

CONTRÔLE DES ESPÈCES AQUATIQUES ENVAHISSANTES DU QUÉBEC :  
LE CAS DU GOBIE À TACHES NOIRES (*NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS*) AU LAC  
SAINT-PIERRE

Par

Olivier Benoit

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de  
l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Dirigé par

M. Claude E. Delisle

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Longueuil, Québec, Canada, 14 mai 2012

## SOMMAIRE

Mots clés : espèces exotiques envahissantes. espèces aquatiques envahissantes. lac Saint-Pierre. gobie à taches noires. lutte. contrôle. éradication. invertébrés. écologie.

L'introduction d'espèces exotiques envahissantes représente un enjeu environnemental considérable en ce qui concerne les modifications écosystémiques de leur nouvel habitat. Plus d'une dizaine d'espèces sont très préoccupantes pour le milieu aquatique québécois. Le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*), introduit accidentellement, est présentement retrouvé sur tout le tronçon fluvial du fleuve Saint-Laurent où il engendre, par sa compétition et sa prédation avec certaines populations d'espèces indigènes, de nombreuses conséquences écologiques. La présence incontrôlée de ce poisson, dans le lac Saint-Pierre et son archipel d'îles, représente un enjeu majeur pour l'économie et la société.

Cet essai a comme objectif principal de faciliter l'évaluation des méthodes de lutte disponibles pour les espèces aquatiques envahissantes. Plus précisément, il vise à effectuer un survol de leur situation actuelle et de leur gestion sur le territoire québécois; à mettre en place un tableau de comparaison multicritères visant à déterminer les méthodes de lutte acceptables dans une perspective de développement durable; à analyser et évaluer les méthodes possibles dans le cas précis du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre; à recommander les meilleures méthodes pour diminuer l'impact de ce poisson dans ce milieu et aux autres cours d'eau du Québec; ainsi qu'à mettre en perspective la situation problématique des espèces exotiques envahissantes du Québec dans un contexte international.

L'analyse effectuée suggère la mise en place d'un contrôle par l'usage de pièges spécifiques au poisson ciblé ainsi que d'utiliser la participation du public comme les meilleures méthodes de contrôle à entreprendre pour la situation du lac Saint-Pierre. Il s'avère essentiel que la problématique soit gérée avec une plus grande importance; que la population soit informée, éduquée et sensibilisée davantage; que les recherches sur les impacts et l'écologie des espèces préoccupantes se poursuivent afin d'assurer un bon suivi; et qu'un plan d'action provincial soit mis en place pour gérer ces espèces, dont fait partie le gobie à taches noires.

## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à remercier le directeur de cet essai, M. Claude E. Delisle, d'avoir supervisé l'ensemble de ce travail. Il a grandement contribué, par ses commentaires, à éclaircir certains passages et ainsi rendre ce document plus complet et plus clair. Ses encouragements et ses invitations à participer à différentes activités très pertinentes ont été grandement appréciés.

J'aimerais également remercier Maggie et Alexandre pour leurs judicieux conseils et leurs commentaires pertinents.

Évidemment, la réalisation de ce travail a été agrémentée par le soutien de mes parents, de mes amis et de mes collègues.

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	1
1. ESPÈCES AQUATIQUES ENVAHISSANTES DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC .....	3
1.1. Portrait de l'environnement aquatique québécois .....	3
1.1.1. Hydrographie du Québec .....	3
1.1.2. Faune aquatique indigène .....	4
1.1.3. Écologie et intégrité des milieux aquatiques .....	7
1.2. Espèces exotiques envahissantes .....	8
1.2.1. Définition du concept .....	8
1.2.2. Problématiques et risques .....	10
1.2.3. Gestion gouvernementale .....	13
1.3. Principales espèces aquatiques envahissantes du Québec et leur impact sur l'environnement .....	17
1.3.1. Espèces observées au Québec et leur statut légal .....	17
1.3.2. Impacts des espèces préoccupantes .....	18
2. ANALYSE DES MÉTHODES DE LUTTE .....	20
2.1. Principales méthodes disponibles .....	20
2.1.1. Éradication .....	20
2.1.2. Confinement .....	23
2.1.3. Contrôle .....	24
2.1.4. Contrôle biologique .....	26
2.1.5. Contrôle chimique .....	28
2.1.6. Contrôle physique/mécanique .....	30
2.1.7. Participation du public .....	31
2.1.8. Atténuation .....	31
2.2. Processus décisionnel visant le choix d'une méthode de lutte appropriée .....	32
2.2.1. Méthodologie .....	32
2.2.2. Critères d'efficacité et de faisabilité à privilégier .....	34
2.2.3. Outil de comparaison des méthodes .....	36
3. GOBIE À TACHES NOIRES AU LAC SAINT-PIERRE .....	38
3.1. Portrait de l'environnement aquatique du lac Saint-Pierre .....	38
3.1.1. Description physico-chimique .....	38
3.1.2. Description biologique .....	42
3.1.3. Description socio-économique .....	43
3.1.4. Importance de ce milieu naturel .....	44
3.2. Impact du gobie à taches noires .....	44
3.2.1. Caractéristiques biologiques du poisson .....	44
3.2.2. Historique de son introduction .....	47

3.2.3. Impact du poisson et risque de dégradation de l'écosystème aquatique québécois..	50
4. MÉTHODES DE CONTRÔLE À PRIVILÉGIER AU LAC SAINT-PIERRE .....	54
4.1. Actions possibles dans le cas du gobie à taches noires .....	54
4.1.1. Éradication .....	54
4.1.2. Confinement .....	55
4.1.3. Contrôle .....	56
4.1.4. Atténuation .....	59
4.1.5. Participation du public .....	60
4.2. Analyse des méthodes possibles selon les critères établis.....	61
4.2.1. Méthodes de contrôle.....	61
4.2.2. Méthode de participation du public .....	65
4.2.3. Méthodes à proscrire.....	68
4.2.4. Critique de la méthode d'analyse pour le cas du gobie à taches noires.....	69
4.3. Recommandations .....	71
4.3.1. Méthodes à privilégier pour contrôler le poisson au lac Saint-Pierre .....	71
4.3.2. Recommandations générales pour les gestionnaires de cette problématique.....	72
5. RÉFLEXION SUR LE CONTRÔLE DES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES .....	74
5.1. Intervenir dans un écosystème modifié.....	74
5.2. Gérer la problématique plus sérieusement.....	75
5.3. Changements environnementaux mondiaux .....	76
CONCLUSION .....	77
RÉFÉRENCES .....	79
ANNEXE 1 - LISTES DES POISSONS INDIGÈNES (DULCICOLES ET MARINS) DU QUÉBEC .....	87
ANNEXE 2 - LISTES DES PRINCIPALES ESPÈCES BENTHIQUES LITTORALES D'INVERTÉBRÉS DU FLEUVE SAINT-LAURENT.....	93
ANNEXE 3: LISTE DES ESPÈCES AQUATIQUES ENVAHISSANTES (POISSONS, CRUSTACÉS, MOLLUSQUES) RETROUVÉES AUX QUÉBEC .....	95
ANNEXE 4: PHOTOGRAPHIES DES ESPÈCES AQUATIQUES PRÉOCCUPANTES AU QUÉBEC .....	97

## **LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES**

Tableau 1.1.	Statistique sur le nombre d'espèces indigènes et exotiques pour chaque classe de poissons retrouvés au Québec	6
Tableau 1.2.	Classification simplifiée des groupes de crustacés et de mollusques retrouvés au Québec	6
Tableau 1.3.	Voies d'entrée des espèces aquatiques exotiques dans l'environnement	10
Tableau 1.4.	Impacts des principales espèces aquatiques préoccupantes au Québec	19
Tableau 2.1.	Méthodes de contrôle biologique utilisées pour la lutte aux espèces aquatiques envahissantes	28
Tableau 2.2.	Principaux produits chimiques utilisés pour le contrôle des espèces aquatiques envahissantes	29
Tableau 2.3.	Critères d'efficacité et de faisabilité disponibles pour l'évaluation de la situation des EEE	35
Tableau 2.4.	Description des rangs déterminés pour chacun des critères choisis	37
Tableau 2.5.	Tableau multicritères permettant la discrimination des méthodes de lutte pour une espèce exotique envahissante donnée	37
Tableau 3.1.	Caractéristiques, végétation et superficie des milieux humides retrouvés en périphérie du lac Saint-Pierre	41
Tableau 3.2.	Importance des différents milieux humides du lac Saint-Pierre pour la faune et les principales espèces aquatiques retrouvées	42
Tableau 3.3.	Fréquence (%) des différents taxons retrouvés dans le système digestif des gobies à taches noires de différentes longueurs de la mer d'Azov	47
Tableau 4.1.	Méthodes de contrôle possibles pour la lutte au gobie à taches noires	57
Tableau 4.2.	Analyse multicritères pour chacune des méthodes de contrôle possibles pour le cas du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre	67
Tableau 4.3.	Analyse multicritères des méthodes de participation du public pour le cas du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre	70
Tableau 4.4.	Analyse multicritères des méthodes à proscrire (éradication, confinement et atténuation) pour le cas du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre	70

Tableau 4.5.	Bilan de l'ordre des méthodes de lutte à favoriser dans le cas du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre	71
Figure 1.1.	Abondance relative d'une espèce exotique envahissante en fonction du temps et par rapport aux niveaux d'envahissement théoriques possibles	9
Figure 1.2.	Approche pour lutter contre les espèces exotiques envahissantes au Canada	14
Figure 2.1.	Résumé des liens existants entre les actions de lutte possibles après l'introduction d'une espèce aquatique envahissante	22
Figure 3.1.	Lac Saint-Pierre et son archipel	39
Figure 3.2.	Physionomie caractéristique du gobie à taches noires ( <i>Neogobius melanostomus</i> )	45
Figure 3.3.	Répartition géographique du gobie à taches noires en Europe de l'Est	48
Figure 3.4.	Répartition géographique du gobie à taches noires, entre 1997 et 2010, dans le fleuve Saint-Laurent	49
Figure 3.5.	Impact du gobie à taches noires sur les poissons benthiques indigènes et sur les moules dulcicoles	51

## **LISTE DES ACRONYMES DES SYMBOLES ET DES SIGLES**

AFC : Aire faunique communautaire

AFC-LSP : Aire faunique communautaire du lac Saint-Pierre

BPC : Biphényles polychlorés

BV : Bassin versant

CaRMS: Canadian Register of Marine Species

CDB : Convention des Nations Unies sur la diversité biologique

CEARA : Centre d'expertise pour analyse des risques aquatique

CEDD : Commissaire à l'environnement et au développement durable

EAE : Espèce aquatique envahissante

EEE : Espèce exotique envahissante

FPCO : Fédération des Pêcheurs et Chasseurs de l'Ontario

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

IUCN : Union internationale pour la conservation de la nature

MDDEP : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

MES : Matière en suspension

MRC : Municipalité régionale de comté

MRNF : Ministère des Ressources naturelles et de la Faune

ONG : Organisation non gouvernementale

ONU : Organisation des Nations Unies

OSBL : Organisme sans but lucratif

PPEEE : Programme de partenariat sur les espèces exotiques envahissantes

TFM : Trifluorométhyl

UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

ZIP : Zone d'intérêt prioritaire

km : Kilomètre

km<sup>2</sup> : Kilomètre carré

m : Mètre

m/s : Mètre par seconde

m<sup>3</sup>/s : Mètre cube par seconde



## INTRODUCTION

Les espèces exotiques envahissantes (EEE) représentent l'un des grands enjeux environnementaux du 21<sup>e</sup> siècle. Leur situation mondiale actuelle constitue la deuxième plus grande menace concernant la perte de biodiversité partout sur la planète (Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), 2011). L'ampleur de la problématique a fait en sorte qu'elle est de plus en plus étudiée à travers le monde. Il existe donc présentement plusieurs plans d'action, stratégies ou méthodes de gestion et de lutte permettant de diminuer l'impact majeur de ce phénomène relativement récent. Le territoire du Québec n'est pas épargné par ce problème écologique d'envergure puisque de nombreuses EEE ont déjà colonisé plusieurs habitats terrestres et aquatiques naturels de la province. Ceci engendre présentement une multitude d'impacts négatifs sur l'intégrité de la biodiversité retrouvée, mais aussi sur l'économie, la santé et la stabilité des emplois (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2012).

Parmi les espèces aquatiques envahissantes (EAE) à statut préoccupant, la présence de plus en plus abondante du gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) inquiète beaucoup les spécialistes et responsables de la faune du Québec (MRNF, 2012a). Ce petit poisson exotique, extrêmement féroce et introduit au début des années 1990 dans les Grands Lacs, est maintenant retrouvé dans l'ensemble du tronçon fluvial et des lacs fluviaux du fleuve Saint-Laurent, dont fait partie le lac Saint-Pierre (Paradis, 2011). Son implantation dans ce milieu aquatique est à ce jour considéré comme étant irréversible ce qui constitue un risque majeur pour la biodiversité, la contamination des organismes vivants et la reproduction des espèces aquatiques indigènes qui y sont retrouvées (*ib.*). À long terme, il est évident que la présence de ce poisson modifiera considérablement cet écosystème aquatique exceptionnel déclaré réserve mondiale de la biosphère de l'UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) et site RAMSAR en vertu de la *Convention relative aux zones humides d'importance internationale* (Municonsult, 2002).

L'objectif général de cet ouvrage est de faciliter l'évaluation des méthodes disponibles pour lutter contre les espèces aquatiques envahissantes (EAE) dont fait partie le gobie à taches

noires. Le cas précis étudié sera celui du lac Saint-Pierre et de son archipel d'îles puisque ce milieu possède une importance considérable pour la faune aquatique du Québec. Pour ce faire, il sera nécessaire de décrire, d'une manière générale, la situation des EEE du Québec et leurs impacts précis sur l'environnement aquatique du territoire; de proposer un tableau de comparaison pour déterminer, à l'aide d'une approche par critères, le choix d'une méthode de lutte acceptable pour l'environnement, l'économie et la société; de comparer l'impact des méthodes de lutte possibles et acceptables dans une perspective de développement durable; d'évaluer, à l'aide des critères préalablement établis, les méthodes de lutte possibles pour le cas précis du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre; de recommander les méthodes de lutte et de gestion à privilégier pour diminuer l'impact négatif de ce poisson dans le milieu ciblé ainsi qu'aux autres cours d'eau du Québec, et enfin; de mettre en perspective la problématique des EEE dans la situation mondiale actuelle. La recherche documentaire effectuée pour atteindre l'ensemble de ces objectifs se base sur une méthodologie précise qui favorise les sources bibliographiques jugées de qualité pertinente (livres spécialisés, monographie, articles de périodiques et de presses universitaires, sites gouvernementaux, sites d'organisations ou d'association reconnues et sites d'organismes internationaux), d'auteurs crédibles et de publication récente.

Le présent essai se divise en cinq chapitres. Le premier présente un survol des EAE de l'environnement du Québec. Le second concerne plus particulièrement l'analyse des principales méthodes de lutte possibles dans le cas précis de ce problème et suggère un processus décisionnel visant le choix d'une méthode appropriée. Les chapitres suivants abordent la situation du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre en effectuant, d'une part le portrait de sa situation et de ses impacts sur le milieu naturel et d'autre part, les méthodes de contrôles à privilégier selon l'analyse réalisée ainsi que des recommandations générales à l'ensemble du problème. Finalement, une réflexion sur le contrôle des EEE sera brièvement abordée pour mettre en relief la pertinence des actions à entreprendre dans ce domaine en pleine effervescence internationale.

## **1. ESPÈCES AQUATIQUES ENVAHISSANTES DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC**

Ce premier chapitre vise à démontrer que les EEE représentent un problème majeur pour l'environnement aquatique de la province de Québec. Pour ce faire, il est d'abord essentiel que le portrait de l'environnement aquatique québécois soit décrit afin de permettre de bien situer la problématique dans l'espace. Par la suite, le concept d'EEE est abordé de sorte à démontrer son ampleur actuelle, mais aussi sa grave répercussion sur les sphères environnementales, sociétales et économiques. Enfin, les principales EAE présentement retrouvées dans les eaux du Québec sont énumérées tout en présentant leurs impacts sur l'intégrité de l'écologie des milieux aquatiques.

### **1.1. Portrait de l'environnement aquatique québécois**

Le portrait de l'environnement aquatique québécois présente à la fois l'hydrographie du Québec et la faune aquatique indigène dans le but d'aborder les interactions écologiques qui les unissent.

#### **1.1.1. Hydrographie du Québec**

Le territoire du Québec possède une hydrographie impressionnante. Il est parsemé de nombreux lacs et cours d'eau qui représentent près de 10 % de sa superficie totale, soit environ 167 000 kilomètres carrés (km<sup>2</sup>) (Gouvernement du Québec, 2002). En effet, près de 4 500 rivières ainsi que 500 000 lacs ont été répertoriés, ce qui fait de cette région du Canada une réserve de 3 % de l'eau douce renouvelable mondialement (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2002). L'écoulement terrestre de cette richesse s'effectue par l'entremise de 430 bassins versants (BV) principaux retrouvés sur l'ensemble de la superficie du territoire (MDDEP, 2002a).

Pour assurer la bonne gestion de cette ressource, le gouvernement du Québec a rassemblé les nombreux bassins versants en 40 zones de gestion intégrée de l'eau, qui elles-mêmes, sont regroupées en 13 régions hydrographiques (MDDEP, 2002a; MDDEP, 2002 b). Cette structure permet de gérer l'eau selon ses limites physiques naturelles (MDDEP, 2002b). Elle possède des caractéristiques hydrologiques et écologiques particulières et ne se conforme donc pas aux limites administratives du Québec (*ib.*).

Le fleuve Saint-Laurent est le principal cours d'eau du Québec et l'un des plus importants au Canada. D'une longueur de 424 kilomètres (km), il puise son eau dans le lac Ontario, où se déverse l'ensemble des Grands-Lacs, et la rejette dans l'Océan Atlantique (Environnement Canada, 2010; La Violette, 2004). À lui seul, il capte les eaux de 7 des 13 régions hydrographiques québécoises, ce qui représente le tiers de l'eau du territoire provincial (MDDEP, 2002b). Son immensité est telle qu'il est fractionné en quatre sections (1. le tronçon fluvial et les lacs fluviaux, 2. l'estuaire fluvial, 3. le moyen estuaire et le Saguenay, 4. l'estuaire maritime et le golfe) ayant chacune des caractéristiques physiques différentes de par leur largeur, leur profondeur, leur aménagement ainsi que par le type d'eau retrouvé (Environnement Canada, 2010). Il est à noter que le tronçon fluvial contient trois lacs fluviaux, c'est-à-dire des étendues d'eau de superficie suffisamment grandes pour être considérées comme des lacs, mais avec un dynamisme typique d'un fleuve. Il s'agit, dans l'ordre d'écoulement, des lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre (Environnement Canada, 2010a; La Violette, 2004).

### **1.1.2. Faune aquatique indigène**

Les espèces indigènes sont celles qui proviennent d'un lieu donné (Parcs Canada, 2012). En ce sens, ce concept s'adapte à l'échelle géographique et temporelle choisie (Barbault et Atramentowick, 2010). Dans ce cas-ci, il se définit par les espèces naturellement retrouvées à l'intérieur des limites territoriales du Québec, c'est-à-dire avant une quelconque intervention humaine.

La faune aquatique indigène du Québec se catégorise par de nombreuses espèces animales à la fois vertébrés et invertébrés. En d'autres mots, il peut s'agir d'espèces possédant un squelette constitué d'os ou de cartilage et celles n'en possédant pas (Moisan, 2007). La distinction entre ces deux groupes permettra de respecter la classification phylogénétique universellement acceptée ainsi que celle utilisée par le gouvernement du Québec. Cette classification, constamment sujette à être remaniée au fil des découvertes scientifiques, permet de regrouper les espèces vivantes par leur ressemblance génétique, c'est-à-dire en fonction de leur proximité évolutive (Brisson *et al.*, 2009). Elle est fractionnée en sept groupes hiérarchiques : le règne, l'embranchement, la classe, l'ordre, la famille, le genre et

l'espèce (Brusca and Brusca, 2003). Les vertébrés font tous partie de l'embranchement des chordés, tandis que le groupe des invertébrés est réparti entre 34 embranchements distincts (*ib.*). Pour simplifier la situation, dans le contexte de cet essai, il sera uniquement question du groupe des poissons en ce qui concerne les vertébrés et de deux embranchements d'invertébrés, soit les arthropodes et les mollusques. Il semble que ces organismes représentent les animaux les plus problématiques en ce qui concerne les espèces aquatiques envahissantes (MRNF, 2012).

Les poissons du Québec peuvent être regroupés en 4 classes selon la nouvelle classification mondiale des vertébrés. Il s'agit des myxines, des pétromyzontides/cephalaspidomorphiens (lamproies), des chondrichthyens (poissons cartilagineux) et des ostéognathostomates/ostéichthyens (poissons osseux) (Brisson *et al.*, 2009; Brusca and Brusca, 2003). Il est à noter que les myxines, en étant dépourvues de vertèbres, sont simplement ajoutées à cette liste en raison de leur appartenance historique à cet embranchement.

En consultant la liste de la faune vertébrée du Québec ainsi que les listes d'espèces exotiques réalisées pour le compte du MRNF, il a été possible de constater qu'il existe actuellement 203 espèces de poissons indigènes dans les milieux aquatiques québécois. (MRNF, 2006; MRNF, 2007; MRNF, 2012). Le tableau 1.1. présente les statistiques sur le nombre d'espèces répertoriées pour chacune de ces classes tandis qu'une liste exhaustive, plus précise quant à leurs noms, est placée à l'annexe 1.

Au niveau des invertébrés benthiques québécois, il sera plus particulièrement question de ceux visibles à l'oeil nu, soit des macroinvertébrés. Ces animaux se retrouvent au fond des ruisseaux, rivières, fleuves, lacs ou marais. Ils regroupent généralement les crustacés, les mollusques, les insectes et les vers (Moisan, 2007). Le premier groupe, constitué d'arthropodes ayant évolué avec succès, inclut les animaux tels que les crabes, les homards, les écrevisses, les cloportes et les crevettes (Moore, 2006). Quant au deuxième groupe, il inclut des invertébrés connus comme les bivalves (moules, palourdes) ainsi que les gastéropodes (escargots, limaces) (Brusca and Brusca, 2003). Les deux autres groupes ne

seront pas traités dans le cadre de cet essai puisqu'ils ne possèdent pas les mêmes caractéristiques biologiques.

Tableau 1.1. Statistique sur le nombre d'espèces indigènes et exotiques pour chaque classe de poissons retrouvés au Québec (Compilation d'après Brisson *et al.*, 2009, p. 51; MRNF, 2006; MRNF, 2007)

Classe de poissons	Espèces indigènes	Espèces exotiques*	Total
Poissons sans vertèbres (Myxines)	1	0	1
Lamproies (Pétromyzontides/ Cephalaspidomorphiens)	4	1	5
Poissons cartilagineux (Chondrichthyens)	11	0	11
Poissons osseux (Ostéognathostomates/Ostéitchyens)	187	39	226
Total	203	40	243

\* Espèces exotiques acclimatées et non acclimatées

Le tableau 1.2. donne un aperçu des groupes pertinents de macroinvertébrés retrouvés au Québec. Il est possible de constater qu'il existe sept taxons pour les crustacés et huit pour les mollusques. Une liste des principales espèces benthiques littorales retrouvées dans le fleuve Saint-Laurent est placée à l'annexe 2. Il est à noter que ces groupes renferment un grand nombre d'espèces, soit 782 pour les crustacés et 299 pour les mollusques, et ce uniquement dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (Brunel *et al.*, 1998).

