi, dans le cas desensemencements de réintroduction, les lignées indigènes ou F1 doivent être préférablement utilisées, puisque les restaurations visent la conservation. Il est donc crucial de tenir compte de l'origine génétique des stocks qui seront introduits. À cet effet, il est recommandé de se référer au biologiste régional concerné afin d'obtenir de plus amples renseignements sur le cadre de gestion des introductions d'omble de fontaine et sur les lignées ainsi que les souches à privilégier.

Dans le cas de l'omble de fontaine, lorsque la compétition est nulle ou très faible, l'ensemencement peut se faire au stade de l'œuf, de l'alevin ou du fretin. Cependant, l'utilisation des œufs nécessite des habitats d'alevinage de qualité, et ce, en nombre suffisant et à proximité des sites où seront enfouis les œufs. Des alevins peuvent également être déversés dès le printemps suivant le traitement à la roténone. Ces choix sont priorités, étant plus économiques qu'un ensemencement effectué avec des stades de développement plus avancés. Toutefois, il peut être avantageux également d'utiliser des poissons ayant atteint le stade « fretin d'automne ». Le taux de mortalité plus faible chez les individus de ce stade de vie nécessite une moins grande quantité d'œufs de F1 pour respecter les quantités nécessaires au repeuplement, en plus de permettre à la chaîne alimentaire de se remettre plus facilement du bouleversement occasionné par l'épandage de roténone.

La densité recommandée pour chaque hectare d'habitat favorable (profondeur de 0 à 10 m) pour l'omble de fontaine, est de 3 000 œufs/ha, 1 500 alevins/ha ou 300 fretins/ha dans un plan d'eau où la compétition varie de nul à faible, comme dans ceux restaurés à la roténone. Par contre, il est recommandé de ne pas excéder 75 000 alevins ou 15 000 fretins par ensemencement (MEF, 1993).

Pour assurer un plus grand succès d'ensemencement avec l'omble de fontaine, la température de l'eau devrait être idéalement d'environ 18 °C (Kerr, 2000). De plus, la température de l'eau du bassin de transport devrait être maintenue en deçà de 2 °C d'écart avec celle du plan d'eau visé pour l'ensemencement. La technique d'introduction consiste à disperser les poissons au-dessus des zones d'habitats favorables du plan d'eau.