Tableau 1.2. Classification simplifiée des groupes de crustacés et de mollusques retrouvés au Québec (compilation d'après Moisan, 2007, p. 9-22; Brunel *et al.*, 1998, p. 159-209, 108-135)

Embranchement	Groupes d'invertébrés	Sous-groupe	Taxons
Arthropodes	Crustacés (782 espèces)	Petite taille (- 4 mm)	Ostracodes Cladocères Copépodes
		Grande taille (+ 4 mm)	Cirripèdes Décapodes Isopodes Amphipodes
Mollusques	Mollusques (299 espèces)	Bivalves (119 espèces)	Dreissenidae Sphaeriidae Unionides
		Gastéropodes (180 espèces)	Ancylidae Phanorbidae Lymnaeidae Physidae Prosobranches

### **1.1.3. Écologie et intégrité des milieux aquatiques**

Un écosystème représente l'ensemble des nombreux liens qui unissent les organismes vivants et non vivants d'un milieu naturel donné, et ce, en fonction des caractéristiques environnementales disponibles (Dodds, 2002).

En ce sens, l'écologie des milieux aquatiques n'est pas simple puisqu'elle dépend d'un ensemble de facteurs physiques variés tels que les propriétés de l'eau, le mouvement de la lumière et de la chaleur ainsi que la géologie du terrain. Ces facteurs influencent les cycles hydrologiques, les courants de l'eau, la quantité de nutriments et d'oxygène disponible et influencent inévitablement la biodiversité du milieu. (Dodds, 2002)

Une grande diversité d'organismes vivants peut être retrouvée dans les milieux aquatiques. Il peut s'agir principalement de bactéries, de protistes, de champignons, de plantes et d'animaux. La présence de ces espèces influence aussi le milieu par les effets qu'ont par exemples, la photosynthèse des plantes sur la concentration d'oxygène dans l'eau ou la décomposition des organismes morts sur la quantité de nutriments disponibles. De plus, il existe un grand nombre d'interactions entre les microorganismes et les invertébrés ainsi que de nombreux réseaux prédateurs-proies entre les animaux. Ces interactions, souvent connues sous le nom de chaîne alimentaire, représentent en fait le réseau trophique des milieux aquatiques. Celui-ci est fortement dépendant des interactions interspécifiques, comme celles entre les plantes et les animaux. Bref, les écosystèmes ont évolué au fil des siècles de sorte à créer des réseaux complexes d'interactions variées. (Dodds, 2002)

Par ailleurs, le concept d'intégrité écologique permet de qualifier un milieu naturel donné. En fait, il est dit qu'un milieu possède une bonne intégrité si la santé des écosystèmes qui le constitue est suffisante pour soutenir l'ensemble des communautés vivantes qui y sont retrouvées; s'il possède la capacité de supporter un nouveau stress et s'il possède la possibilité de continuer à se transformer et à se développer de façon naturelle. Ainsi, les impacts des activités humaines actuelles imposent une pression très forte sur les milieux naturels provoquant ainsi une dégradation graduelle, mais constante des écosystèmes (Pimentel *et al.*, 2000).

## **1.2. Espèces exotiques envahissantes**

Le concept des EEE sera maintenant défini en accordant une attention particulière à celles retrouvées en milieu aquatique. Cette définition permettra de présenter les problématiques et les risques que ces espèces engendrent pour l'environnement. Les initiatives gouvernementales mises en place pour gérer ce problème seront aussi abordées de sorte à comprendre le cadre de gestion actuel.

### **1.2.1. Définition du concept**

Le concept d'espèces exotiques (ou espèces étrangères) englobe généralement toute espèce introduite par l'être humain hors de son aire de répartition géographique naturelle passée ou présente (Gouvernement du Canada, 2010; Gozlan *et al.*, 2010). À ce niveau, ces espèces ne sont pas nécessairement nuisibles pour l'environnement (Commissaire à l'environnement et au développement durable (CEDD), 2002). Il peut s'agir d'espèces introduites intentionnellement ou accidentellement, mais la plupart du temps elles le sont par des activités anthropiques (Gouvernement du Canada, 2004; IUCN, 2011).

Par contre, les espèces dites « exotiques envahissantes » sont celles dont l'introduction ou la propagation menace l'environnement, ou plus précisément la diversité biologique déjà en place (Gouvernement du Canada, 2010; Groupe de travail sur les espèces aquatiques envahissantes, 2004). Par le fait même, ces espèces affectent aussi l'économie et la société, dont parfois la santé humaine (CEDD, 2008). Lorsque l'espèce introduite survit dans son nouvel environnement, il est alors possible de dire qu'elle s'est naturalisée (Environnement Canada, 2011; Grice, 2009). Elle peut ensuite parvenir à prendre de l'expansion et peut-être aller jusqu'à saturer le milieu dans lequel elle se retrouve (figure 1.1). Le niveau d'envahissement (naturalisation, expansion, saturation) auquel une espèce parvient est une caractéristique très importante à considérer lorsqu'il est nécessaire de mettre en place un effort de lutte puisque dernier influence la possibilité réelle de passer à l'action (*ib.*).

Le concept d'EEE est très général, ce qui signifie qu'il s'applique autant aux animaux (mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens, poissons, invertébrés), aux végétaux (terrestres et aquatiques), aux champignons qu'aux microorganismes (bactéries) (Gouvernement du Canada, 2004). Parmi tous ces organismes vivants, les poissons sont à la fois ceux étant le



plus fréquemment introduits, mais aussi ceux étant le plus sensibles à l'introduction des autres espèces aquatiques (Gozlan *et al.*, 2010). À ce moment, il est plutôt question d'espèces aquatiques exotiques envahissantes ou simplement d'espèces aquatiques envahissantes.

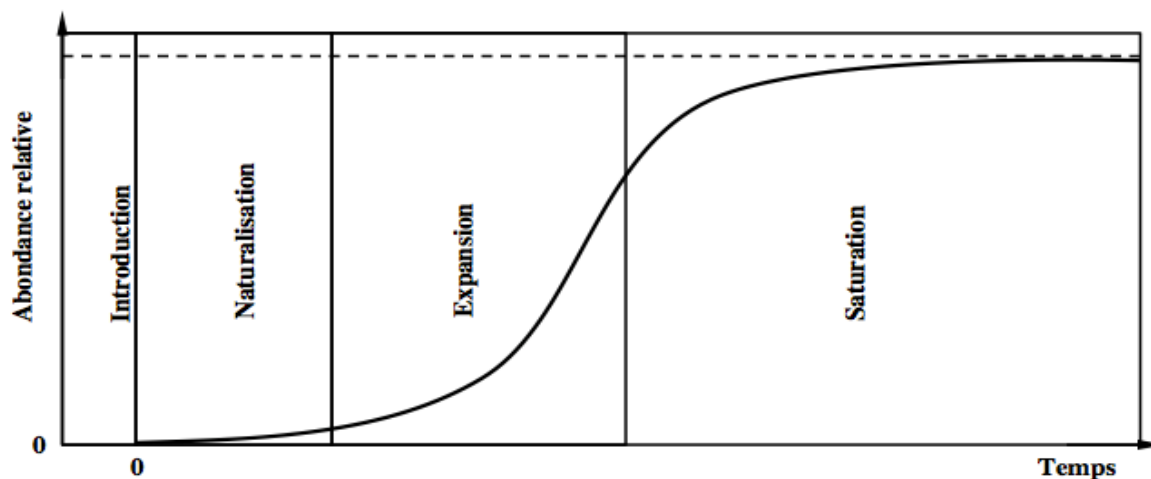


Figure 1.1. Abondance relative d'une espèce exotique envahissante en fonction du temps et par rapport aux niveaux d'envahissement théoriques possibles (modifié de Wittenberg and Cock, 2005, p.62)

Les recherches ont établi plusieurs généralités permettant de comprendre la façon dont ces espèces parviennent à envahir un milieu aquatique donné. D'abord, il faut savoir que, dans la majorité des cas, les EAE ne réussissent pas à s'établir dans un nouvel environnement, ou y parviennent sans provoquer de conséquences majeures et irréversibles sur l'écosystème. Bien qu'une invasion peut survenir dans un écosystème stable, des effets plus importants surviennent dans des milieux déjà perturbés possédant par le fait même une diversité plus pauvre ou contenant des communautés naturelles partiellement dégradées. Par contre, les espèces introduites doivent nécessairement posséder les caractéristiques physiologiques et morphologiques idéales pour leur nouvel environnement afin de l'envahir avec succès. Généralement, les prédateurs de haut niveau ont toujours un impact plus important que les organismes moins féroces. De plus, les espèces répertoriées ailleurs dans le monde pour avoir envahi un milieu sont plus susceptibles d'envahir de nouveau, dans un lieu différent. Enfin, le nombre d'individus relâchés dans le milieu augmente la probabilité de leur naturalisation. (Dodds, 2002)

### 1.2.2. Problématiques et risques

La problématique des EEE n'est pas à négliger puisqu'elle représente la deuxième menace en importance pouvant porter atteinte à la biodiversité mondiale. Bien qu'elle se retrouve immédiatement derrière la perte et la dégradation des habitats, elle est tout de même plus néfaste que la surexploitation des ressources naturelles, la pollution, les maladies et les changements climatiques. (IUCN, 2011)

Ce problème écologique d'envergure planétaire est en constante évolution et son importance dépasse actuellement les prédictions établies par le passé (Gozlan *et al.*, 2010). Différentes raisons sont à l'origine de cette explosion massive du nombre d'introductions d'espèces.

En ce qui concerne la situation canadienne, les voies d'entrée des EAE dans l'environnement peuvent se faire de façon intentionnelle ou non intentionnelle (tableau 1.3.) (Gouvernement du Canada, 2004).

Tableau 1.3. Voies d'entrée des espèces aquatiques exotiques dans l'environnement (inspiré de CEDD, 2008, p. 10)

Introduction intentionnelle	Introduction non intentionnelle
Poissons comestibles vivants	Navigations commerciale
Aquariophilie et jardins d'eau	Activités de plaisance et tourisme
Appâts vivants	Déchets
Empoisonnement autorisé	Canaux, barrages et dérivations
Empoisonnement non autorisé	Propagation naturelle

En premier lieu, l'introduction intentionnelle peut se faire de cinq façons, soient par l'introduction de poissons comestibles vivants relâchés dans les eaux en vue d'une consommation humaine ou selon des traditions culturelles, l'aquariophilie et les jardins d'eau, l'utilisation d'appâts vivants pour la pêche, l'empoisonnement autorisé ou non autorisé. (CEDD, 2008)

En deuxième lieu, l'introduction non intentionnelle d'espèces est la principale voie d'entrée et semble être la plus problématique. Elle est grandement favorisée par la mondialisation, donc par une augmentation du commerce international et la mobilité des humains (Gozlan *et al.*, 2010; MRNF, 2012).

La navigation commerciale pour le réseau de transport mondial est la principale cause de ce type d'introduction (Gozlan *et al.*, 2010; MRNF, 2012). Il s'agit plus précisément de l'impact qu'a le rejet de l'eau de ballast (ou l'eau de lest) des navires commerciaux dans les eaux du Canada. En effet, cette eau est utilisée pour ajuster le poids des calles et ainsi stabiliser les bateaux dans leur port d'origine en fonction de la charge qu'ils transportent (Transports Canada, 2010). Ainsi, de grandes quantités d'eau provenant de pays étrangers et pouvant contenir une certaine quantité d'organismes vivants sont souvent complètement vidées dans les plans d'eau canadiens (*ib.*).

Par ailleurs, il ne faut pas négliger les autres voies d'introductions accidentelles. Il s'agit respectivement de l'impact des activités de plaisance et du tourisme, la contamination des eaux par les déchets, l'impact des canaux, des barrages et des dérivations des eaux qui modifie le cours naturel de l'eau ainsi que les phénomènes naturels tels que les inondations qui peuvent engendrer la propagation des espèces hors de leur aire de répartition naturelle (MRNF, 2012; CEDD, 2008).

L'introduction d'une espèce exotique dans un écosystème représente toujours un risque écologique, surtout si elle possède les caractéristiques biologiques nécessaires pour faire face à ce nouvel écosystème (Gozlan *et al.*, 2010). À ce moment, elle évolue facilement dans son nouvel environnement et peut engendrer un certain nombre d'impacts qui peuvent varier d'une espèce à l'autre. À ce niveau, une hypothèse largement répandue soutient que seulement 10 % des espèces exotiques réussiront à s'établir dans le nouvel écosystème et que 1 % d'entre elles deviendront envahissantes, c'est-à-dire qu'elles pourront causer des dommages écologiques majeurs au sein de leur nouvel environnement (*ib.*). Le concept de risque est donc fondamental dans le cas des EEE puisque les décisions de gestion doivent toujours être évaluées en fonction d'une analyse et d'une évaluation des risques (Gouvernement du Canada, 2004). En d'autres mots, les efforts de lutte sont possibles seulement si la probabilité que les conséquences envisagées soient jugées comme étant d'ampleur suffisamment grave pour permettre l'action. Le risque est évalué sur les conséquences économiques potentielles que pourrait engendrer l'introduction d'une espèce et ce, basée sur des scénarios hypothétiques. (*ib.*)

Les impacts écologiques d'une introduction peuvent être d'intensité variable et survenir de façon instantanée ou graduelle (Godds, 2002; Gozlan *et al.*, 2010). Cet événement peut produire une cascade de modifications de la structure et de la composition des écosystèmes aquatiques par la prédation, la compétition avec les espèces indigènes, l'hybridation avec des espèces similaires, la modification des habitats ainsi que la transmission de maladies et de pathogènes (Gozlan *et al.*, 2010; MRNF, 2012). À long terme, ces impacts peuvent dégrader les fonctions écosystémiques essentielles des milieux aquatiques et de cette façon, affecter l'intégrité de ces milieux (*ib.*). En d'autres mots, les espèces exotiques qui deviendront envahissantes seront celles, qui, en l'absence de prédateur dans leur nouvel environnement, pourront se reproduire rapidement, consommer en grande quantité la même nourriture qu'utilisent certaines espèces indigènes et ainsi persister dans l'environnement aux dépens des organismes déjà établis (CEDD, 2008). Malheureusement, il semble que lorsqu'une espèce s'établit sur une grande superficie, c'est-à-dire qu'elle se naturalise dans un écosystème qui lui est favorable, il devient pratiquement impossible de la déloger (MRNF, 2012). En fait, la seule solution possible pour atténuer le problème demeure le contrôle, ce qui nécessite une bonne compréhension des écosystèmes aquatiques, mais aussi des investissements financiers importants (Dodds, 2002; MRNF, 2012).

En ce sens, les effets sur l'environnement ont nécessairement des impacts sur l'économie puisque des investissements de plusieurs millions de dollars annuellement doivent être effectués pour contrer les dommages collatéraux engendrés, mais aussi pour parvenir à contrôler et tenter d'éradiquer ces espèces (MRNF, 2012). Par exemple, les EEE peuvent réduire les populations d'espèces aquatiques importantes au niveau commercial et donc nuire aux échanges commerciaux tout en menaçant les moyens de subsistance de ceux qui en dépendent (CEDD, 2008; MRNF, 2012). Elles peuvent aussi faire perdre certains services écologiques bénéfiques aux humains qui devront investir pour les remplacer. À ceci s'ajoutent aussi les coûts sociaux qui se traduisent par la perte d'emplois liés à l'exploitation des espèces aquatiques indigènes, mais aussi du risque que peuvent représenter ces espèces sur la santé des humains. (*ib.*)

### **1.2.3. Gestion gouvernementale**

En 1992, la prise de conscience mondiale sur le déclin de la biodiversité mène à la *Convention des Nations Unies sur la diversité biologique* (CDB). Le Canada est le premier pays industrialisé à appuyer concrètement ce traité international en le signant et le ratifiant rapidement. À partir de ce moment, le pays s'est imposé de faire tout en son pouvoir pour conserver sa biodiversité et utiliser durablement les ressources biologiques retrouvées sur son territoire (Organisation des Nations Unies (ONU), 1992). À ce jour, 158 des 193 pays impliqués dans l'ONU ont aussi signé et ratifié cette convention (CDB, s.d.).

Il a alors été fortement encouragé que chaque pays signataire élabore sa stratégie nationale sur la biodiversité afin de guider et mettre en oeuvre les obligations auxquelles ils devaient dorénavant se soumettre (CDB, s.d.). Le Canada réalise donc ce document qui reconnaît entre autres que les écosystèmes et les habitats du pays se dégradent par l'établissement continu des espèces exotiques (Environnement Canada, 2011a).

En ce sens, l'alinéa h de l'article 8 de la *Convention sur la diversité biologique* stipule que chaque pays signataire, dans la mesure du possible, doit « empêcher l'introduction, contrôler ou éradiquer les espèces exotiques qui menacent des écosystèmes, des habitats ou des espèces » (ONU, 1992).

En 2002, les ministres fédéraux, provinciaux et territoriaux responsables des ressources naturelles canadiennes ont approuvé une stratégie nationale sur les espèces exotiques envahissantes qui est entrée en vigueur deux ans plus tard (Environnement Canada, 2011a). Cette stratégie à une portée dite large et inclusive, c'est-à-dire qu'elle s'applique à tous les types d'introduction et aborde les problématiques liées à tous les secteurs d'activités du pays (agriculture, pêches et aquaculture, espèces sauvages, forêts, transport, industrie, santé humaine). Il est donc question des introductions intentionnelles ou accidentelles, et ce autant pour les espèces en provenance d'autres pays, d'espèces indigènes introduites dans d'autres régions canadiennes ainsi que de l'exportation d'espèces ailleurs dans le monde. Elle propose une démarche logique de lutte qui s'attarde à prévenir l'introduction de nouvelles espèces, à détecter de façon précoce les nouveaux envahisseurs, à planifier des

interventions rapides lors de la présence de ces nouveaux envahisseurs, à gérer les espèces exotiques établies par des stratégies de contrôle, de confinement et d'éradication et aussi d'effectuer l'examen des mesures entreprises tout en communiquant les résultats de façon ponctuelle (figure 1.2) (Gouvernement du Canada, 2004). Effectivement, le gouvernement est conscient qu'en raison de l'ampleur du problème ainsi que des ressources humaines et financières limitées, la situation doit être évaluée attentivement afin d'établir les priorités d'intervention (Groupe de travail sur les espèces aquatiques envahissantes, 2004).

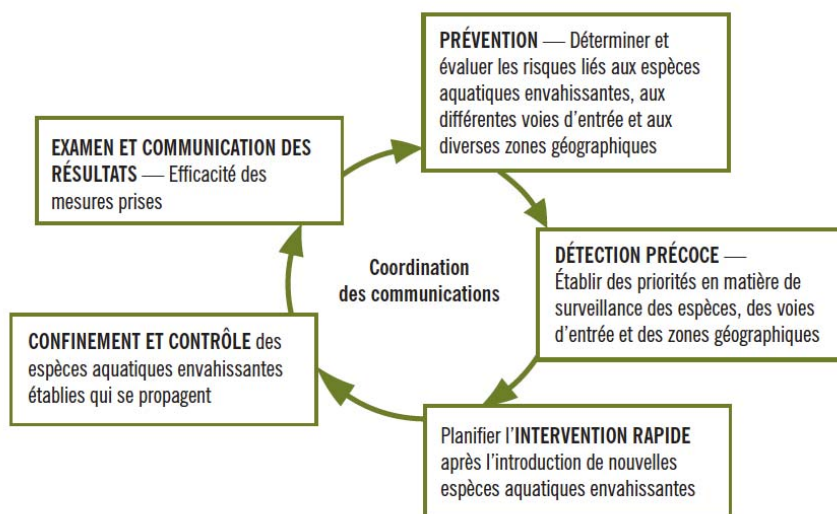


Figure 1.2. : Approche pour lutter contre les espèces exotiques envahissantes au Canada (tiré de CEDD, 2008, p. 7).

Pour le territoire québécois, les responsabilités ayant trait à la gestion des espèces aquatiques envahissantes sont séparées entre les deux paliers de gouvernement. Au niveau du gouvernement fédéral, deux ministères ont des rôles bien définis dans la gestion de cette problématique. Dans le premier cas, Pêches et Océans Canada s'occupe de la conservation et de la protection des ressources halieutiques et de l'habitat des poissons. Dans le deuxième cas, il revient à Transports Canada de réglementer et contrôler la gestion des eaux de ballast des bateaux commerciaux afin de réduire ou d'empêcher l'introduction de nouvelles espèces (CEDD, 2008). Par ailleurs, un seul ministère provincial, le MRNF, participe à l'approche de lutte puisqu'il assure la conservation et la mise en valeur de la faune et de son habitat pour tout le territoire du Québec (MRNF, 2012b).

De façon concrète, le ministère fédéral de Pêches et Océans Canada a le rôle de déterminer et d'évaluer les risques que représentent les espèces introduites ainsi que de déterminer l'importance des voies d'entrée aquatiques, autre que l'eau de ballast (CEDD, 2008). Il occupe donc une place cruciale dans les premières étapes de l'approche gouvernementale, soit pour la prévention préalable à la détection précoce des nouvelles espèces introduites (figure 1.2). Pour le moment, les recherches sur l'évaluation des risques de quelques espèces et de leurs voies d'entrées ne font que commencer. À ce niveau, le gouvernement a permis la création du Centre d'expertise pour analyse des risques aquatique (CEARA) à qui revient le mandat d'offrir une orientation valable sur le plan scientifique, pour évaluer le risque biologique des espèces aquatiques envahissantes (Pêches et Océans Canada, 2011). Actuellement, le risque biologique a été évalué pour 19 espèces aquatiques. Toutefois, ces études n'évaluent pas les risques socioéconomiques de l'introduction des espèces, nécessaire pour déterminer le risque global et ainsi établir les priorités de gestion à entreprendre (CEDD, 2008). De plus, au moment de la dernière vérification gouvernementale, Pêches et Océans Canada n'avait établi aucun plan concret pouvant être mis en oeuvre lors de l'apparition de nouvelles espèces envahissantes dans la perspective d'intervention rapide proposée par la stratégie de 2004. Actuellement, il semble que le ministère ne soit toujours pas en mesure de détecter l'introduction de nouvelles espèces, ni d'intervenir rapidement lorsque la situation se présente. En ce sens, les deux seules mesures entreprises consistent à avertir les intervenants responsables lors de la découverte d'une nouvelle invasion et de fournir les conseils d'intervention appropriés lorsque possible. (*ib.*)

Pour sa part, Transports Canada a le rôle concret de prévenir l'introduction de nouvelles espèces aquatiques en contrôlant le rejet de l'eau de ballast des navires utilisés pour le transport maritime (figure 1.2) (Transports Canada, 2010). Pour ce faire, le programme canadien d'eau de ballast a été mis en place pour faciliter la coordination de cette problématique (*ib.*). À ce niveau, la situation s'est beaucoup améliorée surtout par la *Convention internationale sur l'eau de lest* adoptée par les Nations Unies en 2004 (CEDD, 2002; CEDD, 2008). Ainsi, le *Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast* a été établi en 2006 en vertu de la *Loi sur la marine marchande du Canada* (CEDD, 2008). Comme son nom l'indique, ce règlement oblige la gestion et le traitement des eaux de

ballast de manière à réduire la probabilité d'introduire des espèces aquatiques. Il s'applique à tous les navires qui entrent dans les eaux de compétences canadiennes. (*ib.*)

Au provincial, le rôle du MRNF est d'assurer une partie de la prévention, de la détection précoce ainsi que des interventions rapides des problématiques constatées sur le territoire du Québec, et ce pour toutes les espèces autant aquatiques que terrestres (figure 1.2) (MRNF, 2012). Il ne possède pas de plan d'intervention stratégique permettant de prévenir ou détecter rapidement les nouvelles introductions, et ainsi lutter efficacement contre les espèces exotiques (*ib.*). Par contre, il travaille sur un plan d'action qui prévoit un protocole de planification des interventions qui permettrait d'arrimer les programmes de réponse rapide lors d'une nouvelle invasion (Simard, 2011). Il semble que leurs seules actions liées à la prévention et aux contrôles reposent sur la sensibilisation de la population à l'importance d'adopter les bons comportements afin de limiter les conséquences du problème (MRNF, 2011; MRNF, 2012).

Par ailleurs, le gouvernement du Canada, par le biais du programme de partenariat sur les espèces exotiques envahissantes (PPEEE), subventionne différents projets proposés par les provinces, les municipalités, les organisations non gouvernementales (ONG) et les institutions éducatives de tout le pays (Environnement Canada, 2011b). Le but de ce programme est d'inciter les Canadiens à participer aux actions de prévention, de détection précoce et d'intervention rapide afin de minimiser les impacts de l'ensemble des EEE (figure 1.2) (*ib.*). Pour le moment, le seul projet québécois à être financé est le réseau de détection précoce d'espèces aquatiques exotiques envahissantes du MRNF (Environnement Canada, 2011c). Celui-ci vise à détecter la présence de nouvelles espèces aquatiques dans le fleuve Saint-Laurent par une collaboration entre divers partenaires afin de permettre aux gouvernements de pouvoir agir plus rapidement (Pelletier, 2010). Malheureusement, le PPEEE a pris fin au printemps 2012 en raison des coupures financières importantes engendrées par le budget fédéral de l'année 2012 (Francoeur, 2012)

Malgré une stratégie nationale remplie de bonnes intentions qui découle d'une convention internationale, il est surprenant de voir que 20 ans plus tard, le gouvernement n'est pas en



mesure d'effectuer la gestion des risques que représente la problématique des EEE sur laquelle elle doit baser ses interventions afin d'agir. Pour le moment, le gouvernement canadien est dans l'incapacité de contrôler les espèces établies qui se propagent de plus en plus rapidement dans tous les cours d'eau du pays. Un seul programme de contrôle a été élaboré, et ce pour une seule espèce, c'est-à-dire la lamproie marine (*Petromyzon marinus*). Ce programme, créé en 1955, donc bien avant la mise en place de la stratégie, nécessite actuellement 21 millions de dollars par année dont 8,1 millions versés directement par le Canada. (CEDD, 2008)

### **1.3. Principales espèces aquatiques envahissantes du Québec et leur impact sur l'environnement**

Cette section présente brièvement les nombreuses espèces à avoir été observées sur le territoire québécois ainsi que leur statut gouvernemental. Les impacts écologiques des plus préoccupantes seront synthétisés.

#### **1.3.1. Espèces observées au Québec et leur statut légal**

Depuis 200 ans, l'introduction de 163 espèces aquatiques a été répertoriée dans les Grands-Lacs ce qui représente 41 % de toutes les espèces exotiques ayant été implantés au Canada (Environnement Canada, 2011). Parmi ces espèces, 85 ont réussi à se déplacer dans le fleuve Saint-Laurent (*ib.*). En simplifiant la catégorie d'EAE qu'aux groupes des poissons, des crustacés et des mollusques, il semble qu'environ une cinquantaine d'entre elles aient réussi à s'implanter dans les eaux du Québec où sont sur le point d'y parvenir, ce qui les rend sujettes à une observation accrue (annexe 3) (MRNF, 2006; MRNF, 2007; MRNF, 2012). Les différents statuts permettant de définir ces espèces font état à la fois du risque qu'elles représentent (potentiellement envahissante ou préoccupante) ainsi que de leur situation géographique (au Québec ou aux portes du Québec). Les associations entre les statuts peuvent varier pour former un total de 4 combinaisons possibles. Ceci démontre que malgré les efforts de prévention et de contrôle mis en place par les différents niveaux de gouvernement, la problématique des EAE est toujours en évolution. En plus des espèces actuellement préoccupantes dans les milieux aquatiques québécois, quelques espèces sont susceptibles de débiter leur expansion dans les Grands-Lacs et leurs tributaires, mais aussi dans le fleuve Saint-Laurent.

### **1.3.2. Impacts des espèces préoccupantes**

Le tableau 1.4. synthétise les impacts des espèces aquatiques préoccupantes du Québec (MRNF, 2007; MRNF 2012). Ces espèces sont pour le groupe des poissons : l'alose à Gésier (*Dorosoma cepedianum*), le carassin (*Carassius auratus*), le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*), le rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*), la tanche (*Tinca tinca*); pour le groupe des crustacés : le crabe chinois à mitaine (*Eriocheir sinensis*), la crevette rouge sang (*Hemimysis anomala*), le crabe vert (*Carcinus maenas*), la petite crevette d'eau douce (*Echinogammarus ischnus*) et pour le groupe des mollusques : les moules zébrées (*Dreissena polymorpha*) et quaggas (*Dreissena bugensis*). Les photographies de ces espèces sont placées à l'annexe 4.

Tableau 1.4. Impacts des principales espèces aquatiques préoccupantes au Québec (compilation d'après de MRNF, 2007, p. 6, 10, 17, 32, 34, 38, 42; MRNF 2012)

1. Poissons (Ostéognathostomates)				
#	Nom commun	Nom latin	Impact (s)	Longueur moyenne (cm)
1	Alose à gésier	<i>Dorosoma cepedianum</i>	– Compétition pour la nourriture des espèces indigènes	52
2	Carassin/poisson rouge	<i>Carassius auratus</i>	– Compétition pour l'espace et la nourriture des espèces indigènes	15-20
3	Gobie à taches noires	<i>Neogobius melanostomus</i>	– Diminution des populations d'espèces indigènes – Prédation des petits poissons et des œufs – Compétition agressive pour l'espace et la nourriture des espèces indigènes	8-15
4	Rotengle/gardon rouge	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	– Compétition pour la nourriture des espèces indigènes	15-25
5	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	– Impact véritable encore peu connu – Compétition pour la nourriture des espèces indigènes – Vecteur de parasites	30-40
2. Crustacés				
#	Nom commun	Nom latin	Impact	Longueur moyenne (cm)
1	Crabe chinois à mitaines	<i>Eriocheir sinensis</i>	– Compétition pour la nourriture des espèces indigènes – Modification des rivages – Vecteur de parasites	3-10
2	Crevette rouge sang	<i>Hemimysis anomala</i>	– Impact véritable encore peu connu – Compétition pour la nourriture (zooplanctons) des autres espèces	0,8-1,7
3	Crabe vert	<i>Carcinus maenas</i>	– Endommagement des cultures de moules – Nuit à la pêche à l'anguille – Compétition pour l'espace et la nourriture des autres espèces – Vecteur de maladies et de parasites	6,5
4	Petite crevette d'eau douce	<i>Echinogammarus ischnus</i>	– Compétition agressive avec les autres espèces	1
3. Mollusques				
#	Nom commun	Nom latin	Impact	Longueur moyenne (cm)
1	Moule zébrée	<i>Dreissena polymorpha</i>	– Obstruction des différents systèmes hydrauliques – Encrasse et endommagement des embarcations – Nuit aux moules d'eau douce en se fixant à leur coquille – Réduction de la quantité de phytoplanctons et zooplanctons – Modifie l'écosystème – Vecteur potentiel de maladie	3-5
2	Moule quagga	<i>Dreissena bugensis</i>	– Impacts similaires à ceux de la moule zébrée	1-4

## **2. ANALYSE DES MÉTHODES DE LUTTE**

Ce second chapitre vise à analyser les principales méthodes de lutte disponibles afin de contrer les EAE. D'abord, celles-ci seront décrites et expliquées dans le but de mettre en relief leurs avantages et leurs inconvénients. Ensuite, un processus décisionnel visant le choix d'une méthode appropriée sera introduit. Un outil d'aide à la décision, prenant la forme d'un tableau multicritères, sera utilisé pour permettre la comparaison entre les meilleures alternatives de contrôle possible lors d'une invasion d'une espèce envahissante donnée, et ce dans le respect de critères préalablement choisis.

### **2.1. Principales méthodes disponibles**

Lorsque la prévention échoue et qu'une espèce exotique envahit rapidement un environnement donné, il ne reste plus qu'à utiliser la lutte afin de limiter les dégâts potentiels qu'elle peut causer à son nouvel habitat (Clout and Williams, 2009). Pour y parvenir, de nombreuses méthodes existent et peuvent être mises en place par les gestionnaires de la problématique. Cette section présentera chacune d'entre-elles de façon détaillée en donnant des indications générales sur leur efficacité. Il s'agit respectivement de l'éradication, du confinement, du contrôle et de l'atténuation (Wittenberg and Cock, 2001). La figure 2.1 présente un schéma résumant les liens existants entre chacune de ces méthodes et, par le fait même, le raisonnement logique à suivre dans le cas de la lutte à un nouvel envahisseur. La méthode du contrôle est la plus vaste et inclut autant les efforts de contrôle biologique, chimique, physique que mécanique. Parallèlement, la participation du public représente la dernière méthode pouvant être utilisée dans ce contexte.

#### **2.1.1. Éradication**

L'éradication consiste à supprimer l'intégralité de la population d'une espèce exotique nouvellement introduite en prévision de son éventuelle invasion (Wittenberg and Cock, 2005). Bien qu'elle représente un énorme défi de gestion, cette méthode est idéale, car elle permet de supprimer complètement la nouvelle espèce et, par la même occasion, tous les impacts environnementaux qui peuvent y être associés avant qu'ils ne se manifestent (Wittenberg and Cock, 2005; Parkes and Panetta, 2009). L'éradication permet donc de conserver intégralement les écosystèmes, d'éviter la gestion complexe du problème, d'éviter d'investir massivement dans la recherche scientifique inhérente et ainsi d'économiser

d'énormes sommes d'argent (*ib.*). En effet, si l'éradication est possible, elle implique un seul investissement plutôt que de nombreux investissements annuels visant le confinement et/ou le contrôle de l'espèce (Wittenberg and Cock, 2005). Pour toutes ces raisons, il s'agit d'une solution souvent mise de l'avant par les citoyens et les gouvernements, puisqu'elle semble simple, sûre et optimale; ce qui n'est toutefois pas le cas (*ib.*). Effectivement, jusqu'à tout récemment, l'éradication d'une EEE était inconcevable. Quelques exemples ont toutefois démontré qu'elle était réalisable sous certaines conditions (Parkes and Panetta, 2009). À ce sujet, il semble qu'elle fonctionne de façon limitée pour les espèces de vertébrés et d'invertébrés terrestres ainsi que pour les plantes, mais qu'elle soit difficile voir impossible pour les espèces aquatiques (*ib.*).

La faisabilité de l'éradication est le point le plus important à respecter pour que la méthode soit vraiment efficace (Grice, 2009). Il est donc essentiel de bien évaluer sa réussite avant de l'entreprendre, car, tel que mentionné, elle demande des investissements considérables et est très difficile à réaliser (Parkes and Panetta, 2009). Ainsi, une analyse coût-bénéfice doit nécessairement être effectuée afin de comparer le coût des méthodes à employer et la probabilité de leur efficacité sur l'espèce ciblée (Wittenberg and Cock, 2001; Ling, 2009). Il faut que le coût de la méthode utilisée soit inférieur au coût des impacts négatifs directs et indirects que l'espèce peut potentiellement engendrer sur l'environnement (Wittenberg and Cock, 2005). Par contre, le coût des impacts indirects semble difficile à établir puisqu'il se base sur des estimations et des prédictions scientifiques. Cette difficulté, basée sur la notion de risque environnemental, est souvent la raison qui limite la mise en place d'actions concrètes et rapides.

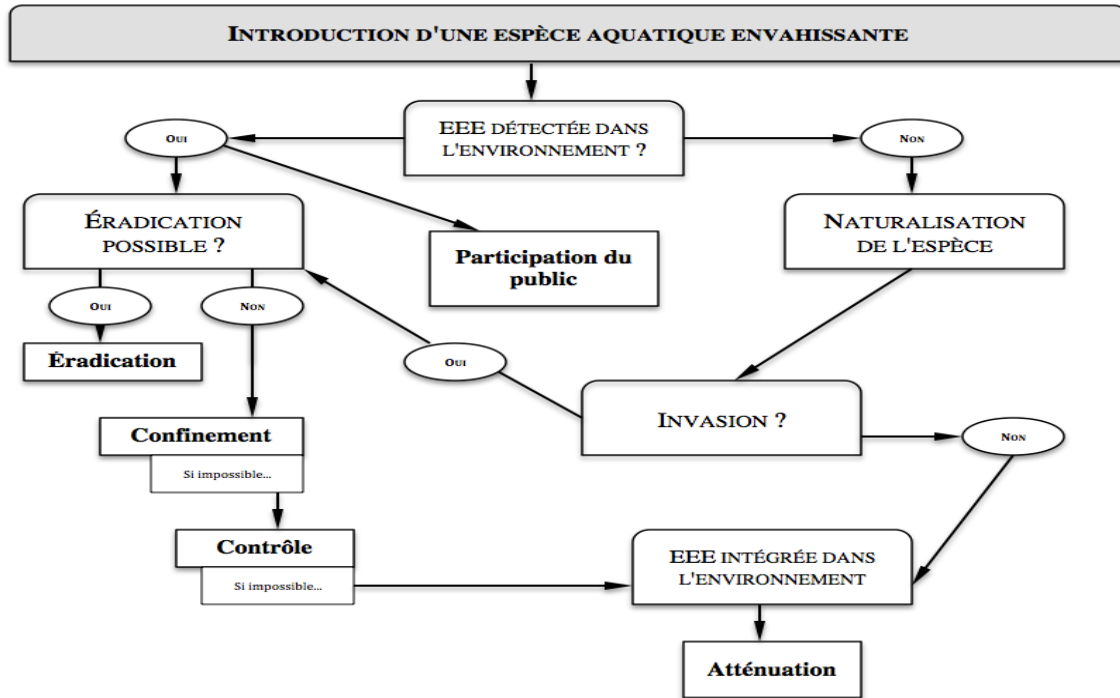


Figure 2.1. Résumé des liens existants entre les actions de lutte possibles après l'introduction d'une espèce aquatique envahissante (modifié de Wittenberg and Cock, 2005, p. 92)

La méthode de l'éradication doit aussi respecter des conditions bien particulières. Premièrement, il est nécessaire que l'écologie du milieu où se retrouve l'envahisseur soit très bien connue afin de mieux planifier les actions à entreprendre et ainsi d'assurer les meilleures réponses possible lors d'un changement rapide au sein de la population (Wittenberg and Cock, 2005). Par exemple, une période de l'année est probablement meilleure qu'une autre pour disséminer une espèce (Wittenberg and Cock, 2001). Deuxièmement, il s'avère nécessaire de mettre en place une réponse rapide dès le constat d'une nouvelle introduction (Ling, 2009). En effet, les chances de réussites sont plus élevées au début de l'invasion puisque la population est plus petite et limitée à une zone précise (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005). La difficulté principale de la méthode est donc la possibilité d'agir avant que l'espèce se soit répandue, ce qui demande une supervision importante des milieux naturels d'un territoire (*ib.*). Troisièmement, l'éradication est considérée comme étant faisable seulement si ces quelques caractéristiques sont en places : le taux moyen d'enlèvement de l'espèce est supérieur à son augmentation théorique naturelle; les nouvelles migrations sont nulles ou limitées; il

n'existe aucun impact négatif de la méthode utilisée sur les espèces qui ne sont pas ciblées. (Parkes and Panetta, 2009). Enfin, l'éradication d'une espèce déjà bien implantée pourrait engendrer des conséquences importantes pour l'ensemble de l'écosystème où elle se retrouve ainsi que pour la dynamique des autres populations puisqu'elle s'est probablement intégrée parmi les interactions naturelles (Wittenberg and Cock, 2001).

Concrètement, lorsque l'éradication est évaluée comme étant faisable, il est nécessaire de mettre en place un plan d'intervention détaillé qui précise les actions à entreprendre, les acteurs impliqués, le moment précis pour agir et le coût de ces actions (Parkes and Panetta, 2009). Dans bien des cas, les actions utilisées sont les mêmes que pour le contrôle (voir section 2.1.3.) (Wittenberg and Cock, 2001). De plus, le programme d'éradication doit être appuyé par des recherches scientifiques qui permettent de confirmer qu'il est bien possible d'éradiquer tous les individus, que l'immigration des individus est bel et bien terminée, que la méthode employée affecte tous les individus de l'espèce et que les derniers survivants pourront être détectés facilement afin d'être éliminés (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005). La gestion de ce programme doit être impeccable et intensive, c'est-à-dire que toutes les parties prenantes doivent être impliquées, que le financement nécessaire à toutes les étapes soit disponible, qu'un suivi soit prévu et assuré à long terme et que des méthodes de prévention et de détection précoce visant à éviter une réintroduction soient aussi planifiées (*ib.*).

### **2.1.2. Confinement**

La méthode du confinement permet de limiter l'expansion des EEE dans l'espace en les retenant à une zone géographique donnée et, ce afin de pouvoir les contrôler plus facilement (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005). Il s'agit donc d'une forme particulière de lutte, utilisée lorsque l'éradication est impossible, qui vise simplement à diminuer la propagation des espèces envahissantes ciblées dans une zone donnée afin d'éviter les impacts négatifs qu'elles pourraient engendrer sur l'ensemble de l'écosystème (Grice, 2009; Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005). Le confinement permet ainsi de faciliter la lutte à un territoire fermé, ce qui favorise de bons résultats tout en protégeant convenablement les espèces indigènes des méthodes de contrôles (Wittenberg and Cock, 2005).

Tout comme l'éradication, le confinement n'est faisable seulement que dans les premières phases d'apparition d'une espèce envahissante, c'est à dire au moment de la naturalisation et du début de l'expansion (figure 1.1). Par contre, à ce moment précis, les impacts sur l'environnement ne sont pas nécessairement apparus ce qui fait en sorte qu'il est très difficile de justifier la lutte par une analyse coût-bénéfice et ainsi d'agir rapidement (Wittenberg and Cock, 2005). Le bon fonctionnement du confinement dépend aussi des caractéristiques de l'espèce ciblée et de celles de l'environnement qu'elle envahit (Grice, 2009). Par exemple, la méthode est davantage efficace sur les espèces qui se déplacent lentement et sur de courtes distances puisque leur propagation est naturellement limitée que pour les espèces cheminant plus rapidement, et ce, à grande échelle (Wittenberg and Cock, 2005). Le confinement est une méthode coûteuse, mais souvent efficace dans le cas des espèces aquatiques retrouvées en eau douce (Wittenberg and Cock, 2001).

Pour assurer l'efficacité de cette méthode de lutte, il est nécessaire de mettre en place un programme de confinement présentant des objectifs bien définis afin de permettre la meilleure gestion possible de la situation. Concrètement, il est essentiel d'utiliser une barrière artificielle efficace, ou d'en utiliser une naturelle déjà présente dans le milieu. Il est à noter que les habitats insulaires isolés et les canaux étroits représentent des lieux propices à une lutte efficace par confinement. Ensuite, une fois que l'espèce est confinée, elle est contrôlée par l'utilisation des méthodes appropriées à ses caractéristiques biologiques. L'espèce doit alors subir une attention constante de la part des gestionnaires du milieu naturel visé, dont des mesures de suivis aux alentours de la barrière et des mesures de prévention contre une propagation future. (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005)

### **2.1.3. Contrôle**

Le contrôle est la méthode de lutte à utiliser en dernier recours, c'est-à-dire lorsque l'éradication et le confinement s'avèrent impossibles à utiliser (Grice, 2009). Son but est de réduire la densité et l'abondance d'une EEE donnée sous une limite jugée acceptable pour l'environnement, et ce pour une période indéterminée pouvant s'étendre sur de nombreuses années (Wittenberg and Cock, 2005). La limite acceptable est décidée en fonction des



impacts écologiques et économiques pouvant être tolérés par la société pour ne pas altérer l'équilibre naturel nécessaire aux activités anthropiques (*ib.*). Afin de l'établir, elle nécessite une étude scientifique étoffée qui exposera la réaction de l'écosystème à diverses quantités d'organismes de l'espèce envahissante, mais aussi aux méthodes de contrôle utilisées (Wittenberg and Cock, 2001). En effet, le contrôle est utilisé lorsque l'intégrité écologique du milieu est affectée de façon permanente et irréversible. À ce moment, il ne reste qu'à limiter les dégâts en diminuant les impacts négatifs engendrés par l'espèce dans l'environnement (*ib.*).