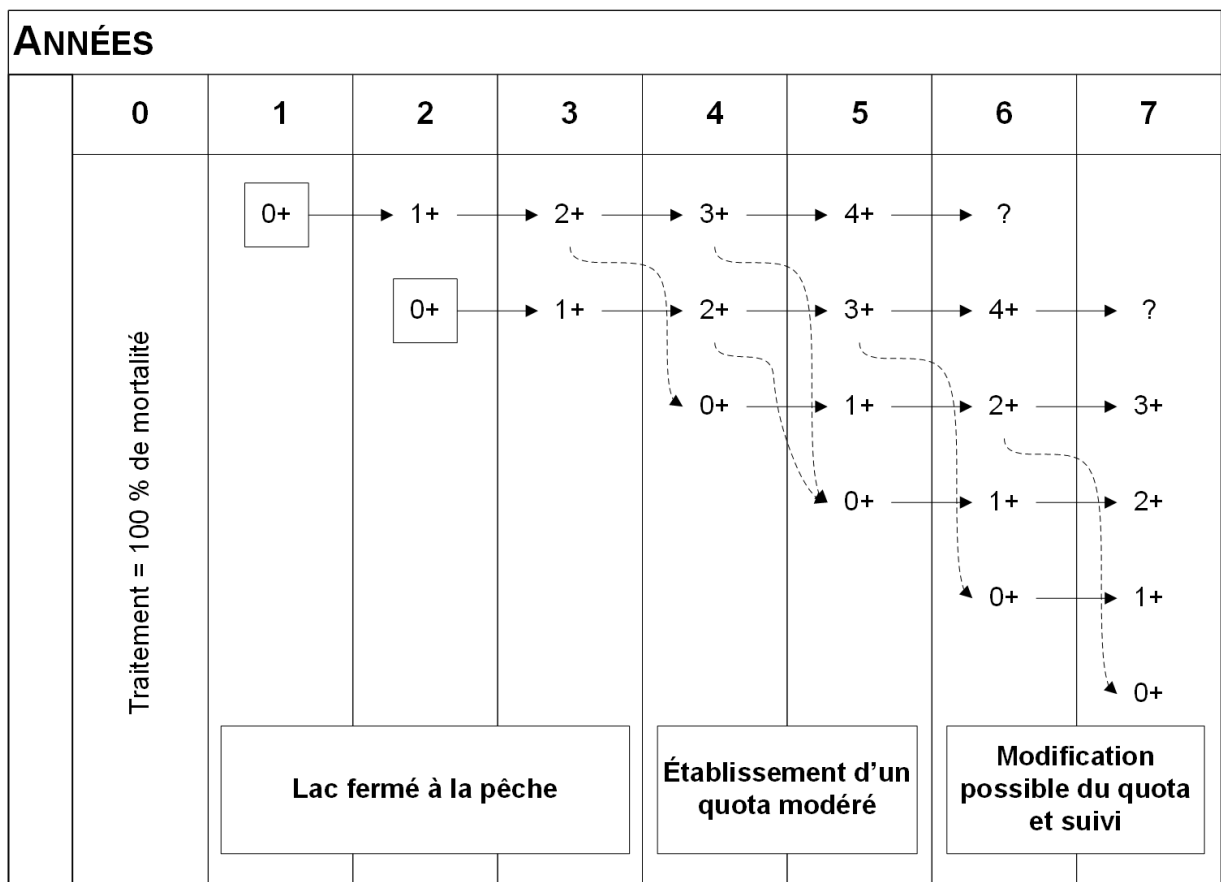
4.6. Reprise de la pêche sportive

Il est important que le promoteur d'un projet de restauration veille à interdire l'exploitation du plan d'eau au cours des deux années suivant la première introduction de poissons, et ce, afin d'assurer le rétablissement de la population. De plus, l'ouverture de la pêche devra se réaliser suivant des modalités de pêche prudentes. Des mesures de poids et de longueur devront être effectuées pour suivre la croissance des poissons. Préalablement à toute forme de mise en valeur, la croissance des poissons introduits doit être vérifiée de 2 à 3 ans suivant l'ensemencement. Si le rendement de croissance se révèle viable, le plan d'eau pourra être ouvert à la pêche sportive. Un scénario de réintroduction d'une population indigène d'ombles de fontaine est présenté dans le tableau 4.4. Le modèle suggéré ne s'applique pas à tous les plans d'eau restaurés, puisque chaque projet constitue un cas particulier dont l'approche de gestion doit être adaptée en fonction des caractéristiques propres au plan d'eau. Le

biologiste régional du MFFP possède l'expertise nécessaire pour juger et aviser du moment opportun à la réouverture du lac en vue d'une exploitation sportive.

Un contingent de captures devra être fixé afin d'assurer le rétablissement graduel de la population du lac et d'éviter la surexploitation. Tel que le démontre le tableau 4.4, ce contingent devra être modéré durant les premières années, puisque la structure de la population ne sera alors que partiellement rétablie. Comme on l'a souligné précédemment, il est recommandé de consulter le biologiste régional du MFFP afin d'utiliser la méthode d'évaluation du potentiel halieutique la mieux adaptée au plan d'eau. Les modalités de pêche pourront par la suite être révisées à la hausse lorsqu'on aura déterminé avec certitude que la population a atteint son plein potentiel, ce qui devrait survenir au plus tôt six ou sept ans après le traitement à la roténone.

Tableau 4.4. Scénario de réintroduction d'une population d'ombles de fontaine. Il est à noter que la maturité sexuelle des femelles (F1 ou F2) est établie à 2 ans.



0+ : Poissons introduits

Un suivi étroit de l'exploitation, s'échelonnant sur plusieurs années après l'ensemencement, permettra de s'assurer que l'espèce est bien établie. Le respect des modalités de pêche conditionnera le rendement du projet de restauration et exigera la collaboration de tous les intervenants. Les pêcheurs devront être informés de l'obligation de respecter les limites de captures établies, et y être sensibilisés.

De plus, s'il y a lieu, des visites sur le terrain, par les responsables du territoire faunique, pourront être effectuées afin de vérifier visuellement s'il y a des alevins au printemps ou des adultes à l'automne sur les frayères naturelles ou artificielles aménagées. De cette façon, la reproduction et l'efficacité des aménagements effectués quant aux frayères pourront être évaluées qualitativement.

Une fois le processus de rétablissement amorcé, des recommandations particulières devront être formulées afin d'assurer un suivi adéquat de la mise en valeur et d'améliorer, au besoin, la conception des aménagements. Le maintien de la qualité de la pêche à partir de la cinquième ou de la sixième saison sera un bon indicateur du succès de l'opération. Dès lors, il sera possible de s'attendre à un recrutement annuel de juvéniles issus de la reproduction naturelle des géniteurs qui peuplent le plan d'eau.

4.7. Rapport d'exécution

Aussitôt les opérations de restauration terminées, il est important d'entreprendre la rédaction d'un rapport regroupant l'ensemble des données recueillies tout au long de la réalisation des travaux. Ce document devrait contenir, entre autres :

- l'identification du projet;
- les caractéristiques des lacs et des cours d'eau traités (superficie, volume, profondeur);
- les cartes bathymétriques;
- un plan du traitement incluant les détails concernant le produit, la quantité par zone et la date du traitement;
- une description de l'obstacle à la montaison du poisson avec photographies;
- une description de l'effort de pêche et les résultats de la pêche de vérification post-traitement :
 - carte bathymétrique indiquant les stations de pêche,
 - dénombrement par espèce,
 - longueur totale par spécimen;
- un calendrier comprenant la période de réalisation pour chaque étape;
- s'il y a lieu, l'information quant aux sites de fraie et aux autres aménagements réalisés.