Dans certains cas, le contrôle peut aller jusqu'à faire disparaître complètement l'espèce envahissante. Il s'agit alors d'une éradication qui n'était pas planifiée. Parfois, le contrôle d'une espèce envahissante entraîne indirectement l'expansion naturelle des espèces indigènes rivales ce qui agit telle une boucle de rétroaction positive de sorte à améliorer l'effet de la lutte. (Wittenberg and Cock, 2001)

Tel que mentionné précédemment, la décision d'entreprendre le contrôle d'une espèce envahissante dépend de l'importance des impacts qu'elle engendre sur l'environnement, du niveau de progression de son invasion ainsi que de la disponibilité des mesures de contrôle pouvant être efficaces pour sa situation (Grice, 2009). La réussite de cette activité dépendra donc des caractéristiques biologiques de l'espèce ciblée, de l'écosystème dans lequel elle se retrouve et de la durée et du nombre d'opérations nécessaires pour réussir à réhabiliter le milieu (Wittenberg and Cock, 2001). Bien entendu, la méthode exige un énorme financement ainsi qu'un engagement soutenu à très long terme (*ib.*). Lorsque les fonds disponibles sont épuisés ou ont diminué en fonction du niveau de conscience publique du problème ou de la pression politique, la population d'organismes envahissants risque fortement de s'intensifier et de faire disparaître du même coup l'ensemble des efforts mis en place (*ib.*). De plus, les études ont démontré qu'il est inutile de tenter de contrôler une espèce qui répondrait mal aux méthodes utilisées (Grice, 2009). À ce moment, il ne s'agirait qu'un gaspillage inutile de ressources (*ib.*). Tout comme pour les méthodes d'éradication et de confinement, le contrôle est plus efficace lorsque la densité de la population ciblée est basse (Wittenberg and Cock, 2001). Par ailleurs, si le contrôle est mal effectué, il est

possible qu'il engendre la destruction des espèces indigènes partageant le même milieu (Wittenberg and Cock, 2005). Il est donc absolument nécessaire d'entreprendre des mesures ciblées par groupe d'espèces et par espèce. Ainsi, le contrôle varie pour les plantes, les invertébrés et les vertébrés terrestres, les organismes pathogènes, les organismes aquatiques marins et d'eau douce. À court terme, le contrôle représente une méthode de lutte moins coûteuse que l'éradication, ce qui explique qu'elle soit fréquemment choisie. Par contre, le contrôle nécessite un suivi constant pour éviter que les impacts négatifs engendrés par l'espèce n'augmentent pas. (*ib.*)

Il existe de nombreuses méthodes de contrôle possibles qui permettent toutes de maîtriser, plus ou moins efficacement, les populations ciblées. Une combinaison de plusieurs méthodes peut aussi s'avérer une solution idéale en raison de leur action conjointe. Puisque les résultats varient d'une espèce à l'autre, il est essentiel d'agir au cas par cas en fonction des données scientifiques connues et d'évaluer convenablement toutes les mesures pouvant être entreprises afin de les utiliser optimalement dans le but d'atteindre le niveau de contrôle désiré. (Wittenberg and Cock, 2001)

#### **2.1.4. Contrôle biologique**

Le contrôle biologique est une méthode basée sur l'utilisation des processus biologiques naturels qui peut se diviser en deux catégories, soit les méthodes dépendantes et indépendantes (Wittenberg and Cock, 2001). Dans son ensemble, il s'agit d'introduire délibérément dans l'environnement affecté des populations d'ennemis naturels, c'est-à-dire des prédateurs, ou des substances synthétisées naturellement afin de lutter contre une EEE (Wittenberg and Cock, 2001). Cette approche peut s'appliquer aux insectes, aux plantes, aux mammifères et aussi aux espèces aquatiques (Murphy and Evans, 2009). Par contre, ces méthodes sont souvent expérimentales et beaucoup moins développées en ce qui concerne les espèces aquatiques (Ling, 2009).

D'une part, les méthodes dites dépendantes sont celles qui doivent être constamment renouvelées. Il peut s'agir de l'introduction d'une grande quantité de mâles stériles afin de modifier drastiquement la population de l'espèce ciblée et ainsi diminuer son succès reproductif à long terme. Pour ce faire, les mâles stériles doivent être réintroduit

régulièrement au fil du temps afin que leur quantité demeure constante. Cette catégorie inclut aussi l'introduction massive de pathogènes, de parasites ou de prédateurs connus pour nuire à l'espèce dans son pays d'origine, mais qui ne pourra pas se reproduire dans le nouvel environnement. Cette méthode est normalement utilisée pour contrôler rapidement une population d'EEE en réduisant sa compétitivité avec les espèces indigènes. Il est donc nécessaire de constamment réintroduire des individus pour assurer une lutte constante. Ce type de méthode inclut aussi l'utilisation de produits chimiques biologiques. Ceci vise à utiliser des composés chimiques synthétisés à partir d'une source naturelle connue (poissons, plantes, mycoses, bactéries, virus, protozoaires) pour nuire efficacement et plus écologiquement au développement ou au comportement des envahisseurs. La substance biologique à utiliser pour cibler une EEE doit être très spécifique afin d'engendrer un résultat optimal et éviter de nuire aux autres espèces, ce qui n'est pas toujours le cas. Il peut s'agir d'une substance permettant de nuire directement au fonctionnement des individus, mais aussi de les attirer vers un piège dans le but de les capturer. Il est à noter que cette technique précise s'apparente fortement à celle du contrôle chimique qui sera traité à la section suivante. (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005)

D'autre part, les méthodes indépendantes sont celles qui fonctionnent par elle-même une fois qu'elles sont mises en place. La méthode de contrôle biologique classique fait partie de cette catégorie et représente la plus importante dans ce domaine. Il s'agit de l'introduction planifiée d'un prédateur ou d'un ennemi naturel de l'espèce ciblée qui provient de son milieu d'origine. En d'autres mots, l'introduction de ces espèces permet de créer un réseau écologique semblable à celui existant naturellement, et d'épargner les espèces indigènes. Ceci permet généralement d'atténuer la densité et donc l'impact environnemental d'une EEE, et ce, de manière avantageuse économiquement puisqu'elle est souvent permanente si bien réalisée. Toutefois, il est nécessaire d'évaluer convenablement l'espèce introduite afin d'éviter qu'elle soit, à son tour, potentiellement nuisible pour le milieu d'accueil et qu'elle se nourrisse d'espèces qui ne sont pas ciblées. L'introduction d'ennemis naturels doit être suivie convenablement afin que leur quantité soit augmentée dans les périodes critiques de lutte. Le contrôle biologique indépendant peut aussi s'effectuer par la conservation des espèces indigènes et par la bonne gestion de leurs habitats. En effet, une gestion appropriée

du milieu naturel peut faire en sorte d'augmenter les populations de prédateurs locaux susceptibles de se nourrir de l'espèce envahissante. (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005)

En ce qui concerne la lutte aux EAE par le contrôle biologique, l'utilisation de certaines méthodes est plus souhaitable que d'autres. Il s'agit généralement de l'introduction d'un poisson prédateur ou d'un pathogène du poisson envahissant, de l'utilisation de phéromones, de la modification et de la restauration de l'habitat ainsi que du contrôle immunocontraceptif et des modifications génétiques (Ling, 2009). Le tableau 2.1. présente sommairement la description de ces méthodes.

Tableau 2.1. Méthodes de contrôle biologique utilisées pour la lutte aux espèces aquatiques envahissantes (inspiré de Ling, 2009, p.197-199)

Catégorie	Méthode	Description
Dépendante	Phéromones/Hormones	Pièger les poissons nuisibles à l'aide de phéromones ou d'hormones; bon potentiel pour capturer selon le sexe ou nuire à la reproduction
	Pathogènes	Rejeter un pathogène précis (parasites, bactérie, virus) pour nuire à une espèce donnée; méthode expérimentale
	Contrôle immunocontraceptif et modification génétique	Introduire la triploïdie dans les poissons afin de produire des poissons stériles ou avec un développement anormal afin de diminuer la reproduction; méthode expérimentale
Indépendante	Poisson prédateur	Introduire un prédateur naturel de l'espèce envahissante; non-sélectivité du prédateur pour le poisson envahissant; risque d'éradication d'espèces indigènes
	Modification de l'habitat et/ou sa restauration	Modifier ou restaurer un habitat de sorte à favoriser les espèces indigènes; lorsque l'envahisseur s'établit dans un environnement perturbé

### 2.1.5. Contrôle chimique

Le contrôle chimique est une méthode dépendante basée sur l'utilisation de produits toxiques afin de réduire le nombre d'organismes d'EEE dans l'environnement (Wittenberg and Cock, 2001). Ces produits peuvent être des pesticides, des herbicides ou des insecticides dépendamment du sujet biologique ciblé (*ib.*). Ce type de contrôle a été très utilisé par le passé et l'est encore actuellement, surtout dans le domaine agricole ou pour l'élimination de vecteurs de maladies (Wittenberg and Cock, 2001; Ling, 2009).

L'usage de produits chimiques est généralement efficace pour réduire les populations d'espèces nuisibles en dessous d'un seuil considéré acceptable pour l'écosystème dans lequel elles se retrouvent (Wittenberg and Cock, 2001). Il est donc nécessaire que la

concentration utilisée, la période de contact dans l'environnement et les conditions environnementales propices soient optimales pour affecter adéquatement l'espèce visée (Wittenberg and Cock, 2005; Ling, 2009).

Par contre, l'utilisation du contrôle chimique comporte certains risques qui limitent sa faisabilité. En effet, elle peut engendrer des impacts collatéraux importants pour l'environnement; soit en affectant des organismes qui ne sont pas ciblés ou simplement la santé publique humaine (Wittenberg and Cock, 2001). Il est donc d'autant plus important que le produit utilisé soit sélectif à l'espèce désirée, c'est-à-dire qu'il n'engendre aucune conséquence pour les autres organismes (Ling, 2009). Le contrôle chimique est très coûteux puisqu'il nécessite des applications ponctuelles répétées qui peuvent être augmentées au fil du temps (Wittenberg and Cock, 2005). Effectivement, l'usage de produits chimiques engendre une sélection en faveur des individus naturellement plus résistants de la population, ce qui nécessite l'utilisation de doses toujours plus concentrées afin de parvenir à contrer la sélection et d'entretenir le contrôle (*ib.*).

Tableau 2.2. Principaux produits chimiques utilisés pour le contrôle des espèces aquatiques envahissantes (inspiré de Ling, 2009, p. 193-197)

Produit	Description
Roténone	Poudre ou liquide; odeur d'hydrocarbure; toxicité variable d'une espèce à l'autre; Poisson plus sensible qu'invertébré aquatique; mortalité non ciblée
Antimycine-A (Fintrol)	Coût élevé; peu disponible; très toxique pour les grands poissons; moins toxiques pour les petits poissons; presque non-toxique pour les autres organismes aquatiques
Saponine	Groupe de composés chimiques dérivés des plantes; efficace en aquaculture
3-trifluorométhyl-4-nitrophenol (TFM et niclosamide)	Bloc solide pouvant se dissoudre; toxifie graduellement l'eau; toxicité variable d'une espèce à l'autre; toxique pour les mollusques aquatiques

Concrètement, il est nécessaire d'effectuer de nombreuses recherches scientifiques pour évaluer l'impact qu'aura le produit dans l'environnement et surtout sur l'espèce ciblée (Wittenberg and Cock, 2001). En effet, des études détaillées portant sur la demie-vie environnementale du produit, sa meilleure méthode d'épandage pour réduire les dommages collatéraux, la démonstration de son efficacité ainsi que la mise en place d'un suivi environnemental, sont toutes des étapes longues à réaliser avant d'obtenir un brevet d'utilisation en milieu naturel (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005).

De plus, cette méthode est très peu acceptée socialement en raison de la grande incertitude qui lui est attribuée (*ib.*).

Au niveau des EAE, l'utilisation du contrôle chimique n'est possible qu'à très petite échelle. En effet, elle se limite aux zones restreintes comme les bassins d'aquaculture, les ruisseaux, les rivières ou les petites sections d'un fleuve. Ceci est principalement dû aux dommages collatéraux que l'épandage peut engendrer et aux coûts des produits utilisés (Ling, 2009). Effectivement, une grande surface à traiter nécessite des quantités énormes de produits chimiques (*ib.*). Le tableau 2.2. présente quatre des 40 produits chimiques pouvant être utilisés à cet effet.

#### **2.1.6. Contrôle physique/mécanique**

Le contrôle physique/mécanique a comme but de limiter l'expansion ou d'enlever une EEE abondante d'un milieu affecté (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005; Ling 2009). Pour être efficace, il est nécessaire que la technique utilisée permette de diminuer suffisamment la quantité d'organismes de l'espèce visée (Ling, 2009). Cette méthode est possible par l'utilisation d'infrastructures, d'outils ou d'efforts humains. Les moyens sont très variés et vont de l'utilisation de barrières particulières au prélèvement manuel intensif des individus (*ib.*). Il s'agit d'un effort supplémentaire à la méthode du confinement, puisque, tout comme cette dernière, les organismes sont retirés du milieu.

Dans le cas des EAE, l'usage de barrières physiques de toutes sortes ou de ponceaux placés dans les cours d'eau peut s'avérer efficace (Ling, 2009). Il s'agit souvent de barrières électriques, de barrières de bulles ou de barrières de biosécurité installées entre deux îles ou deux pays selon l'ampleur du problème. Toutes ces techniques visent à limiter le passage des organismes aquatiques nuisibles au fil de l'eau (Ling, 2009). Le prélèvement manuel peut se réaliser par la pêche ou le piégeage et dépend de la main-d'oeuvre bénévole ou salariée disponible (Wittenberg and Cock, 2001). Nécessairement, ces méthodes sont extrêmement coûteuses, mais permettent dans certains cas d'améliorer significativement une situation catastrophique. Une analyse coût-bénéfice est encore une fois tout indiquée pour planifier ce type d'intervention. (*ib.*)

### **2.1.7. Participation du public**

À première vue, la problématique des EEE semble devoir être gérée par les gouvernements ou les organismes environnementaux des territoires où elle est constatée. Toutefois, la participation du grand public est tout aussi importante pour améliorer les connaissances à propos de ces espèces ainsi que sur leur contrôle. Elle peut prendre différents aspects, allant de la participation passive, informative, décisionnelle ou active à la participation totale. (Boujelas, 2009)

La participation passive signifie que le public est informé de la situation problématique sans qu'il ne soit impliqué d'aucune autre façon. Ceci est normalement effectué par une campagne de sensibilisation transmise par les médias. La participation informative, elle, signifie que le public s'implique activement et volontairement en transmettant de l'information aux gestionnaires du projet. Cette forme de participation s'avère très efficace puisqu'elle permet de relever une quantité importante d'informations privilégiées sur la situation locale et ce, à très faible coût tel que le ferait un réseau de surveillance. La participation décisionnelle, comme que son nom l'indique implique le public dans la prise de décision liée à la problématique des EEE. Les citoyens ont donc la possibilité, par le biais de consultations publiques, d'émettre directement leurs opinions aux gestionnaires tout en contribuant directement par leur talent et leur expertise. Quant à elle, la participation active permet au public de s'impliquer, souvent bénévolement, dans l'implantation du projet. À ce moment, les citoyens peuvent transmettre de l'information, organiser et participer aux activités de sensibilisation, s'impliquer dans le suivi du projet, etc. Finalement, la participation totale implique que le public lui-même décide de mener les actions à ses frais. Ainsi, des groupes locaux peuvent se former et permettre de diminuer considérablement les impacts d'une EEE de façon indépendante aux efforts de gestion publique mis en place. (Boujelas, 2009)

### **2.1.8. Atténuation**

L'atténuation est la dernière option possible pour faire face à la problématique des EEE. Elle est envisagée lorsque les méthodes d'éradication, de confinement et de contrôle présentées précédemment n'ont pas réussi ou sont simplement impossibles. À ce moment, la population et les gestionnaires n'ont qu'à accepter l'introduction de l'espèce dans

l'environnement et de subir les conséquences réelles qui y sont associées tout en tentant de les limiter du mieux possible. Les actions d'atténuation qui visent à diminuer l'ampleur des dégâts et donc à protéger les autres espèces du milieu affecté. Par exemple, il peut s'agir de la translocation des espèces menacées vers un milieu naturel ou artificiel qui ne soit pas affecté afin qu'elle survive de façon supervisée. Ces manoeuvres exigent, malgré tout, une certaine main-d'oeuvre et des investissements considérables. (Wittenberg and Cock, 2001)

## **2.2. Processus décisionnel visant le choix d'une méthode de lutte appropriée**

Les méthodes disponibles pour la lutte aux EEE sont variées et nombreuses. À première vue, il pourrait être simple d'entreprendre une manoeuvre particulière et de l'appliquer. Toutefois, la situation est, la plupart du temps, extrêmement complexe et dépend d'un grand nombre de facteurs environnementaux et surtout socio-économiques. Cette section suggère donc un processus décisionnel visant à faciliter le choix parmi l'ensemble des opportunités de lutte disponibles pour faire face le mieux possible à une situation donnée. Il s'agit par contre d'un survol très simplifié de la situation. Dans la réalité, la problématique est telle, qu'une décision adéquate nécessiterait l'implication d'un groupe d'expert et de l'ensemble des parties prenantes impliquées. Ainsi, différents critères, jugés pertinents dans le contexte québécois, seront présentés afin de comparer l'impact des méthodes pouvant être employées. Par la suite, un outil permettant cette comparaison sera présenté afin de pouvoir être utilisé au besoin. Avant tout, la méthodologie derrière ce processus sera expliquée dans le but de démontrer ses avantages et ses limites.

### **2.2.1. Méthodologie**

Le processus décisionnel choisi est inspiré de celui suggéré dans le guide d'élaboration d'un plan directeur de l'eau du MDDEP (Gangbazo, 2004). En effet, la matrice proposée dans ce document permet de prioriser des techniques d'intervention pour une situation problématique donnée. Ceci peut donc s'avérer utile autant pour les décisions liées à la gestion de l'eau du Québec que pour la lutte aux EEE. Pour cette dernière, les choix devant être effectués sont soumis à de nombreuses contraintes et doivent respecter les trois aspects du développement durable, soit l'environnement, la société et l'économie.



Le processus décisionnel choisi exige l'utilisation de critères qui doivent posséder des poids et des rangs quantifiés afin de permettre une bonne discrimination entre les actions disponibles. Ces décisions doivent se faire en fonction de la perception qu'a le comité ou le gestionnaire responsable du projet. Il s'agit donc d'une méthode subjective, mais efficace pour parvenir à des fins réalistes. Il est à noter que le choix décisionnel proposé dans cet essai pourrait être abordé d'un autre angle, ce qui modifierait considérablement les recommandations suggérées.

Avant toute chose, il est nécessaire de déterminer les critères les plus importants pour faire face convenablement à la situation d'un envahissement par une espèce exotique (section 2.2.2). Dans ce cas-ci, un nombre de quatre critères a été considéré comme étant suffisant afin de couvrir l'ensemble des ambivalences de la problématique et permettre d'émettre quelques recommandations générales.

D'abord, un poids doit être attribué à chacun des critères choisis pour déterminer ceux qui ont plus d'importance que d'autres dans la résolution du problème. Par exemple, il peut être considéré que le coût de la méthode utilisée a plus de poids que son acceptabilité sociale. À ce moment, les décisions seront donc prises en considérant davantage le premier critère que le second. Il a été remarqué qu'il est plus efficace de répartir le poids des critères sur une échelle de 100 points plutôt que sur une échelle allant d'un à quatre. Ceci semble permettre une meilleure discrimination entre les actions à entreprendre. En ce sens, le poids respectif de chaque critère est, en ordre d'importance, de 80 %, 60 %, 40 % et 20 %. Une fois choisi ce poids demeure constant pour toutes les actions à analyser. (Gangbazo, 2004)

Ensuite, une échelle de rang quantifié doit être définie pour chaque critère. Cette échelle présente cinq niveaux d'efficacité probable d'une action. Le rang le plus faible (rang 1) indique que l'action choisie est très peu efficace, tandis que le rang le plus élevé précise qu'elle représente la meilleure situation possible (rang 5). (Gangbazo, 2004)

La décision peut maintenant être prise en élaborant un tableau multicritères qui multiplie le poids de chaque méthode de lutte avec son rang préalablement quantifié (section 2.2.3).

Conséquemment, ceci permet de classer les actions les unes par rapport aux autres. L'action obtenant le pointage le plus élevé peut ainsi être considérée comme celle permettant d'atteindre avec efficience la correction de la problématique compte tenu des critères utilisés. (Gangbazo, 2004)

### **2.2.2. Critères d'efficacité et de faisabilité à privilégier**

Dans le contexte de la problématique des EEE, il est important de choisir des critères réalistes qui permettent de discriminer les méthodes de lutte selon leur efficacité et leur faisabilité. Le tableau 2.3 présente et décrit brièvement les quelques critères pouvant être utilisés à ces fins. La décision parfaite devrait normalement tous les considérer, mais certains d'entre eux ont davantage d'importance en ce qui concerne les contraintes liées à la lutte aux EEE. À ce propos, la section précédente, traitant des différentes méthodes disponibles, semble en fait ressortir quatre principaux qui doivent donc être considérés conjointement. Il s'agit de l'efficacité technique, du coût, de l'impact environnemental et de l'acceptabilité sociale. Bien qu'il pourrait y avoir plusieurs aspects à vérifier pour chacun des critères choisis, ils doivent tous être basés sur une seule variable pour permettre d'être évalué convenablement.

Premièrement, le critère de l'efficacité technique a été considéré comme étant le plus important en raison de l'énorme difficulté à entreprendre quelques actions efficaces que ce soit dans la lutte contre une EEE donnée. Ce critère possède donc le plus grand poids avec un pointage de 80 %. L'efficacité d'une méthode signifie qu'elle permet de limiter ou de réduire significativement les individus de l'espèce indésirable ciblée, et ce, dans la zone où les efforts sont effectués. Cet effet peut être interprété en fonction de cinq rangs échelonnés de manière à faire ressortir la moins bonne efficacité possible de la meilleure. Il s'agit respectivement de l'enlèvement de moins de 25 % de la quantité totale d'individus de la population de l'espèce visée dans la zone déterminée et de la réduction de plus de 90 % de cette espèce pour les mêmes conditions (tableau 2.4.).

Deuxièmement, le coût de la méthode utilisée possède une importance majeure dans la gestion de cette problématique puisque les ressources financières sont assurément limitées. En effet, l'utilisation d'une méthode efficace peut souvent être mise de côté en raison du

manque de fonds disponibles pour la réaliser convenablement. Tel que mentionné précédemment, il est souvent essentiel de réaliser une analyse coût-bénéfice avant d'entreprendre une méthode. Le pointage de ce critère a donc été évalué à 60 % pour tenir compte de cette réalité économique qui limite souvent les actions possibles. Ainsi, les intervalles de coût ont été évalués pour aller de 0 à 4 millions de dollars par année de sorte à favoriser une méthode moins dispendieuse (rang 5) et désavantager une méthode coûteuse (rang 1) (tableau 2.4.). Le montant maximal de 4 millions de dollars représente le montant total alloué par le budget fédéral de 2005 pour la lutte à toutes les espèces aquatiques du Canada.

Tableau 2.3 : Critères d'efficacité et de faisabilité disponibles pour l'évaluation de la situation des EEE (modifié de Gangbazo, 2004, p.71)

Type de critère	Critère	Description
Efficacité	<b>Efficacité technique</b>	Solution la plus efficace permettant de résoudre le problème
	<b>Coût/année</b>	Solution possédant le meilleur rapport coût/efficacité annuel
	Flexibilité à long terme	Solution pouvant être modifiée facilement au fil du temps selon les nouvelles conditions
	<b>Impact environnemental</b>	Solution pouvant provoquer de nouveaux problèmes environnementaux
	Considérations éthiques	Solution pouvant engendrer des problèmes éthiques tels que des effets pervers sur les différents groupes sociaux retrouvés sur le territoire ou des contraintes de temps dans sa mise en oeuvre
Faisabilité	Autorité légale	Le gestionnaire possède l'autorité d'agir
	Approbations/permis	Les approbations et permis nécessaires sont disponibles
	Sources de financement	Des sources de financement sont disponibles à court et long terme
	Administration et personnel	Le gestionnaire est identifié, disponible, a la capacité d'effectuer le travail ou doit agrandir son équipe
	Intégration avec des programmes apparentés	Les solutions peuvent être intégrées aux autres projets existants
	<b>Acceptabilité sociale</b>	Solution acceptable pour l'ensemble de la société (citoyens, élus, organisations)

Les impacts environnementaux de la méthode effectuée représentent un autre critère extrêmement important à prendre en considération dans le domaine de la lutte aux EEE. En effet, il est essentiel que cette lutte soit ciblée seulement qu'à l'espèce visée. Elle ne doit donc nuire en aucune façon aux espèces indigènes retrouvées dans le même milieu. Ce troisième critère a un poids de 40 % qui est toutefois échelonné de façon très

discriminatoire. En effet, la façon dont les rangs sont répartis ne permet d'aucune façon de retenir une méthode affectant plus de 4 espèces de tout groupe d'organismes indigènes partageant le même habitat que l'EEE ciblée (tableau 2.4). Ceci permet donc d'assurer un maximum de protection à l'écosystème par la diminution du risque direct ou indirect possible. Dans ce cas-ci, la survie des espèces indigènes est utilisée en tant qu'indicateur de la qualité du milieu et nécessiterait donc un suivi continu.

Finalement, l'acceptabilité sociale se doit d'être respectée afin que la méthode employée soit acceptée par les acteurs impliqués de près ou de loin dans l'utilisation du milieu naturel visé par la lutte. Cette acceptabilité est influencée par le niveau d'implication des acteurs, de leurs valeurs personnelles, ainsi que des impacts que peut avoir la mise en oeuvre de l'action sur leur situation. Ce dernier critère possède le poids le plus faible avec un pointage de 20 %, ce qui ne signifie pas pour autant qu'il est moins important. L'acceptabilité sociale peut se déterminer à l'aide de sondages présentant explicitement les avantages et les inconvénients de la méthode employée pour la situation donnée. Les rangs de ce critère sont séparés en échelons réguliers de 20 %. Une méthode acceptée par 80 à 100 % (rang 5) d'une population obtient un avantage sur la situation opposée, soit une méthode acceptée par moins de 20 % de la population (rang 1) (tableau 2.4).

### **2.2.3. Outil de comparaison des méthodes**

L'outil de comparaison des méthodes disponibles prend l'aspect du tableau multicritères présenté ci-bas (tableau 2.5.). Ce tableau présente, pour chacune des méthodes à comparer, l'association entre le rang et le poids de chacun des critères précédemment définis et permet d'obtenir un résultat qui discrimine les meilleures méthodes des moins bonnes, et ce, dans une perspective de développement durable. Il est à noter que ce tableau présente les méthodes générales pouvant être effectuées. Il est donc nécessaire de bien les préciser avant de pouvoir l'utiliser. Il doit aussi être utilisé indépendamment pour chacune des situations à analyser puisque les résultats varieront d'une espèce et d'un milieu à l'autre. Il sera d'ailleurs utilisé pour l'étude de cas présenté aux chapitres suivants, soit celui de la lutte au gobie à taches noires dans le milieu aquatique du lac Saint-Pierre.



### **3. GOBIE À TACHES NOIRES AU LAC SAINT-PIERRE**

Le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*), une espèce aquatique indigène d'Europe de l'Est, est introduit au Canada depuis une vingtaine d'années. Ce petit poisson est aujourd'hui considéré comme préoccupant et menaçant pour l'intégrité écologique des cours d'eau du Québec. Ce chapitre met en évidence les aspects distinctifs de cette situation problématique pour le lac Saint-Pierre et son archipel d'îles, sections du Saint-Laurent reconnues mondialement pour leur importance écologique. Pour ce faire, l'environnement aquatique de ce lac fluvial est d'abord décrit. Puis, l'impact que peut avoir le poisson envahissant sur celui-ci et pour l'environnement aquatique québécois en général est expliqué. Il s'agit donc du cas problématique pour lequel des méthodes de lutte précises devront être analysées et déterminées.

#### **3.1. Portrait de l'environnement aquatique du lac Saint-Pierre**

L'environnement aquatique du lac Saint-Pierre est un milieu naturel fort important pour le Québec. Cette section permet d'en prendre connaissance par la description de ses nombreuses particularités physico-chimiques, biologiques ainsi que son importance sociale et économique.

##### **3.1.1. Description physico-chimique**

Le lac Saint-Pierre est le dernier élargissement majeur du fleuve Saint-Laurent avant son estuaire. D'une longueur totale de 48 km, il débute à l'île aux Foins, située au niveau de la ville de Sorel-Tracy, et se termine entre Pointe-du-Lac (sur la rive nord) et Nicolet (sur la rive sud) (Figure 3.1). Ce réseau hydrographique, de forme rectangulaire et aux coins arrondis, est d'une superficie totale de 469 km<sup>2</sup> qui se fractionne en deux parties, soit un archipel et un lac peu profond. (Burton, 1991; Massé et Mongeau, 1974)

D'abord, l'archipel, partie située en amont du fleuve, comporte environ 103 îles qui représentent 58 % de sa superficie totale de 151 km<sup>2</sup> et qui créent approximativement 155 km de chenaux. Cette première partie reçoit les apports d'eau des rivières Richelieu, Yamaska, Chaloupe, Bayonne et Chicot. (La Violette, 2004)

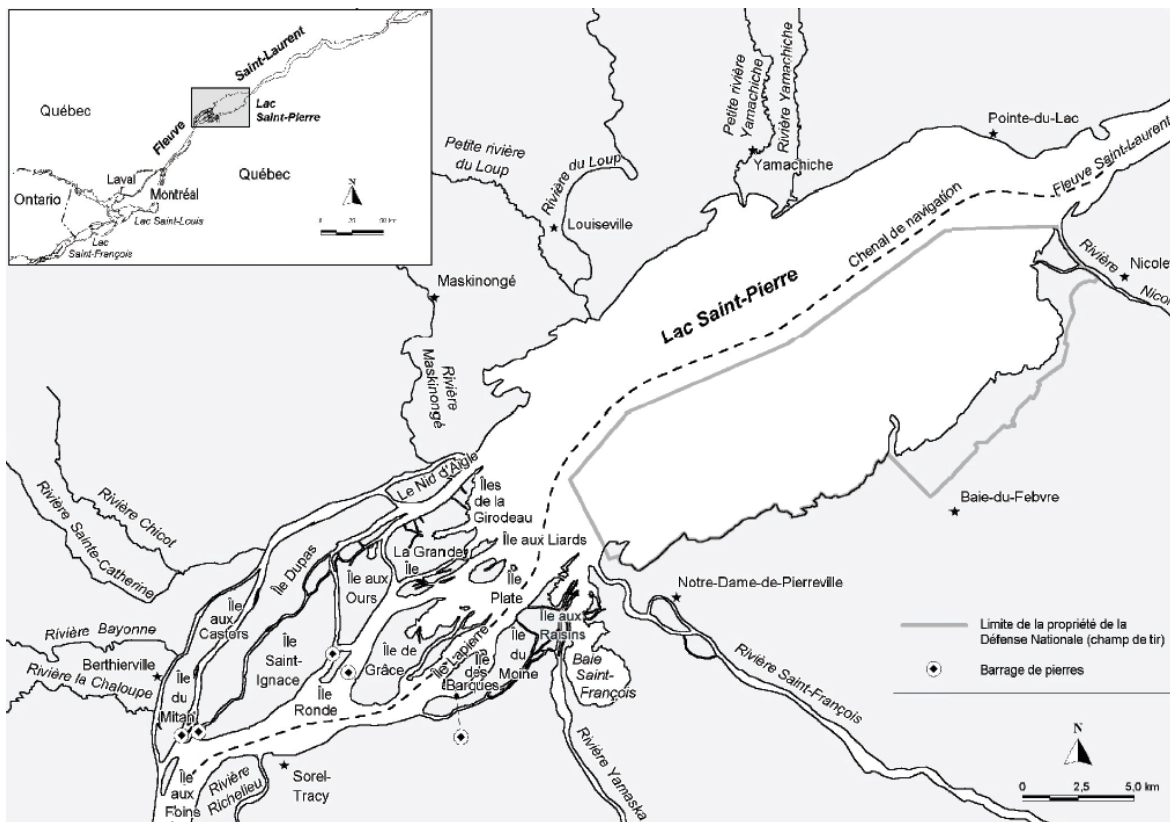


Figure 3.1. Lac Saint-Pierre et son archipel (tiré de La Violette, 2004, p. 99)

La deuxième partie, le lac fluvial, situé en aval du fleuve, est d'une longueur de 25,6 km et d'une largeur de 12,8 km pour une superficie de 318 km<sup>2</sup>. Cette section reçoit l'eau de nombreux tributaires, soit des rivières Maskinongé, Saint-François, du Loup, Petite Yamachiche, Yamachiche et Nicolet. (La Violette, 2004)

Quelque onze affluents rejettent leur masse d'eau au lac Saint-Pierre selon différents débits ce qui contribue à augmenter de 8 % le débit du fleuve. En effet, son débit moyen annuel passe de 9 725 mètres cubes par seconde (m<sup>3</sup>/s) à 10 500 m<sup>3</sup>/s entre l'entrée et la sortie de ce réseau hydrographique. (La Violette, 2004)

La profondeur moyenne naturelle du lac Saint-Pierre est de 2,7 mètres (m) (La Violette, 2004). Cette particularité physique a nécessité, entre 1945 et 1984, de nombreuses activités de dragage et de dépôt de déblais pour la construction et l'entretien du chenal de navigation : la voie maritime du Saint-Laurent (Burton, 1991). Ces activités ont perturbé

29 km<sup>2</sup> du réseau hydrographique dans le but de créer un canal d'une profondeur de 13,7 m qui permet la navigation maritime (*ib.*).

La mise en place du chenal de navigation a modifié drastiquement les conditions physiques du lac, qui se fractionne maintenant en trois sections distinctes, soit le chenal en tant que tel ainsi que chacune des portions nord et sud que son sillon engendre (Burton, 1991). Dans le chenal de navigation, l'eau réside en moyenne près de 20 heures en raison d'un débit d'eau plus rapide mesuré entre 0,6 à 1 mètre par seconde (m/s) (La Violette, 2004). Ce flot rapide provient directement des Grands Lacs et ne se mélange pas immédiatement avec le reste de l'eau retrouvée sur les côtés. En effet, le débit mesuré de part et d'autre du chenal est de 0,3 m/s. Ceci explique que le temps de séjour moyen de au lac Saint-Pierre, malgré un corridor d'eau de différente vitesse, est de 72 heures. Dans la portion nord du lac, les masses d'eau retrouvées sont mixtes et composées d'eau en provenance de la région des Outaouais et des Grands Lacs ainsi que des rivières des Prairies, des Mille-Îles et L'Assomption. La portion sud du chenal accueille, quant à elle, un mélange d'eau mixte d'un ensemble de rivières de la rive sud (Richelieu, Yamaska, Saint-François), mais aussi de la région des Grands Lacs (*ib.*). Les eaux des affluents ainsi rabattues sur les rives nord et sud se mélangent que très lentement entres-elles, canalisant l'écoulement de l'eau en son centre seulement (Burton, 1991; Mingelbier *et al.*, 2008).

Le lac Saint-Pierre, tel qu'observé aujourd'hui, est un vestige du retrait de la mer de Champlain (Gariépy *et al.*, 2000). Il se situe sur un socle rocheux d'une profondeur moyenne de 70 m formé à la période de l'Ordovicien (Massé et Mongeau, 1974). Cette immense cuvette s'est graduellement remplie de dépôts d'argile, de silt et de sable fluvatile déposés par la fonte des glaces de la dernière glaciation (Gariépy *et al.*, 2000; Massé et Mongeau, 1974). Actuellement, le fond du lac est recouvert d'un manteau d'argile d'une profondeur de 167 m constitué d'argile limoneuse ou sableuse (Massé et Mongeau, 1974). Par ailleurs, les quelque cent îles de l'archipel sont principalement constituées de limons ou de loams limoneux déposés par la fonte des glaces et par le retrait marin (*ib.*). Celles-ci sont constamment remaniées en fonction des cycles d'inondations ou des activités et modifications anthropiques (La Violette, 2004).



Le lac Saint-Pierre possède une plaine de débordement (ou d'inondation) d'une superficie pouvant aller de 140 km<sup>2</sup> à 270 km<sup>2</sup> (La Violette, 2004; Gariépy *et al.*, 2000; Municonsult 2002). Cette surface inclut, sur la rive sud, les secteurs de Baie-du-Febvre, Nicolet, Longue-Pointe, Baie Saint-François, Baie Lavallière, l'archipel d'îles; et, sur la rive nord, des secteurs de Saint-Barthélémy, Saint-Joseph-de-Maskinongé et Baie Yamachiche (*ib.*). Ces quelques zones périphériques au lac subissent des inondations récurrentes de plus de deux mètres, pour une période variant entre cinq à neuf semaines, et ce, à tous les deux ans (Municonsult, 2002; Gariépy *et al.*, 2000). À ce moment, le lac s'accroît d'environ 37 % passant d'environ 470 km<sup>2</sup> à 660 km<sup>2</sup>. La plaine inondée affecte ainsi 70 km<sup>2</sup> de prairies naturelles, d'arbustales et de forêts riveraines ainsi que 40 km<sup>2</sup> de terres agricoles cultivées (Gariépy *et al.*, 2000). Ces inondations engendrent un apport considérable en alluvion sur les berges des cours d'eau ce qui procure aux terres une très bonne fertilité naturelle (*ib.*). Cette particularité du lac a engendré la création d'immenses milieux humides représentant 50 % de tous ceux retrouvés en bordure du fleuve Saint-Laurent (*ib.*). Effectivement, quatre types de milieux sont répertoriés autour du lac, soit des marais, marécages, prairies humides et herbiers aquatiques (Municonsult, 2002). Le tableau 3.1 fait état des principales caractéristiques de ces milieux ainsi que de leurs types de végétation et de leurs superficies respectives.

Tableau 3.1 : Caractéristiques, végétation et superficie des milieux humides retrouvés en périphérie du lac Saint-Pierre (inspiré de Municonsult, 2002, p. 3-4)

Milieu humide	Caractéristiques	Type de végétation	Superficie (km <sup>2</sup> )
Marais	- Terres humides inondées périodiquement - Variation de l'eau entre 15 cm et 1 m	- Végétation herbacée - Maximum de 25 % d'arbres et arbustes	83, 61
Marécage	- Terres humides boisées - Eau de surface stagnante	- Arbres et arbustes	83, 95
Prairie humide	- Peu d'ouverture dans la végétation - Variation de l'eau entre 15 et 30 cm	- Couverture herbacée (graminoïde)	47, 96
Herbier aquatique	- Milieu humide dominé par la végétation	- Végétation flottante - Végétation algale ou submergée - Maximum de 25 % de plantes émergentes	62, 17
Total			277, 69

Le territoire à l'étude est aussi considérablement affecté par divers polluants en provenance de ses nombreux tributaires, des municipalités riveraines, des municipalités et villes situées en amont, ainsi que la forte pression agricole exercée sur le périmètre du lac et dans l'ensemble des bassins versants qui y sont drainés (La Violette, 2004).

### 3.1.2. Description biologique

Le territoire du lac Saint-Pierre contient une grande diversité d'habitats disponibles pour la faune et la flore du Saint-Laurent (La Violette, 2004). Que ce soit pour sa taille, sa crue printanière, l'importance de sa plaine d'inondation ou de sa liaison avec le système fluvial, il représente l'un des secteurs les plus importants en terme de richesse et d'abondance spécifique au Québec (Burton, 1991; La Violette, 2004). Ceci est dû principalement à l'hétérogénéité de ses milieux humides qui permettent à une énorme biodiversité de se nourrir, de s'abriter, de se reposer et/ou de se reproduire (Municonsult, 2002). Il s'agit aussi d'un milieu intègre, demeuré à 90 % naturel en raison de sa difficulté d'accès contrairement à d'autres régions situées le long du Saint-Laurent (Burton, 1991). De façon générale, le tableau 3.2 reprend chacun des milieux humides présentés à la section précédente en désignant leurs importances pour la faune et présente les principales espèces aquatiques qui y sont retrouvées.

Tableau 3.2. Importance des différents milieux humides du lac Saint-Pierre pour la faune et les principales espèces aquatiques retrouvées (Compilation d'après Municonsult, 2002, p. 3-4; Gariépy *et al.*, 2000, p. 39-43)

Milieu humide	Importance pour la faune	Espèces aquatiques caractéristiques
Marais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitat du rat musqué (<i>Ondatra zibethicus</i>) et d'anoures</li> <li>- Abri d'invertébrés, de poissons juvéniles et de leurs prédateurs</li> <li>- Halte migratoire de nombreuses espèces de canard barboteur</li> <li>- Site d'alimentation et d'élevage des oiseaux aquatiques et des canards</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perchaude (<i>Perca flavescens</i>)</li> <li>- Barbotte brune (<i>Ameiurus nebulosus</i>)</li> <li>- Grand brochet (<i>Esox lucius</i>)</li> <li>- Crapet soleil (<i>Lepomis gibbosus</i>)</li> <li>- Écrevisses</li> </ul>
Marécage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nid pour les espèces de canard barboteur</li> <li>- Nid pour plusieurs espèces d'oiseaux des milieux humides</li> <li>- Abri pour différents reptiles</li> <li>- Site de reproduction et d'alimentation des poissons</li> </ul>	N/A
Prairie humide	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Site de production d'invertébrés</li> <li>- Aires d'alimentation et de reproduction des poissons</li> <li>- Habitat occasionnel d'espèces de canard barboteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perchaude (<i>Perca flavescens</i>)</li> <li>- Barbotte brune (<i>Ameiurus nebulosus</i>)</li> <li>- Grand brochet (<i>Esox lucius</i>)</li> <li>- Doré jaune (<i>Sander vitreus</i>)</li> </ul>
Herbier aquatique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supporte le cycle de vie de nombreux invertébrés</li> <li>- Site de reproduction et d'alimentation des poissons</li> <li>- Site utilisé lors de la halte migratoire des canards pour leur alimentation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perchaude (<i>Perca flavescens</i>)</li> <li>- Barbotte brune (<i>Ameiurus nebulosus</i>)</li> <li>- Grand brochet (<i>Esox lucius</i>)</li> <li>- Doré jaune (<i>Sander vitreus</i>)</li> <li>- Écrevisses</li> </ul>

Il s'agit donc d'un milieu privilégié pour les espèces aquatiques. En fait, 79 espèces de poissons dulcicoles indigènes y sont retrouvées (Langlois *et al.*, 1992). Les différents

milieux répertoriés sont d'une importance cruciale pour le cycle de vie de plusieurs espèces de poissons. À ce propos de nombreuses frayères réelles ou potentielles ont été répertoriées au lac Saint-Pierre ce qui fait de ce milieu et de sa plaine inondable une région critique pour la survie de plusieurs espèces aquatiques indigènes, qui souvent ont un intérêt commercial majeur (Municonsult, 2002). La perchaude (*Perca flavescens*), la barbotte brune (*Ameiurus nebulosus*), le doré jaune (*Sander vitreus*), le doré noir (*Sander canadensis*), le grand brochet (*Esox lucius*) et le crapet soleil (*Lepomis gibbosus*) sont des espèces caractéristiques de l'ensemble de ce secteur (*ib.*).

Ce milieu possède aussi une grande importance pour la faune terrestre. D'abord, il reçoit plus d'une centaine d'espèces d'oiseaux au cours de différentes périodes de leur cycle de vie, que ce soit lors de leur nidification, leur migration, leur hivernage ou leur estivage (Gariépy *et al.*, 2000). Il s'agit, entre autres, de la plus importante halte migratoire de la sauvagine dans tout l'est du Canada. Les milieux naturels du lac Saint-Pierre représentent d'ailleurs un site privilégié par la grande oie des neiges (*Chen caerulescens*). Ce milieu renferme aussi l'une des plus grandes héronnières d'Amérique du Nord avec ses quelque 800 nids (Burton, 1991). Il s'agit aussi d'un endroit privilégié par environ 13 espèces d'amphibiens et 5 espèces de reptiles, groupes de plus en plus menacés au Québec. Il représente enfin un habitat de choix pour plus d'une vingtaine d'espèces de mammifère. Cette faune est souvent soutenue écologiquement par l'écosystème aquatique. (Municonsult, 2002)

### **3.1.3. Description socio-économique**

La région du lac Saint-Pierre s'est fortement développée au fil du temps, et ce, autour de diverses activités socio-économiques telles que l'agriculture, la chasse, la pêche, la villégiature, la plaisance, la navigation marchande, le commerce, l'industrie légère, l'industrie lourde et le développement résidentiel (Gariépy *et al.*, 2000). Les nombreuses activités s'y déroulant peuvent avoir des impacts directs ou indirects sur le milieu naturel, mais aussi sur la biodiversité qui s'y retrouve.

### **3.1.4. Importance de ce milieu naturel**

L'importance de ce milieu naturel est tel, qu'il est devenu au début des années 2000, un site Ramsar, en vertu de la *Convention relative aux zones humides d'importance internationale*, ainsi qu'une réserve de la biosphère de l'UNESCO (Municonsult, 2002).

En 2006, ce territoire a aussi fait l'objet d'une première aire faunique communautaire (AFC). Il s'agit d'un organisme sans but lucratif (OSBL) qui gère le droit de la pêche sportive afin d'y assurer la conservation et la mise en valeur de la faune aquatique (Aire faunique communautaire du lac Saint-Pierre (AFC-LSP), 2009).

Bien que de nombreux efforts ont été effectués pour préserver l'intégralité écologique de ce milieu exceptionnel, quelques problématiques environnementales risquent de les compromettre. En effet, l'arrivée de nouveaux contaminants dans les eaux du lac Saint-Pierre, l'impact du changement climatique et surtout, l'arrivée d'EEE de toutes sortes pourront remodeler les aspects physico-chimiques, biologiques et socio-économiques de ce milieu, sans aucune intervention directe des êtres humains (La Violette *et al.*, 2003).

## **3.2. Impact du gobie à taches noires**

Le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) est une EEE de plus en plus préoccupante pour le territoire de la province de Québec. Afin de déterminer les meilleures méthodes de lutte à mettre en place pour l'éradiquer ou le contrôler, il est nécessaire d'établir son portrait complet. Ainsi, ses caractéristiques biologiques seront brièvement mentionnées tout comme l'historique de son introduction. Par la suite, l'impact de ce poisson pour le fleuve Saint-Laurent, mais surtout pour le lac Saint-Pierre sera mentionné. Enfin, les risques de dégradation possibles pour l'ensemble de l'écosystème aquatique québécois seront survolés.

### **3.2.1. Caractéristiques biologiques du poisson**

Le gobie à taches noires est une espèce de l'ordre des Perciformes, représentative de la famille des gobiidés (Balážová-L'avrinčiková and Kováč, 2007). Il s'agit d'un poisson de petite taille puisque les individus adultes mesurent entre 8 et 15 cm et peuvent atteindre

jusqu'à 25 cm (MRNF, 2012a). Il se distingue des autres poissons dulcicoles d'Amérique du Nord par quelques caractéristiques morphologiques qui lui sont particulières (Figure 3.2).