En plus de préciser les éléments qui n'ont pu être décrits lors de la demande d'autorisation, ce rapport doit faire état des difficultés rencontrées et des mesures prises pour y remédier. Il doit aussi inclure un compte rendu des activités de surveillance et de suivi réalisées, de même qu'une évaluation de l'efficacité du traitement effectué. Un exemple de table des matières est présenté à l'annexe 2.

Ce rapport doit être transmis aux différents partenaires financiers du projet et aux bureaux régionaux concernés du MFFP et du MELCC.

4.8. Sensibilisation des pêcheurs

Au Québec, la principale cause d'introductions d'espèces indésirables dans les lacs à omble de fontaine demeure l'utilisation de poissons-appâts vivants par les pêcheurs sportifs. Depuis le 1^{er} avril 2017, l'utilisation et la possession de poissons-appâts vivants sont désormais interdites sur le territoire québécois. Cependant, même avec cette réglementation, on n'insistera jamais trop sur l'importance de sensibiliser les pêcheurs aux méfaits de telles introductions sur les espèces indigènes. Un projet de restauration d'une population d'ombles de fontaine à l'aide de la roténone est une bonne occasion de sensibiliser les utilisateurs.

Une campagne visant à informer les pêcheurs des investissements et des travaux déployés afin de restaurer l'allopatricité et d'améliorer la qualité de la pêche sportive sur le territoire peut débuter dès le poste d'accueil par la distribution de dépliants explicatifs ou d'affiches, et se poursuivre jusqu'en bordure du plan d'eau où des pancartes peuvent être installées. Les promoteurs de projets peuvent aussi publier certains renseignements sur leur site Internet. La parution d'articles dans les revues de pêche et la diffusion de reportages dans les différents médias peuvent aussi se révéler des moyens intéressants et efficaces pour véhiculer ces renseignements à plus grande échelle. Ces actions, en plus de publiciser les initiatives des gestionnaires de territoires fauniques, sensibilisent les pêcheurs à des pratiques plus respectueuses de la faune et de la satisfaction des utilisateurs.

Références

- ALDRIDGE, W. N. (1990). "An assessment of the toxicological properties of pyrethroids and their neurotoxicity", *Toxicology*, vol. 21(2): 89-104.
- ALMQUIST, E. (1959). "Observations on the effect of rotenone emulsives on fish food organisms", *Institute of Freshwater Research Drottingholm*, 40: 146-160.
- AMERICAN FISHERIES SOCIETY (2010). *Maintaining North America's healthy native aquatic ecosystems: rotenone's role in eradicating invasive fishes, parasites and diseases*, Fish Management Chemicals Subcommittee [<http://www.fisheriessociety.org/rotenone/>].
- ANDERSON, R. S. (1970). "Effects of rotenone on zooplankton communities and a study of their recovery patterns in two mountain lakes in Alberta", *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 27(8): 1335-1356.
- AUGUSTUN-BECKERS, P. W. M., A. G. HORNSBY et R. D. WAUCHOPE (1994). "Pesticide properties database for environmental decision making II. Additional compounds", *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 137: 1-82.
- BALL, R. C. (1948). "A summary of experiments in Michigan lakes on the elimination of fish populations with rotenone, 1934-1942", *Transactions of the American Fisheries Society*, 75(1): 139-146.
- BERGERON, B., G. HAMEL et Y. TURGEON (1982). *Faune aquatique : le contrôle des populations*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Service de la faune aquatique, Québec, Forma-Faune II. 7 p.
- BÉRUBÉ, P. et J. DUPONT (1994). *Utilisation d'un nomogramme de classification des lacs comme outil de gestion des plans d'eau acidifiés*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 9 p.
- BILLMAN, H. G., S. ST-HILAIRE, C. G. KRUSE, T. S. PETERSON et C. R. PETERSON (2011). "Toxicity of the piscicide rotenone to Columbia spotted frog and boreal toad tadpoles", *Transactions of the American Fisheries Society*, 140: 919-927.
- BIRON, P. M. (2017). *La restauration de l'habitat du poisson en rivière : une recension des écrits*, rapport scientifique présenté à la Fondation de la Faune du Québec, 70 p.
- BLAIS, J.-P. (1988a). *Restauration d'une population naturelle d'omble de fontaine au lac Clabo, zec de la Maison-de-Pierre*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionale de Montréal, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Saint-Faustin, 100 p.
- BLAIS, J.-P. (1988b). *Restauration d'une population naturelle d'omble de fontaine au lac Trego, zec de la Maison-de-Pierre*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionale de Montréal, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la Faune, Saint-Faustin, 71 p.
- BLAIS, J.-P. (1989). *Restauration d'une population naturelle d'omble de fontaine aux lacs Ambo et Como, zec de la Maison-de-Pierre*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionale de Montréal, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Saint-Faustin, 75 p.
- BLAIS, J.-P. et G. BEAULIEU (1991). *Restauration d'une population d'omble de fontaine au lac Dufrost, zec de la Maison-de-Pierre après traitement à la rotenone*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionale de Montréal, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Saint-Faustin, 75 p.

Québec, Direction régionale de Montréal, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Saint-Faustin, Rapport de travaux 06-14, 66 p.

- BLAIS, J.-P. et G. BEAULIEU (1992). *La rotenone comme outil pour la restauration des populations d'omble de fontaine (Salvelinus fontinalis) : revue de littérature et exemple d'application pour le Québec*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction régionale de Montréal, Direction de la gestion des espèces et des habitats, 290 p.
- BLAIS, J.-P., M. FOREST et R. LAPORTE (1985). *Restauration d'une population naturelle d'omble de fontaine au lac Trap, parc du Mont-Tremblant*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionale de Montréal, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Saint-Faustin, 61 p.
- BLAIS, J.-P., M. FOREST et R. LAPORTE (1987). *Restauration d'une population naturelle d'omble de fontaine dans les lacs Colombon, Fernand et Prunier, réserve faunique Rouge-Matawin*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionale de Montréal, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Saint-Faustin, 63 p.
- BONN, E. W. et L. R. HOLBERT (1961). "Some effects of rotenone products on municipal water supplies", *Transactions of the American Fisheries Society*, 90(3): 287-297.
- BRADBURY, A. (1986). *Rotenone and trout stocking, a literature review with special reference to Washington*, Department of Game's Lake Rehabilitation Program, Washington Department of Game, Fisheries Management Report 86-2, 181 p.
- BRADBURY, S. P. et J. R. COATS (1989). "Toxicokinetics and toxicodynamics of pyrethroid insecticides in fish", *Environmental Toxicology Chemistry*, 8(5): 373-380.
- BRITTON, J. R. et M. BRAZIER (2006). "Eradicating the invasive topmouth gudgeon, *Pseudorasbora parva*, from a recreational fishery in Northern England", *Fisheries Management and Ecology*, 13, 329-335.
- BROOKS, I. C. et R. W. PRICE (1961). "Studies on the chronic toxicity of Pro-Noxfish, a proprietary synergized rotenone fish-toxicant", *Toxicology and Applied Pharmacology*, 3: 49-56.
- BUJOLD, J. N., M. LEMIEUX, M. ARVISAIS et A. MASSÉ (2013). *Bilan des projets de restauration à la rotenone de populations allopatriques d'omble de fontaine au Québec — Version synthèse*, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats, Direction de la faune aquatique, Québec, 15 p.
- BURRESS, R. M. (1982). *Effects of synergized rotenone on nontarget organisms in ponds*, U.S. Fish and Wildlife Service, Federal Government Series: Investigations in Fish Control 91, 7 p.
- CALIFORNIA DEPARTMENT OF FISH AND GAME (2006). *Results of a monitoring study of the littoral and planktonic assemblages of aquatic invertebrates in Lake Davis, Plumas County, California, following a rotenone treatment*, Aquatic Bioassessment Laboratory, Rancho Cordova.
- CHANDLER, J. H. (1982). "Toxicity of rotenone to selected aquatic invertebrates and frog larvae", *The Progressive Fish Culturist*, 44: 78-80.
- CHENG, H.-M., I. YAMAMOTO et J. E. CASIDA (1972). "Rotenone Photodecomposition", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20(4): 850-856.
- CUSHING, C. E. et J. R. OLIVE (1957). "Effects of toxaphene and rotenone upon the macroscopic bottom fauna of two northern Colorado reservoirs", *Transactions of the American Fisheries Society*, 86: 294-301.
- DABNEY, B. J. (1998). *Reprotext® Database*, Micromedex, Inc., Englewood, Colorado, 621 p.