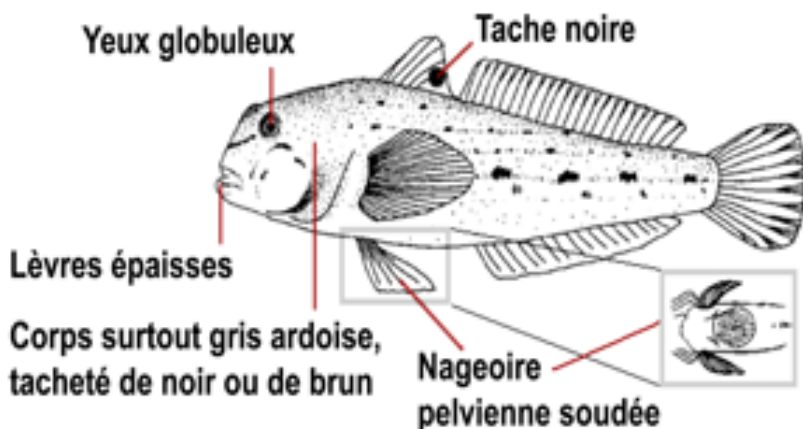


Figure 3.2. Physionomie caractéristique du gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) (MRNF, 2012a)

Comme la plupart des individus de sa famille, il possède une nageoire pelvienne soudée en forme de ventouse arrondie (Marsden *et al.*, 1996). Il possède aussi deux nageoires dorsales : une première, petite et pointue arborant une tache noire et une deuxième plus longue (*ib.*). Son corps est de couleur gris ardoise, plus ou moins parsemée de taches grises et brunes (MRNF, 2012a). Enfin, sa tête est aplatie, relativement de la même largeur que sa partie postérieure et présente des yeux globuleux et proéminents ainsi que des lèvres épaisses (Balázová-L'avrinčiková and Kováč, 2007; MRNF, 2012a).

Le gobie à taches noires est un poisson benthique, c'est-à-dire qu'il est généralement retrouvé dans le fond des plans d'eau même s'il peut tolérer différentes profondeurs (MRNF, 2012a). Il évolue habituellement sur des substrats rocheux constitués de gravier grossier, de coquillages ou de sable recouvert de macrophytes, assemblage qui lui offre un abri intéressant (Marsden *et al.*, 1996). Les individus parviennent à se retenir à ces substrats à l'aide de leur ventouse pelvienne ce qui leur permet donc de résister à la force du courant (Jude *et al.*, 1992). Ce poisson en est aussi un d'eau douce même s'il supporte l'eau légèrement salée (MRNF, 2012a). Il possède une bonne capacité d'adaptation puisqu'il a été

remarqué que son comportement varie entre sa situation canadienne et européenne (Marsden *et al.*, 1996).

Il existe des distinctions importantes dans le développement physique et comportemental entre les individus de sexe opposé. D'abord, les mâles atteignent leur maturité sexuelle vers 3 ou 4 ans. Leur rôle se résume principalement à établir un territoire au printemps en préparant un site de nidification qu'ils défendront activement pour attirer les femelles à y frayer. Habituellement, ce site est placé sur un substrat rocheux, c'est-à-dire sous des roches, des morceaux de bois immergés ou dans des cavités rocheuses. Une fois que les oeufs fécondés y sont déposés par la femelle, le mâle change de couleur, cesse de se nourrir et utilise de nombreuses techniques agressives pour éloigner les prédateurs jusqu'à l'éclosion, c'est-à-dire pendant 2 à 3 semaines. L'ensemble de son corps devient alors plus foncé, souvent presque noir, et des taches jaunes y apparaissent. Lorsqu'un intrus s'approche de son nid, il peut lancer du sable, attaquer violemment le prédateur en visant ses branchies ou le mordre. Il produit aussi un grognement distinctif qui peut être entendu, sous l'eau, sur une distance de 5 à 10 m et qui dissuade d'autres prédateurs de s'approcher. Le mâle a donc un haut niveau d'investissement parental puisqu'il passe la majeure partie de son énergie dans la protection de son nid et dans le développement de ses caractéristiques sexuelles. À ce niveau, il utilise aussi ce type de signaux visuels et acoustiques pendant la reproduction. Par exemple, il peut changer sa posture, sa couleur, ou émettre un grognement qui, cette fois, attire les femelles. Dans le même sens, les mâles ont développé, au fil de leur évolution, un système très performant de messages à l'aide de phéromones leur permettant d'attirer davantage de femelles gravides. Quant à elles, les femelles sont plus précoces et atteignent leur maturité sexuelle après 1 ou 2 ans. Elles sont attirées par les mâles et parcourent différents nids afin d'assurer leur propre progéniture en y déposant leurs oeufs. Chaque ponte peut libérer entre 500 et 3000 oeufs, et ce, six fois par saison de reproduction, faisant de ce poisson un géniteur très fécond. Elles peuvent aussi émettre un signal sonore en réponse à celui des mâles qui est toutefois moins puissant. (MRNF, 2012a; Marsden *et al.*, 1996; Zielinski *et al.*, 2003)

Les gobies à taches noires se nourrissent majoritairement d'espèces benthiques. Dans leur pays d'origine, leur alimentation se compose majoritairement de macroinvertébrés, c'est-à-dire de crustacés et de mollusques, mais aussi de vers et de poissons pour les individus les plus grands (tableau 3.4) (Marsden *et al.*, 1996; King *et al.*, 2006). Ces poissons peuvent donc être qualifiés de prédateurs généralistes (Kipp and Ricciardi, 2012). En Amérique du Nord, bien qu'ils consomment des moules indigènes, ils s'alimentent principalement d'énormes quantités de moules zébrés et de moules quagga; deux EEE ayant un impact écologique majeur. La présence abondante de ces deux espèces de moule facilite donc l'expansion des individus de gobie à taches noires (Marentelle *et al.* 2010; King *et al.*, 2006). Ils peuvent aussi se nourrir d'oeufs et de larves de poissons indigènes et particulièrement de ceux de perchaude (*Perca flavescens*), de doré jaune (*Sander vitreus*), d'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*) et de quelques espèces de méné (*Notropis*) et de fouille-roche (*Percina*).

Tableau 3.3. Fréquence (%) des différents taxons retrouvés dans le système digestif des gobies à taches noires de différentes longueurs de la mer d'Azov (modifié de Marsden *et al.*, 1996, p. 24)

Taxon	Longueur des gobies à taches noires (cm)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Mollusques	60	75	72	73	73	71	67	53	57
Crustacés	40	25	10	16	16	23	19	40	29
Vers	-	-	18	11	9	3	4	-	-
Poissons	-	-	-	-	2	3	10	7	14

### 3.2.2. Historique de son introduction

Le 28 juin 1990, trois gobies à taches noires ont été capturés pour la première fois dans la rivière Sainte-Claire, près de Sarnia en Ontario (Jude *et al.*, 1992). Cette espèce n'avait alors jamais été répertoriée au Canada (*ib.*). Il a alors été présumé que ce poisson ait été relâché dans les Grands Lacs par l'eau de ballast non-traité des navires commerciaux (Gherardi, 2007). En effet, le réseau des Grands Lacs, situé à la frontière du Canada et des États-Unis, représente un point chaud pour l'introduction d'EEE, qui a ce jour à été la porte d'entrée de 145 espèces de ce type (*ib.*). Lors de la période où le gobie a été découvert, de nombreuses autres espèces problématiques ont fait leur apparition telle que la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*), la moule quagga (*Dreissena bugensis*) et le gobie à nez tubulaire

(*Protororhinus marmoratus*), une espèce de la même famille, mais qui s'est avérée moins envahissante (Marsden *et al.*, 1996).

Avant son arrivée dans les Grands Lacs, l'expansion du gobie à taches noires a d'abord débuté dans la région Ponto-Caspienne, en Europe de l'Est (Balážová-L'avrinčiková et Kováč, 2007). Il s'agit d'une information importante puisque les espèces envahissantes dans leur lieu d'origine sont souvent susceptibles d'envahir d'autres régions s'ils y sont transportés (Dodds, 2002). Originaire du bassin Ponto-Caspien, c'est-à-dire des mers Noires (Black sea), Caspiennes (Caspian sea), d'Azov (Sea of azov) et Marmara (Sea of Marmara) entre la Turquie, l'Iran et le Kazastan, le gobie à taches noires prend de l'expansion dans cette région depuis environ 1950 et ce, par diverses introductions accidentelles liées au transport maritime (figure 3.3) (Balážová-L'avrinčiková and Kováč, 2007). En 1990, il est retrouvé à l'extérieur du bassin Ponto-Caspien puisqu'il a réussi à remonter graduellement les rivières de sa région d'origine jusqu'au Golfe de Gdansk (Gulf of Gdansk) dans la mer Baltique (Baltic sea) pour former l'énorme réseau de dispersion qui lui est actuellement connu (*ib.*). Ainsi, l'arrivée de cette espèce au Canada est d'abord probablement due à son potentiel envahissant dans sa région d'origine.



Figure 3.3. Répartition géographique du gobie à taches noires en Europe de l'Est (tiré de Marsden *et al.*, 1996, p.9)



Il est difficile de savoir combien d'introductions ont eu lieu en milieu aquatique canadien dans les années 1990, et même si cette espèce était présente au Canada avant la date de sa première observation. Ce qui est certain est que le nombre d'individus rejeté dans les eaux du Canada a rapidement augmenté pour aujourd'hui se retrouver dans tous les Grands Lacs en moins de cinq ans (Poos *et al.*, 2010). À partir de ce premier envahissement, le gobie à taches noires s'est rapidement étendu dans les principaux tributaires pour effectuer un envahissement secondaire (*ib.*). En 1997, le poisson a été capturé pour la première fois dans le fleuve Saint-Laurent près de la ville de Québec (Brodeur *et al.*, 2011). En 2000, 2004, et 2006, il a été observé respectivement au lac Saint-François, dans la région de Montréal et au lac Saint-Pierre. Il est présentement retrouvé partout dans le Saint-Laurent, c'est-à-dire de l'Ontario jusqu'à Rivière-Ouelle. (figure 3.4). Des pêches expérimentales réalisées en 2009 et en 2010 ont révélé que le gobie à taches noires est maintenant dominant dans le lac Saint-François, mais cinq fois moins abondant au lac Saint-Pierre (*ib.*). En plus de parcourir le fleuve Saint-Laurent, il s'est aussi étendu vers le sud dans plusieurs états des États-Unis (MRNF, 2012a).

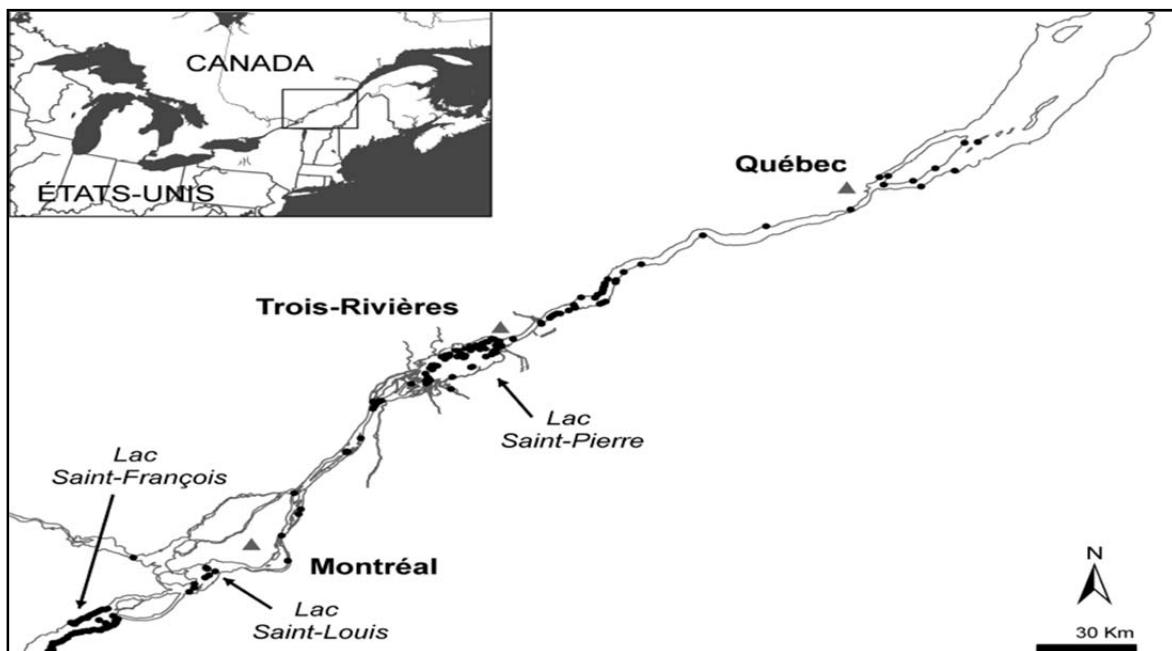


Figure 3.4. Répartition géographique du gobie à taches noires, entre 1997 et 2010, dans le fleuve Saint-Laurent (tiré de Brodeur *et al.*, 2011, p.5)

Pour le moment, le gobie à taches noires n'est pas retrouvé dans les eaux intérieures du Québec, c'est-à-dire dans les nombreux lacs et cours d'eau situés au nord et au sud du Saint-Laurent (MRNF, 2012a). À la lueur de ces informations et en se référant à la figure 1.1, il est possible d'affirmer que le niveau d'invasion du poisson est présentement dans sa phase d'expansion, c'est-à-dire qu'il est maintenant bien naturalisé dans l'environnement du Québec.

### **3.2.3. Impact du poisson et risque de dégradation de l'écosystème aquatique québécois**

Le gobie à taches noires a d'abord un impact sur l'ensemble de l'écosystème aquatique du fleuve Saint-Laurent. Sa présence a des répercussions sur chacun des lacs fluviaux et évidemment sur l'environnement exceptionnel du lac Saint-Pierre. Les principaux impacts de cette espèce de gobiidés affectent directement le réseau trophique aquatique, c'est-à-dire les liens de l'écosystème. Ils affectent donc indirectement la société et l'économie. En effet, ce poisson représente un risque majeur pour la survie d'une partie de la biodiversité indigène du Québec, et risque d'entraîner la contamination de certaines autres espèces, dont quelques-unes exploitées pour la consommation humaine (Paradis, 2011).

Premièrement, le gobie à taches noires peut modifier, de différente façon, les populations d'espèces indigènes variées. De nombreuses recherches sont actuellement en cours pour clarifier cet impact, mais jusqu'à maintenant, il a été noté qu'il peut surtout affecter les populations de poissons et de macroinvertébrés (Kipp and Ricciardi, 2012).

Le poisson entraîne une transformation majeure des interactions trophiques des cours d'eau par la modification de la composition, la diversité et la biomasse des communautés de macroinvertébrés aquatiques, principalement ceux retrouvés sur les substrats rocheux (Kipp and Ricciardi, 2012).

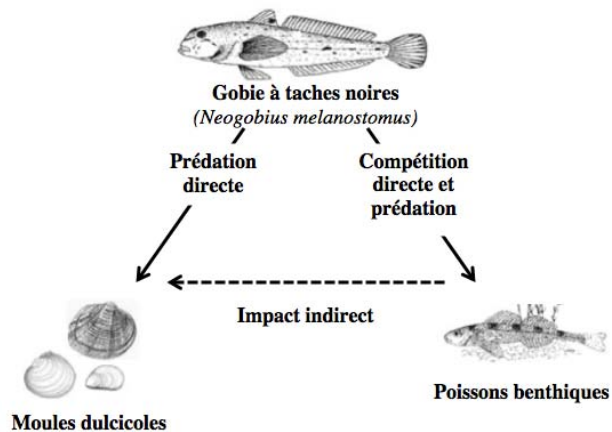


Figure 3.5. Impact du gobie à taches noires sur les poissons benthiques indigènes et sur les moules dulcicoles (modifié de Poos *et al.*, 2010, p.1271)

D'abord, leur consommation de moules exotiques et indigènes engendre une diminution de la densité de ces espèces, soit par prédation directe ou par impacts indirects. En effet, la compétition du gobie avec certaines espèces de poissons benthiques essentielles au cycle de vie des moules, entre autres pour la dispersion de leur larve, limite leurs potentiels reproducteurs (figure 3.5) (Kipp and Ricciardi, 2012; Poos *et al.*, 2010). Ensuite, une prédation directe des gastéropodes par le poisson exotique engendre aussi un sévère déclin de la biomasse de ces organismes (Kipp and Ricciardi, 2012). Ceci produit indirectement une augmentation visible de la quantité d'algues benthiques puisque ces mollusques sont des consommateurs importants de ce type de végétaux. Puisque les invertébrés benthiques tels que les moules et les gastéropodes font partie de la diète d'un grand groupe d'autres poissons, leur diminution drastique par l'arrivée du gobie pourrait les affecter indirectement. (*ib.*)

Le gobie à taches noires peut aussi affecter les communautés de poissons indigènes par la compétition pour la nourriture et l'espace (King *et al.*, 2006). À ce niveau, il affecte principalement le chabot tacheté (*Cottus bairdi*), le fouille-roche zébré (*Percina caprodes*), la perchaude (*Perca flavescens*) et le raseux de terre (*Etheostomas nigrum*) en se nourrissant de leurs oeufs ou de poissons juvéniles (King *et al.*, 2006; Marentette *et al.*, 2010; Poos *et al.*, 2010; Brodeur *et al.*, 2011). Il est d'ailleurs désigné par les spécialistes

comme l'un des compétiteurs ayant contribué à la diminution drastique des stocks de perchaude du lac Saint-Pierre dans les années 2010 (Brodeur, 2012).

Certains des poissons mentionnés ci-haut possèdent un intérêt économique ou font partie de l'alimentation d'autres poissons d'intérêt commerciaux. Ainsi, les modifications écologiques engendrées sur ceux-ci peuvent nuire à la qualité des pêches et entraîner des impacts indirects (MRNF, 2012a). De plus, en étant devenu une proie de choix pour certains poissons indigènes, le gobie à taches noires peut aussi engendrer d'importantes modifications dans le transfert de nutriments et d'énergie de l'écosystème (Brodeur *et al.*, 2011). Il a d'ailleurs été constaté que sept espèces de poissons du lac Saint-Pierre peuvent, à différents degrés, se nourrir de gobies. Il s'agit du doré noir, du doré jaune, de l'achigan à petite bouche, du grand brochet, de la perchaude, de la barbue de rivière et de la barbotte brune. Pour trois de ces espèces (achigan à petite bouche, doré jaune, doré noir), la contribution du poisson envahissant à leur alimentation dépasse celle de la perchaude. Ceci est un indice que la structure trophique de cet environnement aquatique a véritablement commencé à se modifier. Toutefois la prédation du gobie par d'autres espèces possède ses limites puisqu'elle est peu effectuée par l'association typique des lacs du Québec, soit celle grand brochet-doré jaune. L'arrivée du poisson exotique dans ces zones intérieures est catastrophique puisqu'aucun contrôle naturel ne peut y être exercé (*ib.*) Il est donc important de ne pas utiliser le gobie à taches noires en tant qu'appât pour la pêche sportive puisque ceci pourrait accélérer sa répartition dans ces milieux fermés (MRNF, 2012a).

Plutôt que de constituer une nuisance, le petit poisson à l'étude parvient toutefois à améliorer les conditions de quelques espèces. Des études ont révélé que son apparition dans de nouveaux milieux a grandement amélioré le régime alimentaire de la couleuvre d'eau (*Nerodia sipedon insularum*) en Ontario et des grands hérons (*Ardea herodias*) de la mer Baltique. (King *et al.*, 2006; Jakubas, 2004). Il n'en demeure pas moins qu'il s'agit de modifications trophiques importantes qui intègrent davantage ce poisson à des milieux dont il n'est pas originaire.

En étant l'un des seuls poissons à consommer une quantité abondante de moules zébrés et de moules quagga, le gobie à taches noires peut bioconcentrer les contaminants de ces organismes dans ses tissus et ainsi peut provoquer une bioamplification importante dans les autres niveaux de la chaîne trophique. En effet, ces deux espèces de moules exotiques, qui ne sont normalement pas consommées, ont la capacité de filtrer l'eau et ainsi d'accumuler des particules contaminées dans leur organisme. En consommant ces moules et en étant lui-même la proie de poissons indigènes, le gobie provoque une introduction de contaminants normalement inaccessible pour les poissons indigènes. Par exemple, les gobies retrouvés dans le lac Ontario sont contaminés aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), aux métaux lourds et aux biphényles polychlorés (BPC). Les poissons indigènes affectés peuvent être ceux consommés par les humains, ce qui engendre aussi un risque pour la santé publique. (Marentette *et al.*, 2010)

Le gobie à tache noires représente aussi une nuisance majeure pour les pêcheurs sportifs. Effectivement, il a été constaté sur le terrain que ce petit poisson vorace décroche souvent les leurres de ligne à pêche destinée à la capture d'autres espèces d'intérêt. La pêche aux vers de terre est donc bien souvent impossible puisque cet appât est rapidement dévoré dès qu'il se retrouve dans l'eau (QuébecPêche, 2011).

La capacité qu'à cette EAE à survivre dans des habitats variés, à modifier sa diète ainsi que sa forte agressivité, sa fécondité élevée, ses fraies multiples au cours d'une même année, et les soins parentaux procurés par le mâle en fait une espèce toute désignée à transformer des écosystèmes fermés ou à faible débit (Brodeur *et al.*, 2011). Le gobie à taches noires possède tout le potentiel nécessaire pour provoquer une cascade trophique c'est-à-dire d'engendrer des impacts négatifs jusque sur les producteurs primaires (Kipp and Ricciardi, 2012).

#### **4. MÉTHODES DE CONTRÔLE À PRIVILÉGIER AU LAC SAINT-PIERRE**

La présence du gobie à taches noires dans le fleuve Saint-Laurent et dans le lac Saint-Pierre inquiète un grand nombre d'experts du domaine de l'écologie et de l'environnement. Les impacts de ce poisson modifient radicalement l'intégralité de l'ensemble de ces écosystèmes aquatiques tout en engendrant des impacts indirects pouvant aller jusqu'à affecter la santé publique. Bien que les risques et les impacts du poisson nécessitent encore des recherches scientifiques, la situation est assez avancée pour constater qu'elle est bel et bien nuisible à la qualité de l'environnement (Charlebois *et al.*, 2001). D'abord, les actions possibles visant à limiter les dégâts que pourrait effectuer ce poisson sur l'environnement seront présentées. Ces actions seront par la suite analysées sommairement à l'aide de l'outil de comparaison des méthodes qu'est le tableau multicritères préalablement mis en place. Les principales recommandations ressortant de cet exercice seront enfin exposées.

##### **4.1. Actions possibles dans le cas du gobie à taches noires**

Tel que présenté au chapitre 2, il existe un total de quatre méthodes de lutte possible lors de l'envahissement d'une EAE : l'éradication, le confinement, le contrôle et l'atténuation. Chacune de ces méthodes peut et doit être jumelée à une cinquième, soit la participation du public. Dans cette perspective, les actions possibles dans le contexte de la lutte au gobie à taches noires seront maintenant présentées en détail pour chacune de ces catégories.