- DAWSON, V. K., W. H. GINGERINCH, R. A. DAVIS et P. A. GILDERHUS (1991). "Rotenone persistence in freshwater ponds: effects of temperature and sediment absorption", *North American Journal of Fisheries Management*, 11(2): 226-231.
- DEMERS, A. et M. ARVISAIS (2011). *Guide de normalisation des inventaires bathymétriques*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Service de la faune aquatique, Québec, 32 p.
- ENGSTROM-HEG, R., R. T. COLESANTE et E. SILCO (1978). "Rotenone tolerances of stream-bottom insects", *New York Fish and Game Journal*, 25(1): 31-41.
- FAUNE ET PARCS QUÉBEC (1999). *Guide d'utilisation de la rotenone pour le rétablissement d'une population de poisson*, Direction de la faune et des habitats, 111 p.
- FAJT, J. R. et J. M. GRIZZLE (1998). "Blood respiratory changes in common carp exposed to a lethal concentration of rotenone", *Transactions of the American Fisheries Society*, 127: 512-516.
- FANG, N. et J. E. CASIDA (1999). "Cubé Resin Insecticide: Identification and Biological Activity of 29 Rotenoid Constituents", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5): 2130-2136
- FINLAYSON, B., R. SCHNICK, D. SKAAR, J. ANDERSON, L. DEMONG, D. DUFFIELD, W. HORTON, J. STEINKJER et C. VANMAAREN (2012). "Rotenone Use in Fish Management and Parkinson's Disease: Another Look", *Fisheries*, 37(10): 471-474.
- FINLAYSON, B., R. SCHNICK, D. SKAAR, J. ANDERSON, L. DEMONG, D. DUFFIELD, W. HORTON, et J. STEINKJER (2010). *Planning and standard operating procedures for the use of rotenone in fish management—rotenone SOP Manual*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- FINLAYSON, B., W. L. SOMER et Mark R. VINSON (2009). "Rotenone Toxicity to Rainbow Trout and Several Mountain Stream Insects", *North American Journal of Fisheries Management*, 30: 102-111.
- FINLAYSON, B. J., R. SCHNICK, R. CAILTEUX, L. DEMONG, W. HORTON, W. MCCLAY, C. THOMPSON, et G. TICHACEKL (2000). *Rotenone use in fisheries management: administrative and technical guidelines*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- FLEURY, M. ET D. BOULA (2012). *Recommandations pour la planification et la conception d'aménagements d'habitats pour l'omble de fontaine (Salvelinus fontinalis)*, rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3008 : vi + 33 p.
- FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC et MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (1996). *Habitat du poisson. Guide de planification, de réalisation et d'évaluation d'aménagement*, Québec, 133 p.
- GRISAK, G. G., M. E. SCHNEE, G. L. MICHAEL, D. R. SKAAR (2007). "Toxicity of fintrol (antimycin) and prenfish (rotenone) to slimy sculpin", *Intermountain Journal of Sciences*, 13: 9-12.
- Hamilton, H. L. (1941). "The biological action on freshwater animals", *Proceedings of the Iowa Academy of Science*, 48: 467-479.
- HANSON, M. A. et M. G. BUTLER (1994). "Responses of plankton turbidity and macrophytes to biomanipulation in a shallow prairie lake", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51: 1180-1188.
- HAYA, K. (1989). "Toxicity of pyrethroid insecticides to fish", *Environmental Toxicology Chemistry*, 8: 381-391.
- HAYES, W. J., jr. (1982). *Pesticides studied in man*, Williams and Wilkins, Baltimore, London, 72 p.

- HAYES, W. J., jr. et E. R. LAWS, jr. (1991). *Handbook of Pesticide Toxicology. Volume 2. Classes of Pesticides*, New-York, NY, Academic Press, Inc., 1166 p.
- HOCKIN, D. C., K. O'HARA, D. CRAGG-HINE et J. W. EATON (1985). "Fish population estimation: the use of rotenone to evaluate the reliability of a removal technique", *Aquaculture and Fisheries Management*, 16: 349-357.
- HORGAN, D. J., T. P. SINGER et J. E. CASIDA (1968). "Studies on the respiratory chain-linked reduced nicotinamide adenine dinucleotide dehydrogenase. XIII. Binding sites of rotenone, Piricidin A and amytal in the respiratory Chain", *The Journal of Biological Chemistry*, 243(4): 834-843.
- HOUF, L. J. et R. S. CAMPBELL (1977). *Effects of antimycin A and rotenone on macrobenthos in ponds*, U.S. Fish Wildlife Service, Investigations in Fish Control no. 80, 29 p.
- HUBERT, W. A. (1996). "Passive capture techniques", p. 157-192 in Murphy, B. R. and D. W. Willis, editors, *Fisheries techniques*, 2nd edition, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- IRIS (Integrated Risk Information System) (1998). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (CD-ROM version), Micromedex, Inc., Englewood, Colorado.
- JOHNSON, W. W. et M. T. FINLEY (1980). *Handbook of acute toxicity of chemicals to fish and aquatic invertebrates*, Resource Publication 137, U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC, 551 p.
- JOHNSON, K. M. (1988). *Rotenone treatment of Jim Bridger surge pond*, Wyoming Game Fish Department, Fisheries Division Administration Report, 8 p.
- KERR, S. J. (2000). *Brook trout stocking: an annotated bibliography and literature review with an emphasis on Ontario waters*, Peterborough, Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources, 176 p.
- KIDD, H. et D. R. JAMES (1991). *The Agrochemicals handbook*, 3rd ed., Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, UK, 898 p.
- KISER, R. W., J. R. DONALSON et P. R. OLSON (1963). "The effect of rotenone on zooplankton population in freshwater lakes", *Transactions of the American Fisheries Society*, 92(1): 17-24.
- KLAASSEN, C. D., M. O. AMOUR et J. DOULL (1995). *Casarett and Doull's Toxicology. The basic science of poisons*, 5th ed., New York, NY, McGraw-Hill, 351 p.
- KOKSVIK, J. I. et K. AAGAARD (1984). "Effects of rotenone on the benthic fauna of a small eutrophic lake", *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fur theoretische und Angewandte Limnologie*, 22: 658-665.
- KRUMHOLZ, L. A. (1950). "Some practical considerations in the use of rotenone in fisheries research", *Journal of Wildlife Management*, 14: 413-424
- LACASSE, S. et P. MAGNAN (1994). *Distribution post-glaciaire de l'omble de fontaine dans le bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent : impact des interventions humaines*, Université du Québec à Trois-Rivières, pour le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 83 p.
- LACHANCE S. and P. MAGNAN (1990b). "Comparative ecology and behavior of domestic, hybrid, and wild strains of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, after stocking", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47(12): 2285-2292.

- LAROUCHE, G. (1994). *Réduction de la toxicité de la rotenone à l'aide d'hypochlorite de sodium dans deux plans d'eau de la zec Martin-Valin en 1992*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de la Faune du Saguenay–Lac-Saint-Jean, 44 p.
- LARSEN, K. (1961). "The fish population of a peat pit as determined by rotenone poisoning", *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri-og Havundersøgelser*, 3(5): 117-132.
- LEHNINGER, A. L. (1972). « La voie du transport des électrons : la chaîne respiratoire », in : *Biochimie – les bases moléculaires de la structure et des fonctions cellulaires*, Flammarion, 6^e édition, p. 378-381.
- LEMIEUX, M. (1989). *Restauration des lacs Perdu et aux Orignaux, réserve faunique du Saint-Maurice : méthodologie et recommandations*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction régionale de la Mauricie–Bois-Francs, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, 15 p. + 4 annexes.
- LEMIEUX, M. et P. BÉRUBÉ (1995). *Méthode de calcul des bénéfices économiques découlant d'un projet d'aménagement de l'habitat du poisson*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, 9 p.
- LENNON, R. E., J. B. HUNN, R. A. SCHNICK et R. M. BURRESS (1971). *Reclamation of ponds, lakes and streams with fish toxicants: a review*, Food and Agriculture Organization, FAO Fisheries Technical paper 100, 99 p.
- LEROY, J. W. et S. J. MULLIN (2007). "Responses of a pond-breeding amphibian community to the experimental removal of predatory fish", *The American Midland Naturalist*, 157(1): 63-73.
- LESTER, N. P., P. A. RYAN, R. S. KUSHNERIUK, A. J. DEXTRASE and M. R. RAWSON (2002). *The effect of water clarity on walleye (Stizostedion vitreum) habitat and yield. Percid Community Synthesis*, 48 p.
- LING, N. (2002). "Rotenone. A review of its toxicity and use for fisheries management", *Science for Conservation*, 211, 40 p.
- MAGNAN, P., P. EAST et M. LAPOINTE (1990). *Modes de contrôle des poissons indésirables : revue et analyse critique de la littérature*, Université du Québec à Trois-Rivières, pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec et la Fondation de la faune du Québec, rapp. tech., 198 p.
- MAGNAN, P., P. EAST et M. LAPOINTE (1998a). *Modes de contrôle des espèces compétitrices introduites dans les lacs à omble de fontaine*, rapport synthèse, document préparé par l'Université du Québec à Trois-Rivières pour le ministère de l'Environnement et de la Faune et la Fondation de la faune du Québec, 380 p.
- MARKING, L. L. et T. D. BILLS (1976). *Toxicity of rotenone to fish in standardised laboratory tests*, U.S. Fish and Wildlife Service Investigations in Fish Control, 72: 1-11.
- McGONIGLE, R. H. et M. W. SMITH (1938). "Cobequid hatchery fish production in Second River and a new method of disease control", *The Progressive Fish Culturist*, 38: 5-11.
- McMILLIN, S. and B. J. FINLAYSON (2008). *Chemical residues in water and sediment following rotenone application to Lake Davis, California 2007*, California Department of Fish and Game, Office of Spill Prevention and Response, Pesticide Investigations Unit, OSPR Administrative Report 08-01, Rancho Cordova, California.
- MELAAS, C. L., K. D. ZIMMER, M. G. BUTLER et M. A. HANSON (2001). "Effects of rotenone on aquatic invertebrate communities in prairie wetlands", *Hydrobiologia*, 459:177-186.

- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC (1993). *Modalités d'ensemencement de certaines espèces de poissons*, Québec, fiches 13, 14 et 15, Révision de l'édition de 1988.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (2008). *Lignes directrices sur les ensemencements de poissons*, Secteur faune Québec, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Québec, 41 p.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS (2012). *Enquête de 2010 sur la pêche récréative au Canada* [En ligne] [www.dfo-mpo.gc.ca/stats/rec/can/2010/section4-fra.htm] (Consulté le 20 février 2013); Annexe C : autres tableaux statistiques [www.dfo-mpo.gc.ca/stats/rec/can/2010/annexec-fra.htm].
- MINISTÈRE DU DEVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2013). *Outils d'aide à l'ensemencement des plans d'eau*, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Québec.
- MULLIN, S. J., TOWEY, J. B. et R. E. SZAFONI (2004). "Using rotenone to enhance native amphibian breeding habitat in ponds (Illinois)", *Ecological Restoration*, 22: 305-306.
- ÔBERG, K. E. (1965). "On the principal way of attack of rotenone in fish", *Arkiv for Zoologi*, 18(11): 217-220.
- PAQUET, G. (1982). *Guide d'amélioration, de construction et de restauration d'abris pour les poissons dans les petits cours d'eau*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction générale de la faune, Service des études écologiques, 69 p.
- PAQUET, G. (1983). *Techniques de construction de seuils pour des petits cours d'eau*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Service des études écologiques, 40 p.
- PAQUET, G. (1985). *Guide d'amélioration et de restauration de l'habitat du poisson dans les petits cours d'eau*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Service des études écologiques, 72 p.
- PETTIGREW, P. (2011). *Mise à jour des normes de pêche expérimentale à l'omble de fontaine*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Service de la faune aquatique, 19 p.
- PRÉVOST, G. (1960). "The use of fish toxicants in the Province of Québec", *The Canadian fish culturist*, 28: 13-35.
- RAY, D. E. (1991). "Pesticides derived from plants and other organisms", in Hayes, W. J., jr. et E. R. Laws, jr. (eds), *Handbook of Pesticide Toxicology, Volume 2, Classes of Pesticides*, New York, NY, Academic Press, Inc., 1166 p.
- REINERTSEN, H., A. JENSEN, K. I. KOKSVIK, A. LANGELAND et Y. OLSEN (1990). "Effects of fish removal on the limnetic ecosystem of eutrophic lake", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47: 166-173.
- RIDLEY, M., J. MORAN et M. SINGLETON (2007). *Isotopic survey of Lake Davis and the local groundwater*, Lawrence Livermore National Laboratory, Environmental Protection Department, Environmental Restoration Division, UCRL-TR-233936.
- RTECS® (1998). *Registry of toxic effects of chemicals substances*, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio (CD-Rom version), Micromedex, Inc., Englewood, Colorado, 278 p.