###### **4.1.1. Éradication**

L'éradication, la méthode de lutte idéale dans le cas de l'envahissement d'une espèce exotique envahissante, ne peut malheureusement pas s'appliquer pour la situation étudiée. D'abord, cette méthode est souvent très difficile à mettre en place, voire impossible, pour les espèces aquatiques (Wittenberg and Cock, 2005). En effet, il est bien connu qu'une éradication soit efficace seulement en début d'envahissement, soit au moment de l'introduction ou de la naturalisation d'une espèce dans un nouveau milieu (Ling, 2009) (figure 1.1). Dès que la population de l'espèce entreprend son expansion sur un nouveau territoire, il devient de plus en plus difficile de la contrôler puisqu'elle s'augmente rapidement (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005).

Depuis son arrivée dans les eaux du Canada dans les années 1990, le gobie à taches noires n'a fait l'objet d'aucune réponse rapide de la part des gestionnaires de l'environnement.

Certes, sa présence a été remarquée et étudiée, mais aucune action concrète n'a été utilisée à grande échelle pour l'enrayer. Ainsi, sa densité a pris de l'ampleur dans les eaux du Québec, et ce, des Grands Lacs jusqu'à l'estuaire fluvial du Saint-Laurent. Le poisson est donc maintenant retrouvé sur tout le tronçon fluvial et dans tous les lacs fluviaux. Ceci fait en sorte que son éradication est maintenant bel et bien impossible sur l'ensemble du territoire colonisé (Pelletier, 2010).

Quelques projets d'éradication ont toutefois été considérés localement afin de limiter l'expansion du poisson. Par exemple, en 2004, un projet d'intervention rapide visant l'élimination du gobie à taches noires dans le ruisseau Pefferlaw en Ontario a été mis en place (Fédération des Pêcheurs et Chasseurs de l'Ontario (FCPO), 2012). Celui-ci avait comme but d'empêcher que le poisson réussisse à coloniser le lac Simcoe situé en aval. S'il y parvenait, il aurait alors été considéré impossible de l'enlever. Les circonstances particulières à ce ruisseau tout comme la disponibilité des techniques et des technologies possibles ont fait en sorte qu'un traitement au roténone, un piscicide, a été mis de l'avant. La lutte chimique a donc été choisie pour tenter d'éradiquer complètement le poisson de ce milieu aquatique (*ib.*). Malheureusement, cette initiative n'a pas été aussi efficace que souhaité (Dimond *et al.*, 2010). Elle n'a pas permis d'éradiquer complètement le poisson du ruisseau, ni d'empêcher sa propagation au lac Simcoe. Par contre, elle a beaucoup influencé le taux de propagation du poisson, ce qui représente une mesure d'atténuation considérable pour l'un des premiers et des seuls essais d'action rapide ayant eu lieu au Canada (*ib.*).

#### **4.1.2. Confinement**

Le confinement, après l'éradication, demeure la meilleure méthode pour limiter l'expansion des espèces aquatiques sur un territoire. Compte tenu du fait que le gobie à taches noires a déjà entrepris son expansion depuis quelques années, il est inutile d'agir à grande échelle dans cette direction (Wittenberg and Cock, 2001; Wittenberg and Cock, 2005). En effet, cette méthode n'est généralement efficace que dans les premières phases de développement d'une EEE.

Il s'agit toutefois d'une méthode efficace et possible dans le cas des espèces aquatiques dulcicoles, telles que le poisson à l'étude (Wittenberg and Cock, 2001). La méthode aurait

donc pu être envisagée pour tout le fleuve Saint-Laurent au moment de l'expansion du poisson vers la fin des années 1990.

Par ailleurs, de par son archipel énorme, la situation du lac Saint-Pierre aurait représenté un lieu propice à un confinement efficace. À l'aide d'un programme présentant des objectifs précis et la mise en place des infrastructures nécessaires, le poisson n'aurait probablement pas pu traverser l'archipel pour se développer dans le lac fluvial et en aval du fleuve Saint-Laurent. Étant donné que sa présence actuelle est bel et bien réelle à cet endroit, il ne semble plus nécessaire d'agir à ce niveau. Le confinement, dans la perspective d'empêcher l'arrivée de l'EAE dans cet écosystème exceptionnel, est donc vain.

#### **4.1.3. Contrôle**

Dans une situation telle que celle du gobie à tache noire, où l'éradication et le confinement sont des méthodes considérées comme étant impossible, le contrôle représente la dernière solution de lutte concrète à mettre en place. Elle peut permettre de limiter la densité du poisson ou de limiter son expansion dans le réseau hydrographique québécois (Pelletier, 2010). Les efforts peuvent être variés et inclure le contrôle biologique, chimique et physique ou mécanique. Le tableau 4.1 résume les quelques méthodes bien précises pouvant s'appliquer dans le cas du gobie à taches noires. Dans la plupart des cas, ces méthodes sont encore expérimentales et nécessitent beaucoup d'études quant à leur efficacité afin de comprendre si elles parviennent bel et bien à diminuer la densité du poisson visé, et ce, à grande échelle. (Charlebois *et al.*, 2001)

Premièrement, trois méthodes de contrôle biologique peuvent potentiellement s'avérer efficaces pour contrôler le gobie à taches noires dans les eaux du Saint-Laurent et du lac Saint-Pierre.

Il peut d'abord s'agir de l'introduction d'un parasite naturellement spécifique au poisson, c'est-à-dire une espèce qui lui est nuisible dans son lieu d'origine qui n'est pas encore retrouvée ou introduite au Québec. Cette méthode possède l'avantage d'être sélective et précise pour le gobie à taches noires. Elle nécessite des coûts de mise en oeuvre modérés en comparaison aux autres méthodes disponibles. D'un autre côté, elle présente un risque assez



important compte tenu du fait que le comportement du parasite ainsi introduit dans l'environnement est difficile à prévoir, nécessitant. (Dimond *et al.*, 2010)

Tableau 4.1. Méthodes de contrôle possibles pour la lutte au gobie à taches noires (modifié de Charlebois *et al.*, 2001, p. 265; Dimond *et al.*, 2010, p. 8; Ling, 2009, p. 192-200)

Type de méthode	Méthode	Description
Contrôle biologique	Pathogène (parasite)	Introduire un parasite spécifique au poisson
	Phéromones/Hormones	Piéger le poisson à l'aide de phéromones et d'hormones
	Contrôle par modification génétique	Introduire des mâles stériles (triploïdes) afin de diminuer la reproduction du poisson
Contrôle chimique	Roténone	Utiliser ce piscicide plus ou moins toxique d'une espèce à l'autre, mais efficace pour le gobie à taches noires
	Antimycine-A	Utiliser ce piscicide toxique pour les grands poissons, mais non toxique pour les autres organismes aquatiques
	3-trifluorométhyl-4-nitrophenol (TFM et niclosamide)	Utiliser ce piscicide à émission graduelle, plus ou moins toxique d'une espèce à l'autre
Contrôle physique/mécanique	Enlèvement direct des poissons	Enlever directement le poisson par l'utilisation de techniques de pêche particulières telles que l'hameçonnage, le piégeage, la pêche au filet à mailles étroites ou la pêche électrique
	Barrière/barrage électrique	Installer une barrière électrique pour limiter le déplacement du poisson
	Piège acoustique	Utiliser un piège émettant des fréquences acoustiques semblables à celles utilisées pour la reproduction du poisson afin de le capturer plus efficacement

Il peut aussi s'agir de mettre au point et d'utiliser des pièges émettant des phéromones ou des hormones synthétisées naturellement par le gobie à taches noires. Bien que cette méthode nécessite encore certaines recherches, elle serait très spécifique au poisson ciblé et donc très propre d'un point de vue environnemental. Il semble difficile d'imaginer l'éradication de l'espèce par cette manoeuvre, mais elle peut certainement permettre de limiter l'expansion du poisson en diminuant le nombre d'individus retrouvés au lac Saint-Pierre. (Charlebois *et al.*, 2001; Dimond *et al.*, 2010; Ling, 2009)

La dernière méthode de contrôle biologique à considérer dans ce cas précis est celle du contrôle par modification génétique. Elle vise à introduire, dans le milieu aquatique, des mâles stériles qui ont été modifiés en laboratoire pour être triploïde au niveau de leurs chromosomes sexuels. Cette méthode de contrôle est dépendante, c'est-à-dire qu'elle doit être renouvelée fréquemment pour assurer qu'un bassin de mâle stérile est retrouvé dans l'environnement afin d'avoir un impact réel sur la reproduction de l'espèce. Les coûts liés au travail de laboratoire nécessaire, à l'évaluation du fonctionnement de la technique dans un

milieu naturel et au renouvellement des populations sont des aspects économiques à considérer. (Charlebois *et al.*, 2001; Ling, 2009)

Deuxièmement, les méthodes de contrôle chimiques pouvant être utilisées sont exclusivement dues à quatre piscicides particuliers, soit le roténone, l'antimycine-A, le TFM et le niclosamide. Chacun de ces produits possède leur propre toxicité sur le poisson, ce qui risque d'influencer plus ou moins grandement les espèces aquatiques des milieux naturels. En ce sens, le gobie à taches noires est affecté, en milieu fermé, de façon similaire par chacun de ces produits (Schreier *et al.*, 2008). Le plus grand enjeu lié au contrôle chimique est le manque de sélectivité des produits utilisés pour une seule espèce (Ling, 2009; Dimond *et al.*, 2010). Ainsi, en déversant ces produits dans l'environnement, le risque de nuire aux autres espèces aquatiques est immense. Le roténone, le TFM et le niclosamide ont des niveaux de toxicité variables selon les espèces tandis que l'antimycine-A est toxique pour les plus grands poissons (Ling, 2009). Cette méthode ne s'applique évidemment pas à tous les milieux est plus avantageuse et efficace dans les zones restreintes telles que les ruisseaux. Elle engendre toutefois des résultats rapides, n'est pas vraiment coûteuse, et lorsqu'elle est bien faite, n'est pas dangereuse pour la santé humaine (Ling, 2009; Dimond *et al.*, 2010)

Enfin, il existe trois méthodes de contrôle physique ou mécanique possibles dans ce cas précis soit : l'enlèvement direct des poissons, la mise en place de barrière ou de barrage électrique et l'utilisation de piège acoustique.

D'abord, l'enlèvement direct des poissons signifie l'entreprise d'une pêche active par l'utilisation de techniques de pêche bien particulières telles que l'hameçonnage, le piégeage, la pêche au filet à mailles étroites ou la pêche électrique. Cette activité est très sélective pour le poisson et n'est pas risquée pour l'environnement. Par contre, la méthode est lente, inefficace et demande beaucoup d'efforts humains. Puisqu'il s'agit d'une méthode dépendante, elle doit être effectuée fréquemment pour demeurer efficace à long terme. En effet, les poissons qui n'auront pas été enlevés par une première manœuvre se reproduiront pour rétablir la quantité d'individus initiale, ce qui peut devenir très coûteux à long terme.

Le potentiel commercial du poisson pour la consommation humaine ou animale peut alors représenter un atout de contrôle important. (Dimond *et al.*, 2010; Ling, 2009)

Ensuite, la mise en place d'infrastructures importantes telles que des barrières ou des barrages électriques a aussi été envisagée par les spécialistes du poisson. Cette méthode, si effectuée à des endroits stratégiques, peut engendrer une diminution réelle des individus pouvant entre autres, coloniser le lac Saint-Pierre. Il est évident que cette perspective nécessite encore beaucoup de recherches sur l'impact qu'elle peut avoir sur le milieu naturel, mais il est possible de déterminer une manière de la rendre spécifique au gobie à taches noires. En limitant les nuisances possibles sur les autres espèces aquatiques, cette méthode a peu d'impact environnemental. Par ailleurs, la mise en place de telles infrastructures peut limiter certaines activités récréatives pouvant s'effectuer dans le milieu à l'étude telle que la navigation de plaisance. (Dimond *et al.*, 2010; Ling, 2009; Savino *et al.*, 2001)

Finalement, la mise au point d'un piège acoustique est aussi possible à envisager. Il s'agit plus précisément d'installer un système de piégeage basé sur des enregistrements de sons qu'émettent les poissons pour attirer l'autre sexe au moment de leur reproduction. Ceci peut faire en sorte d'attirer les poissons spécifiquement vers le piège, et de diminuer de beaucoup l'impact environnemental de la méthode sur les autres espèces retrouvées dans le même milieu. Il s'agit d'une méthode qui nécessite toutefois certaines recherches techniques et qui implique un coût de manoeuvre et de mise en place relativement élevé. (Charlebois *et al.*, 2001; Dimond *et al.*, 2010; Carmela Mancini, 2010)

#### **4.1.4. Atténuation**

L'atténuation est la dernière méthode de contrôle à mettre de l'avant lorsqu'aucune autre n'est considérée réalisable (Wittenberg and Cock, 2001). En d'autres mots, il suffit de laisser aller la situation et espérer que les dégâts envisagés sur l'environnement sont moins importants qu'attendu. Il est évident qu'un suivi des impacts doit se faire en temps réel dans le but d'intervenir rapidement afin de limiter certains dégâts imminents.

Advenant le cas que la situation du gobie à taches noires dégénère et que le poisson prenne trop d'expansion et nuise ainsi à de trop nombreuses espèces aquatiques indigènes du lac Saint-Pierre, il peut être envisagé de déplacer ces dernières afin de mieux les protéger. Par contre, certains spécialistes s'accordent pour affirmer qu'il ne s'agit pas d'une méthode de conservation viable à long terme, simplement par le fait que les espèces sont très dépendantes de leur environnement puisqu'elles y ont évolué. La translocation des espèces ne doit donc pas être une solution de conservation à envisager. (Ricciardi and Simberloff, 2008)

L'absence d'intervention a toutefois l'avantage de ne demander aucun temps, effort et investissement. Par contre, ceci peut engendrer de nombreux impacts directs et indirects d'importance majeure. (Dimond *et al.*, 2010)

#### **4.1.5. Participation du public**

La participation du public représente l'une des pierres angulaires de la bonne gestion d'une problématique environnementale telle que celle des EEE. Tel que présenté précédemment, il existe cinq niveaux de participation possible allant d'une participation passive à une participation totale (Boujelas, 2009). Pour favoriser le déclenchement de cette méthode de contrôle bien particulière, il est nécessaire que les responsables et spécialistes de ce domaine sensibilisent la population aux enjeux précis que présente la problématique. Dans le cas du gobie à taches noires, l'information disponible pour le public se retrouve principalement sur le site internet du MRNF, par le biais des sites d'information pour les pêcheurs sportifs et dans quelques dépliants et guide d'information (MRNF, 2011; Québec Pêche, 2011).

Les méthodes de prévention et de contrôle proposées par le gouvernement du Québec visent exclusivement la participation du public. Il remet ainsi, avec raison, une partie des initiatives à entreprendre entre les mains des pêcheurs sportifs et commerciaux ainsi que dans celles des professionnels des pêcheries et des ressources naturelles. La présence de ces acteurs sur l'ensemble du territoire du Québec est énormément avantageuse dans l'espoir d'identifier de nouveaux lieux de colonisation et d'empêcher l'expansion du poisson à l'extérieur de l'environnement fluvial. (MRNF, 2012 b)

Pour ce faire, le gouvernement du Québec propose de nombreuses méthodes de contrôle et de prévention concernant le gobie à taches noires. Il s'agit respectivement d'apprendre à la population à identifier le poisson; de les inciter à examiner leur embarcation et leur équipement nautique avant de quitter un plan d'eau; de les encourager à effectuer ponctuellement la vidange de l'eau de leur bateau; de les empêcher de rejeter des poissons vivants ou morts dans un autre plan d'eau que celui où il a été pêché; de respecter la réglementation en vigueur sur la pêche; de nettoyer attentivement l'ensemble de leur embarcation après usage; d'utiliser des stations de lavage lorsqu'elles existent; de conserver une espèce exotique si elle est capturée et identifiée; de ne pas remettre une espèce inconnue à l'eau et enfin; de contacter les spécialistes du domaine en cas d'incertitude. Il est aussi important que la population soit concernée par l'ensemble de la problématique en ne relâchant aucun animal d'aquarium directement dans l'environnement. (MRNF, 2011)

Si la sensibilisation à la problématique est suffisante, certains citoyens pourront entreprendre leurs propres actions pour passer d'une participation passive à une participation active ou totale. (Boujelas, 2009)

## **4.2. Analyse des méthodes possibles selon les critères établis**

Les méthodes de lutte possibles dans le cas du gobie à taches noires sont maintenant analysées à l'aide des critères mis en place précédemment. Il est important de rappeler que cette analyse est principalement basée sur des suppositions en raison d'un manque de connaissance liée aux techniques pouvant être utilisées. Cette analyse a donc comme but d'ordonner les méthodes à considérer pour la situation précise qu'est celle du lac Saint-Pierre. Il est question des méthodes de contrôle, de participation du public et celles à proscrire.

### **4.2.1. Méthodes de contrôle**

Le tableau 4.2 présente les résultats obtenus pour les méthodes de contrôle disponibles et potentiellement efficaces pour régler cette problématique au lac Saint-Pierre. Ces résultats seront expliqués selon chaque critère.

Au niveau du contrôle biologique, le tableau multicritères a permis une bonne ségrégation des trois méthodes proposées, soit de proposer la meilleure alternative entre l'introduction d'un pathogène ou d'un parasite du poisson, l'utilisation de piège à base de phéromones ou d'hormones et un contrôle par modification génétique.

Pour la première méthode, l'introduction de pathogènes ou de parasite, le pointage total est de 660. Ceci s'évalue par un faible impact environnemental (rang 4) et une bonne acceptabilité sociale (rang 4). En effet, il est possible de supposer que le parasite ou le pathogène introduit aura un très faible impact sur les autres espèces indigènes retrouvées dans le milieu. Bien que risquée, cette introduction doit être appuyée par de nombreuses recherches scientifiques qui sécuriseront quant à l'impact de ce type de relâchement dans l'environnement. À ce moment, l'acceptabilité sociale peut être bonne, soit située entre 60 et 80 %, puisqu'il est possible d'affirmer que les citoyens vont respecter la décision basée sur des études sérieuses quant à son innocuité. Par contre, l'introduction d'un organisme pathogène ou parasite dans un milieu naturel n'est pas nécessairement efficace sur tous les individus de la population ciblée (rang 3). Effectivement, comme dans tout milieu trophique, une sélection naturelle pour les poissons les plus résistants peut s'exercer et ainsi diminuer temporairement la population comme il l'est souvent remarqué dans ce type de lutte (Ling, 2009). À ceci s'ajoute inévitablement un coût annuel considérable visant la prise de décision liée à un type de parasite, l'implantation dans le milieu, le suivi et la réintroduction d'organismes au besoin (rang 3).

La seconde méthode, c'est-à-dire l'utilisation de pièges à base de phéromones ou d'hormones spécifiques au gobie à taches noires, a obtenu un résultat de 860 points. Cette méthode se démarque à tous les niveaux. Les recherches démontrent qu'elle peut s'avérer efficace pour contrôler l'espèce si des molécules biologiques peuvent être isolées convenablement (rang 4) (Zielinski *et al.*, 2003; Charlebois *et al.*, 2001; Dimond *et al.*, 2010). Toutefois, pour être efficaces, ces pièges doivent être en nombre suffisant et placé à des endroits stratégiques. Cette méthode nécessite certaines recherches en laboratoire et sur le terrain qui engendrent inévitablement des coûts. À ceux-ci s'ajoutent aussi l'entretien continu et la vidange des pièges sur l'ensemble du lac. Il s'agit d'un coût total relativement

peu élevé en comparaison à l'efficacité obtenue (rang 4). Puisqu'il s'agit d'un contrôle biologique très spécifique au poisson nuisible, l'impact environnemental sur les autres espèces est nul (rang 5). En ce sens, il est fort probable que la méthode soit acceptée par la grande majorité de la population ne provoquant pas d'impacts majeurs (rang 5).

Le contrôle par modification génétique a, quant à lui obtenu un résultat final de 780 points. Sa plus grande faiblesse réside dans son coût de mise en oeuvre qui inclut des modifications génétiques en laboratoire afin de mettre au point un grand nombre d'individus stériles (rang 3). Puisqu'il s'agit d'une méthode de lutte dépendante, les individus doivent être modifiés et introduits de façon continue, et ce, sur une grande période de temps. Cette méthode peut toutefois être considérée comme étant très efficace pour réduire le nombre d'individus retrouvés au lac Saint-Pierre puisqu'elle cible principalement la reproduction de l'espèce (rang 4). Directement, la méthode n'affecte aucune espèce indigène ce qui lui procure le rang maximal pour ce critère (rang 5). Par contre, ceci ne tient pas compte du fait qu'il s'agit de l'introduction planifiée d'un poisson envahissant qui peut provoquer des impacts environnementaux multiples sur l'écosystème. Il s'agit donc d'un point qui devra être considéré même s'il échappe à la classification par critère.

Le contrôle chimique se traduit par l'utilisation potentielle de trois piscicides chimiques. Dans ce cas-ci, la roténone, l'antimycine-A et le 3-trifluorométhyl-4-nitrophenol ont obtenu des résultats très similaires pour les critères choisis. Ils obtiennent donc des résultats de 480 et de 560 points.

Au niveau de leur efficacité technique, il s'agit sans contredit d'une méthode efficace qui peut diminuer grandement le nombre d'individus des populations visées (rang 4). Toutefois, l'antimycine-A, par sa sélection sur les poissons de grande taille, est un produit considéré comme étant un peu moins efficace que les deux autres (rang 3). Le coût est relativement acceptable se situant dans l'intervalle de 1 à 2,5 millions par année (rang 3). Ceci peut inclure le coût d'achat de grande quantité de piscicides et l'épandage ponctuel dans le milieu. Cette méthode est toutefois très mauvaise au point de vue de son impact

environnemental et de son acceptabilité sociale (rang 1). Il est évident que d'émettre de plein gré, dans un milieu naturel, des produits chimiques toxiques pour la faune aquatique est une aberration totale. Bien que cette méthode peut diminuer la quantité de poissons nuisibles, elle peut aussi diminuer celui des poissons indigènes et des autres formes de vie sans compter les impacts sur les prises d'eau potable. Ainsi, il est peu probable que les citoyens soient en accord avec ces méthodes en ce qui concerne la situation du lac Saint-Pierre. L'utilisation de produit chimique peut être envisagé dans des bassins fermés ou dans des petites étendues d'eau, jamais pour l'ensemble d'un écosystème aquatique.

Tout comme pour le contrôle biologique, les méthodes de contrôle physiques et mécaniques possibles ont pu facilement être séparées selon les critères déterminés. Ainsi, les résultats obtenus pour l'enlèvement direct des poissons, la mise au point d'une barrière ou d'un barrage électrique et l'utilisation de pièges acoustiques sont maintenant présentés en détail.

D'abord, l'enlèvement direct des poissons, par l'utilisation de diverses techniques de pêche, a obtenu un résultat de 780 points. Ce bon pointage est dû au faible impact de cet effort sur l'environnement et sur les autres espèces aquatiques. Comme il s'agit d'un travail réalisé manuellement par les pêcheurs, la sélection du gobie à taches noire peut s'avérer très grande ce qui peut réduire au minimum l'impact sur les autres espèces (rang 5). Si les efforts sont considérables, la technique peut s'avérer efficace à long terme pour réduire la quantité de ce poisson (rang 4). En se faisant graduellement, elle permet à l'écosystème entier de se stabiliser à une quantité moindre de poisson. Pour une efficacité technique optimale, le coût annuel d'investissement est considérable (rang 3). Il s'agit d'un effort continu qui nécessite une grande main-d'oeuvre spécialisée et un équipement varié et coûteux. La surpêche de ce poisson peut être relativement bien acceptée par la population compte tenu de son impact et puisqu'il s'agit d'une méthode simple et connue (rang 4). Si jamais une perspective économique était envisageable pour les gobies à taches noires pêchées, cette méthode peut être davantage acceptée par la population.