- ROTENONE STEWARDSHIP PROGRAM (2001). *Relationship between rotenone use in fisheries management and Parkinson's disease* [<http://www.fisheries.org/rotenone/parkinsonstudy.shtml>].
- SCHNICK, R. A. (1974). *A Review of the literature on the use of rotenone in fisheries*, La Crosse, WI, Fish Control Laboratory.
- SERVICE DE LA FAUNE AQUATIQUE (2011). *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures, Tome I, Acquisition de données*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 137 p.
- SNGER, T. P. et R. R. RAMSAY (1994). "The reaction site of rotenone and ubiquinone with mitochondrial NADH dehydrogenase", *Biochimica et Biophysica Acta*, 1187: 198-202.
- SKAAR, D. (2002). *Brief summary of persistence and toxic effects of rotenone*, Montana Fish, Wildlife, and Parks.
- SMITH, M. W. (1940). "Copper sulphate and rotenone as fish poisons", *Transactions of the American Fisheries Society*, 69: 141-157.
- SMITH, M. W. (1950). "The use of poisons to control undesirable fish in Canadian fresh waters", *The Canadian fish culturist*, 8: 17-29.
- STATE OF CALIFORNIA (1985). *Draft programmatic environmental Impact report: rotenone use for fisheries management*, The Resources Agency, Department of Fish and Game, 186 p.
- TERRIEN, J. (1997). *Guide technique sur le démantèlement d'embâcles*, Fondation de la faune du Québec, Sainte-Foy, 55 p.
- TOMLIN, C. D. S. (1997). *The Pesticide Manual – a World Compendium*, 11th ed., The British Crop Protection Council, Farnham, Surrey, UK, 1606 p.
- TREMBLAY, S. (1988). *Contrôle des poissons indésirables pour les plans d'eau à omble de fontaine au Québec et synthèse des différents moyens de lutte contre les poissons indésirables*, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction de la gestion des espèces et des habitats, Direction régionale du Saguenay–Lac Saint-Jean, 62 p.
- TURNER, W. R. (1959). *Effectiveness of various rotenone-containing preparations in eradicating farm pond fish populations*, Kentucky Department of Fish and Wildlife Resources, Fisheries bulletin 25, 22 p.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) (2006). *ROTENONE: Phase 3 HED Chapter of the Reregistration Eligibility Decision Document (RED)*, PC Code: 071003, DP Barcode: D307385, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, January 4, 2006, 113 p.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) (2007). *Reregistration Eligibility Decision: Rotenone*, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, Document 738-R-07-005, March 2007, 44 p.
- UNITED STATE NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE (1998). *Hazardous Substances Data Bank*, Bethesda, MD, 2-24.
- VINSON, M. R., E. C. DINGER et D. VINSON (2010). "Piscicides and invertebrates: After 70 years, does anyone really know", *Fisheries*, 35(2): 61-71.
- WALSTON, L. J. et S. J. MULLIN (2007). "Responses of a pond-breeding amphibian community to the experimental removal of predatory fish", *American Midland Naturalist*, 157: 63-73.

WOLLITZ, R. E. (1962). "Effects of certain commercial fish toxicants on the limnology of three cold-water ponds, Montana", *Proceedings of the Montana Academy of Sciences*, 22: 54-81.

WORTHING, C. R. et S. B. WALKER (1987). *The Pesticide Manual – a World Compendium*, 8th ed., The British Crop Protection Council, Thornton Heath, UK, 1481 p.

Annexe 1. Où s'informer?

AGENCE DE RÉGLEMENTATION DE LA LUTTE ANTIPARASITAIRE

Santé Canada
Service national de renseignements sur les pesticides (*Information technique sur les produits et sur la réglementation fédérale*)
2720, promenade Riverside I.A. 6606D2
Ottawa (Ontario) K1A 0K9
Téléphone : 1 800 267-6315 (sans frais)
Internet : <http://www.hc.sc.qc.ca/cps-spc/pest/index-fra.php>
Courriel : pmra_infoserv@hc-sc.qc.ca

CENTRE ANTIPOISON (24 heures)

(*Renseignements en cas d'intoxication*)
Première page de l'annuaire téléphonique
Téléphone : à Québec : 418 656-8090
Ailleurs : 1 800 463-5060
(sans frais)

CANUTEC

Centre canadien d'urgence de transport
(*Conseils et renseignements d'ordre scientifique dans les cas d'urgence mettant en cause des matières dangereuses telles que les pesticides*)
Urgence : 613 996-6666 (frais virés acceptés)
Information : 613 992-4624
Internet : <http://www.tc.qc.ca/canutec/>

<p>URGENCE-ENVIRONNEMENT</p>

<p>24 h/24, 7 jours</p>

<p>1 800 694-5454</p>

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/ministere/rejoindr/repertoire.htm>

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS

<http://mffp.gouv.qc.ca/le-ministere/reseau-regional/>

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

Direction des communications
(*renseignements sur les obligations réglementaires du transport des pesticides*)
Téléphone : à Québec : 418 643-6864
à Montréal : 514 873-2605
Internet : <http://www.transports.gouv.qc.ca>

Annexe 2. Exemple de table des matières d'un rapport d'exécution pour un projet de restauration à la roténone

1. Identification du promoteur
 - 1.1. Coordonnées du responsable du projet pour le promoteur
 - 1.2. Coordonnées du conseiller spécialisé
2. Titre du projet
3. Localisation du projet
 - 3.1. Carte du territoire
 - 3.2. Carte 1:20 000 du bassin versant
4. Propriété des terrains
5. Problématique et objectifs du projet
 - 5.1. Diagnose du lac
 - 5.2. Inventaire des espèces fauniques
6. Description du projet
 - 6.1. Calendrier des travaux
 - 6.2. Description du milieu
 - 6.2.1. Type de forêt
 - 6.2.2. Caractéristiques du ou des lacs visés
 - 6.2.3. Caractéristiques du bassin
 - 6.2.4. Espèces de poissons visées
 - 6.3. Choix du pesticide
 - 6.3.1. Caractéristiques du produit
 - 6.3.2. Numéro fédéral d'homologation
 - 6.4. Calcul de la dose, de la quantité totale, des modes d'épandage, de la date de l'épandage et des lieux (lacs, étangs et ruisseaux). Fournir une carte 1:20 000.
 - 6.5. Description des aménagements connexes avec croquis
 - 6.5.1. Frayères
 - 6.5.2. Obstacle à la montaison du poisson (croquis et carte de localisation)
 - 6.5.3. Chemin d'accès
 - 6.6. Identification de l'applicateur et ses coordonnées
 - 6.7. Mode d'élimination des surplus de produits et des contenants vides
7. Description des mesures de mitigation
 - 7.1. Abaissement du niveau d'eau (comment et quand)
 - 7.2. Calcul du temps de remplissage (méthode et résultats des calculs)
 - 7.3. Récupération et enfouissement des poissons morts

8. Description du programme de sécurité
 - 8.1. Vêtements de sécurité et premiers soins
 - 8.2. Système de communication en cas d'urgence
 - 8.3. Matériel nécessaire en cas de déversement accidentel
 - 8.4. Formation et supervision du personnel manipulant le produit
 - 8.5. Programme d'information aux utilisateurs de la zone touchée
 - 8.6. Copie de la lettre d'information
 - 8.7. Copie des accords signés avec chacun des villégiateurs
 - 8.8. Affiches installées autour du lac
9. Pêche de vérification post-traitement
10. Rédaction du rapport d'activité (contenu et date du dépôt)
11. Réintroduction de la population d'ombles de fontaine
 - 11.1. Ensemencement
 - 11.2. Fermeture du lac à l'exploitation
 - 11.3. Suivi de la reproduction
 - 11.4. Mesure de suivi de l'exploitation
12. Programme de suivi et d'entretien de l'obstacle à la montaison du poisson et des aménagements.

Documents à fournir en annexe :

- statistiques de pêche;
- diagnostic du ou des lacs;
- carte de localisation des lacs;
- avis de conformité de la MRC ou de la municipalité;
- résolution du conseil d'administration du territoire faunique nommant un responsable de projet;
- lettre type et lettres d'accord des villégiateurs riverains des lacs traités;
- carte de localisation des villégiateurs habitant en aval du projet;
- carte bathymétrique et calcul du volume d'eau des lacs;
- plan de l'obstacle à la montaison du poisson et schémas des aménagements connexes (batardeau, frayères, mises à l'eau);
- étiquette du produit et fiches signalétiques;
- calcul du temps de remplissage et méthode;
- copie des autorisations, des permis et des certificats.

**Forêts, Faune
et Parcs**

Québec 



Fondation de la faune du Québec