En second lieu, la mise en place d'une barrière ou d'un barrage électrique pour diminuer la migration du poisson nuisible a obtenu le résultat de 520 points par son passage dans le



tableau multicritères. Ce qui désavantage principalement cette méthode est son coût et son acceptabilité sociale. Il peut être envisagé que la construction d'une telle infrastructure empêcherait la dispersion des gobies à taches noires dans le lac Saint-Pierre en amont comme en aval. Ceci favorise ainsi le contrôle par des méthodes conjointes à une zone fermée et isolée du reste de l'environnement aquatique. Pour diminuer les impacts sur les autres espèces, les plaisanciers, le transport maritime et les autres activités qui peuvent s'exercer dans cette partie du fleuve Saint-Laurent, ce projet d'énorme envergure doit respecter des contraintes peu réalistes. Ainsi, pour être efficace le prix de ce projet semble beaucoup trop élevé (rang 2). Comme il peut affecter le paysage et les activités récréatives, il est probable que la population s'y oppose majoritairement (rang 2). Sinon, il peut être considéré que cette méthode est efficace pour régler une partie du problème (rang 3) et qu'elle peut avoir un impact sur les autres espèces qui n'est toutefois pas majeur (rang 3).

Enfin, la mise au point et l'utilisation d'un piège acoustique est une méthode spécifique ayant obtenu un pointage total de 860. Ce type de piège est très sélectif pour le gobie à taches noires, ce qui ne semble engendrer aucun impact majeur sur les autres espèces (rang 5). D'un point de vue technique, il s'agit d'une des méthodes les plus efficaces pour parvenir à résoudre la problématique. Elle permet donc de contrôler la vaste majorité des individus retrouvés dans l'habitat à l'étude (rang 4). Le coût nécessaire est considéré acceptable puisqu'il inclut la fabrication des pièges, leur mise en place et leur entretien (rang 4). Cependant, à l'échelle du lac Saint-Pierre, la méthode semble difficilement applicable en raison de l'énorme superficie à couvrir. Elle peut toutefois réduire l'abondance du poisson envahisseur à des endroits ciblés par les gestionnaires du milieu.

#### **4.2.2. Méthode de participation du public**

La participation du public se distingue des autres méthodes de lutte puisqu'elle ne représente pas une action concrète précise, mais plutôt un ensemble d'initiatives variées qui ne sont pas quantifiables. Son analyse à l'aide du tableau multicritère (tableau 4.3) a permis de faire ressortir quelques faits intéressants.

Cette méthode de contrôle général a obtenu les résultats optimaux autant pour les critères de coût, d'impact environnemental et d'acceptabilité sociale. Principalement basé sur le

transfert d'information, la sensibilisation et la prévention, les gens conscients de la problématique peuvent mettre en place des méthodes sans trop d'effet pour les autres espèces aquatiques (rang 5), à faible coût puisque répartis entre les individus (rang 5) et grandement acceptées socialement puisque initiée par certains acteurs sociaux (rang 5). Le seul point négatif de cette méthode réside dans l'efficacité technique réelle pour le contrôle de la situation actuelle. Puisque les efforts peuvent aller dans tous les sens et qu'ils sont basés sur l'éducation et la sensibilisation, il est peu probable qu'ils permettent réellement la diminution du nombre d'organismes de la population de l'espèce nuisible (rang 3). Il ne reste qu'à espérer que les innovations possibles puissent être en mesure de résoudre une partie du problème, ou du moins d'éviter de la transposer ailleurs sur le territoire du Québec.

Tableau 4.2. Analyse multicritères pour chacune des méthodes de contrôle possibles pour le cas du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre

Méthodes		Critères de décision													
		Efficacité technique			Coût/année			Impact environnemental			Acceptabilité sociale			Grand total	
		Rang	Poids	Résultat	Rang	Poids	Résultat	Rang	Poids	Résultat	Rang	Poids	Résultat		
1	Contrôle biologique	Pathogène (parasite)	3	80	240	3	60	180	4	40	160	4	20	80	660
		Phéromones/ Hormones	4	80	320	4	60	240	5	40	200	5	20	100	860
		Contrôle par modification génétique	4	80	320	3	60	180	5	40	200	3	20	60	760
2	Contrôle chimique	Roténone	4	80	320	3	60	180	1	40	40	1	20	20	560
		Antimycine-A	3	80	240	3	60	180	1	40	40	1	20	20	480
		3-trifluorométhyl-4- nitrophenol (TFM et niclosamide)	4	80	320	3	60	180	1	40	40	1	20	20	560
3	Contrôle physique/ mécanique	Enlèvement direct des poissons	4	80	320	3	60	180	5	40	200	4	20	80	780
		Barrière/barrage électrique	3	80	240	2	60	120	3	40	120	2	20	40	520
		Piège acoustique	4	80	320	4	60	240	5	40	200	5	20	100	860

### **4.2.3. Méthodes à proscrire**

Les méthodes considérées comme étant impossible ou à proscrire, soit l'éradication, le confinement et l'atténuation, font aussi l'objet de leur propre analyse afin de comparer les résultats obtenus avec les méthodes de contrôle. Le tableau 4.4 présente les résultats obtenus pour chacune d'entre elles.

L'éradication est d'abord une méthode nullement efficace d'un point de vue technique pour atteindre l'objectif désiré, en raison de la trop grande densité actuelle du poisson dans les eaux du Québec (rang 1). Advenant le cas, que la méthode va de l'avant, elle peut nécessiter des investissements majeurs et constants sur un nombre d'années indéterminé pour parvenir à éliminer complètement toute présence nuisible du poisson. En raison de sa biologie particulière, le gobie à taches noires est susceptible de resurgir dès que les efforts d'éradication vont cesser ce qui rend impossible l'obtention d'une efficacité optimale malgré des investissements massifs (rang 1). En supposant que la méthode de l'éradication est choisie, il faut alors qu'elle soit grandement efficace pour l'environnement aquatique et qu'elle n'engendre aucun impact négatif sur l'environnement. Dans ces conditions, elle peut obtenir le rang maximum pour ce critère (rang 5), sinon il n'est que très peu probable qu'elle soit mise de l'avant compte tenu de ce qu'elle implique pour la société. Enfin, l'acceptabilité sociale de cette méthode peut être de moins de 20 % (rang 1). Effectivement, il est possible d'imaginer qu'une faible proportion de la population considère les avantages d'utiliser une méthode autant coûteuse pour le bienfait qu'elle peut procurer sur l'environnement. Par contre, puisqu'elle nécessite des investissements importants, qui ne sont donc pas investis dans d'autres projets ou programmes de la société et que son efficacité est pratiquement nulle, il est fort probable que la grande majorité de la population n'accepte pas cette méthode. En somme, l'analyse de la méthode de l'éradication obtient le résultat total de 300 points en fonction des critères prédéterminés.

Le confinement n'est pas considéré comme une bonne méthode de lutte à entreprendre tout simplement puisque l'espèce est déjà parvenue à coloniser l'ensemble du territoire aquatique étudié. Bien que son fonctionnement ait été possible, l'efficacité technique actuelle de cette méthode est nulle (rang 1). Dans cette perspective, si le confinement est mis en place, son coût annuel peut être très élevé pour obtenir un résultat efficace. Ainsi, la mise en place de

toutes les exigences liées à un programme de confinement optimal et de son suivi peut atteindre un coût de 4 millions de dollars et plus par année, soit du même ordre que la méthode de l'éradication (rang 1). De la même manière que pour l'éradication, si le confinement va de l'avant, il faut qu'il n'engendre que des résultats optimaux sinon il ne représente qu'une action à la fois inutile et nuisible (rang 5). Finalement, il est probable que moins de 20 % de la population accepte ce projet, compte tenu de son faible taux de succès (rang 1).

Par son absence d'intervention, l'atténuation est aussi une méthode à proscrire. Elle n'est d'aucune utilité d'un point de vue technique puisqu'elle ne permet aucune réduction de la quantité d'organismes de l'espèce envahissante (rang 1).

#### **4.2.4. Critique de la méthode d'analyse pour le cas du gobie à taches noires**

La méthode d'analyse proposée dans cet essai se veut très précise par la présentation de cinq rangs possibles par critère. Puisque les méthodes de lutte disponibles pour le cas du gobie à taches noires nécessitent encore de nombreuses études et recherches scientifiques quant à leur efficacité et leur impact réel sur l'environnement, il est difficile de déterminer avec exactitude le résultat obtenu par chacune. L'analyse peut devenir de plus en plus pertinente au fur et à mesure du développement des connaissances plus précises pour le milieu particulier du lac Saint-Pierre. Ceci nécessite en soi beaucoup de recherches, d'investissement et d'évaluations environnementales pour chacune des techniques. Pour le moment, la méthode proposée est subjective et ne peut pas vraiment être appuyée solidement par des informations scientifiques. De plus, il a été constaté que certaines méthodes qui ne sont pas reconnues comme étant adéquates peuvent ressortir de l'analyse avec un bon résultat. Il est donc nécessaire de faire preuve d'un jugement critique sur les résultats obtenus.

Tableau 4.3. Analyse multicritères des méthodes de participation du public pour le cas du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre

Méthodes		Critères de décision												
		Efficacité technique			Coût/année			Impact environnemental			Acceptabilité sociale			Grand total
		Rang	Poids	Résultat	Rang	Poids	Résultat	Rang	Poids	Résultat	Rang	Poids	Résultat	
1	Participation du public	3	80	240	5	60	300	5	40	200	5	20	100	840

Tableau 4.4. Analyse multicritères des méthodes à proscrire (éradication, confinement et atténuation) pour le cas du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre

Méthodes		Critères de décision												
		Efficacité technique			Coût/année			Impact environnemental			Acceptabilité sociale			Grand total
		Rang	Poids	Résultat	Rang	Poids	Résultat	Rang	Poids	Résultat	Rang	Poids	Résultat	
1	Éradication	1	80	80	1	60	60	5	40	200	1	20	20	300
2	Confinement	1	80	80	1	60	60	5	40	200	1	20	20	300
3	Atténuation	1	80	80	0	60	0	1	40	40	3	20	60	180

### 4.3. Recommandations

Les principales recommandations concernant la lutte au gobie à taches noires au lac Saint-Pierre sont maintenant abordées. D'abord, l'ordre des méthodes de lutte à privilégier pour ce cas précis d'EEE est présenté en regard avec l'analyse multicritère. Ensuite, des recommandations d'ordre générales sont mentionnées succinctement.

#### 4.3.1. Méthodes à privilégier pour contrôler le poisson au lac Saint-Pierre

Le tableau 4.5 (ci-dessous) présente dans l'ordre les méthodes à privilégier pour lutter contre le gobie à taches noires au lac Saint-Pierre. Les résultats obtenus par l'analyse de chacune d'entre elles ont permis de créer un classement qualitatif. Les méthodes peuvent donc être qualifiées comme étant très bonnes, bonnes, mauvaises ou très mauvaises.

Tableau 4.5. Bilan de l'ordre des méthodes de lutte à favoriser dans le cas du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre

Ordre	Méthode de lutte	Méthode précise	Résultat (Grand total)	Classement qualitatif
1	Contrôle physique/mécanique	Piège acoustique	860	Très bon
2	Contrôle biologique	Phéromones/Hormones	840	
3	Participation du public	-	840	
4	Contrôle physique/mécanique	Enlèvement direct des poissons	780	Bon
5	Contrôle biologique	Contrôle par modification génétique	760	
6	Contrôle biologique	Pathogène (parasite)	660	
7	Contrôle chimique	Roténone	560	Mauvais
8	Contrôle chimique	TFM et niclosamide	560	
9	Contrôle physique/mécanique	Barrière/barrage électrique	520	
10	Contrôle chimique	Antimycine-A	480	
11	Confinement	-	300	Très mauvais
12	Éradication	-	300	
13	Atténuation	-	180	

Selon cette analyse, les deux meilleures méthodes à mettre en place sont la mise en place de pièges acoustiques, de pièges à base de phéromones ou d'hormones. Il s'agit donc respectivement de contrôles physique/mécanique et biologique. À celles-ci doit nécessairement se jumeler une participation accrue du public qui doit être basée sur la sensibilisation, l'information et la prévention. L'ensemble de la population à un rôle important à jouer dans le contrôle de cette espèce. Il s'agit probablement de l'effort le plus efficace en ce qui concerne la problématique des EEE.

Les méthodes d'enlèvement direct des poissons, de contrôle par modification génétique et de contrôle par l'introduction d'un pathogène indigène à l'espèce pourraient être considérées dans un programme de lutte détaillé. Il ne semble pas efficient de baser le contrôle du gobie à taches noires principalement sur l'une ou l'autre de ces méthodes.

L'utilisation des trois piscicides considérés efficaces sur le poisson à l'étude ainsi que la mise en place d'un barrage ou de barrières électriques ont été considérées comme de mauvaises méthodes à employer. L'utilisation des produits chimiques est trop risquée pour l'ensemble de l'environnement tandis que la barrière est trop coûteuse pour l'efficacité qu'elle engendre et semble moins acceptable sur le plan social.

Finalement, le confinement, l'éradication et l'atténuation sont des méthodes à proscrire puisqu'il a été démontré qu'elles sont impossibles à réaliser dans la situation actuelle ou qu'elle laisse simplement la situation se détériorer graduellement.

#### **4.3.2. Recommandations générales pour les gestionnaires de cette problématique**

L'ensemble de cet essai a démontré que la lutte aux EEE n'est pas un problème qui se gère facilement. Si aucune action n'est entreprise, les effets sur l'environnement peuvent être considérables et irréversibles. Le cas du gobie à taches noires reflète bien cette problématique en ce qui concerne le fleuve Saint-Laurent et le lac Saint-Pierre. Il est nécessaire d'agir d'une manière ou d'une autre afin de réduire tout impact potentiel que cette espèce peut continuer de causer sur l'environnement. Pour ce faire :

1. Il est essentiel que les différents niveaux de gouvernement ayant juridiction au Québec contribuent d'avantage à la problématique en augmentant les subventions liées à des projets de recherches, de sensibilisation et d'efforts concrets par leurs différents ministères.
2. Il est nécessaire d'informer, d'éduquer et de sensibiliser davantage la population sur les enjeux environnementaux du lac Saint-Pierre, incluant les impacts des EEE qui y sont maintenant retrouvés, dont fait partie le gobie à taches noires.



3. Des recherches sur les impacts et l'écologie des EEE doivent se poursuivre périodiquement dans le temps afin d'assurer un suivi serré du développement de la situation environnementale du lac Saint-Pierre pour le futur.
  
4. Un plan d'action précis devra être mis sur pied pour agir à titre préventif dans la propagation du gobie à taches noires aux autres plans d'eau intérieurs retrouvés sur le territoire du Québec. Ce plan pourrait être conjoint à celui du contrôle et de la prévention d'autres EAE déjà présentes ou susceptibles de devenir problématiques dans les années à venir.

## **5. RÉFLEXION SUR LE CONTRÔLE DES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES**

L'étude du cas du gobie à taches noires au lac Saint-Pierre a démontré toute la complexité d'entreprendre la lutte ou le contrôle des EEE nuisibles une fois qu'elles sont parvenues à coloniser un milieu naturel. Il a été remarqué que les efforts de lutte sont spécifiques à chaque espèce, ce qui fait en sorte de multiplier les efforts devant être mis en place pour chaque zone affectée. Les solutions à entreprendre sont souvent divergentes. Il peut être envisagé de lutter sérieusement contre ce problème ou plutôt, de laisser aller la situation en considérant qu'il est presque devenu impossible d'agir efficacement compte tenu des changements environnementaux mondiaux. Dans tous les cas, il semble très difficile d'intervenir dans un écosystème modifié par une EEE.

### **5.1. Intervenir dans un écosystème modifié**

Les écosystèmes sont bien souvent altérés par les impacts des activités anthropiques. À ce moment, certaines interactions naturelles mises en place graduellement entre les espèces et leurs conditions environnementales sont modifiées, de façon permanente ou temporaire. Il peut être difficile d'affirmer qu'une situation retrouvée, avant l'introduction d'une EEE, est ce qui reflète le mieux l'allure naturelle d'un milieu donné, puisque d'autres facteurs humains ont déjà pu le modifier.

Les EEE n'ont pas de dessein, elles ne font que lutter pour leur survie autant que leur constitution biologique et leur comportement puissent leur permettre. En ce sens, l'avènement de ces animaux n'est que le reflet d'un monde en changement, en rapide et constante évolution. Dans ce contexte, il est pertinent de se demander si la conservation d'un environnement intégral est souhaitable et possible.

Pour la première fois, les espèces se déplacent vers des lieux qu'elles n'ont jamais pu atteindre par des voies naturelles. Les scénarios de ces introductions sont nombreux et les impacts réels à long terme sont variés et donc difficiles à prévoir. Dans tous les cas, ces changements représentent assurément une menace pour l'intégrité écologique tel que connue il n'y a pas si longtemps. Par contre, ce phénomène est inquiétant et engendre de nombreuses interrogations. Il semble exister une crainte énorme dans un débalancement

aussi soudain des écosystèmes. Ceci peut être catastrophique ou n'avoir que très peu d'impact véritable sur les êtres humains. D'ailleurs, la plus grande impasse de cette problématique réside dans le fait que les EEE ne représentent pas de menace directe. Il s'agit plutôt de modifications vues comme étant graduelles à l'époque actuelle, mais qui sont extrêmement rapides sur une échelle de temps reflétant mieux l'âge de la planète.

## **5.2. Gérer la problématique plus sérieusement**

Depuis 2006, année qui concorde avec l'arrivée au pouvoir du parti Conservateur du Canada, il ne semble y avoir aucun avancement dans les dossiers liés à la problématique des EEE au pays. En fait, aucune mise à jour de la stratégie sur les espèces exotiques envahissantes de 2004 n'a été effectuée. Le rapport de la commissaire à l'environnement et au développement durable à la chambre des communes de 2008 sur ce sujet n'est pas vraiment concluant quant aux efforts réels entrepris par le gouvernement fédéral. Quant à lui, le MRNF, le MDDEP et les différentes ONG font aussi leur part dans la gestion du problème, sans toutefois être en mesure de le régler complètement, ce qui est compréhensible compte tenu de son ampleur.

Il est certain que les EEE représentent un problème insidieux qui n'est pas apparent ou visible à court terme. Ainsi, il ne semble pas très populaire de le mettre en valeur et d'y investir beaucoup d'argent. À première vue, cet investissement peut sembler inutile et n'apporte aucun avancement concret et direct pour la société. Les choix qu'un gouvernement fait pour ces citoyens sont intrinsèquement liés aux avantages qu'ils engendrent pour ceux-ci. Il ne semble pas exister d'altruisme gratuit de l'espèce humaine envers l'environnement outre qu'une conscience en prévision d'un futur meilleur.

Par contre, la situation des EEE est bel et bien réelle et l'ignorer ou l'atténuer n'est peut-être pas une bonne solution. Il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'un problème d'envergure, avec des conséquences réelles qui resurgiront éventuellement pour affecter de nombreux facteurs socio-économiques de nombreux pays.

Il peut sembler alarmiste de présenter ainsi la situation de ces espèces. Par contre, quelques scientifiques spécialisés dans ce domaine vont jusqu'à affirmer qu'il serait nécessaire de

gérer certains envahissements de la même façon qu'une catastrophe naturelle (Ricciardi *et al.*, 2011). Cette dernière se définit d'ailleurs comme étant un évènement naturel soudain et extrêmement dommageable pour la société et l'économie. En fait, les similitudes entre les deux incidents sont très semblables. Ils sont tous les deux difficiles à contrôler, à gérer, à prédire et possèdent une probabilité très grande d'engendrer des impacts négatifs importants. (ib.)

### **5.3. Changements environnementaux mondiaux**

Dans la perspective que les changements climatiques mondiaux entraînent certaines altérations environnementales, il est possible d'émettre les hypothèses que les espèces exotiques introduites peuvent représenter une faune ou une flore mieux adaptée aux nouvelles conditions d'un milieu. En effet, les espèces naturalisées qui prennent rapidement de l'expansion sont donc très efficaces dans leur nouvel environnement, souvent bien plus que les espèces indigènes. Le succès de ces EEE est alors bien souvent supérieur que celui des espèces ayant évolué graduellement avec leur environnement ce qui, malheureusement, est la cause du problème. Dans certains cas, il ne faut pas nécessairement affirmer que les envahissements ne sont que négatifs puisqu'ils peuvent peut-être engendrer quelques situations avantageuses dans un futur plus ou moins lointain.

## CONCLUSION

L'hydrographie imposante du territoire québécois est d'une richesse incontestable pour l'état. Un total de 203 espèces de poissons indigènes et plus de mille espèces de macroinvertébrés se retrouvent dans les écosystèmes formés par ces milieux aquatiques. La présence de ces quelques espèces est intimement liée avec la survie d'autres formes de vie et contribue ainsi au maintien de nombreuses activités socio-économiques. Le problème d'envergure internationale de l'introduction d'espèces exotiques peut engendrer des répercussions majeures sur l'intégrité écologique des écosystèmes du Québec. En effet, certaines d'entre elles peuvent réussir à envahir facilement leur nouvel habitat en se naturalisant, en prenant de l'expansion et en atteignant un niveau de saturation qui entraîne des risques écologiques de niveaux variables. Les directives gouvernementales à ce sujet précisent l'importance d'agir rapidement et efficacement dans la lutte à ces espèces nuisibles. Toutefois, il semble que près de 85 espèces aquatiques exotiques se retrouvent présentement dans les nombreux plans d'eau du Québec. Une dizaine d'entre elles sont préoccupantes quant à leurs impacts environnementaux, sociaux et économiques.

Cet essai a permis d'analyser les méthodes de lutte et de gestion possibles pour limiter l'impact négatif de ces espèces et ainsi de favoriser la conservation de l'intégrité des milieux naturels québécois. Les méthodes de lutte générales possibles pour limiter les dégâts ont été identifiées et décrites. Il s'agit respectivement, de l'éradication, du confinement, de contrôle et de l'atténuation. Le contrôle est une alternative assez vaste qui inclut autant des aspects biologiques, chimiques, physiques ou mécaniques ainsi que la participation du public. Un processus décisionnel quant à la meilleure méthode de lutte à utiliser a été conçu sous la forme d'un tableau multicritères incluant des aspects d'efficacité et de faisabilité. Chacun des critères possède toutefois un poids différent par souci de réalisme. Il s'agit donc, dans l'ordre, de l'efficacité technique, du coût à investir annuellement, de l'impact environnemental sur les espèces indigènes et de l'acceptabilité sociale. Cette méthodologie permet de déterminer un pointage particulier pour chaque méthode afin de les discriminer les unes par rapport aux autres.

Le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) est une espèce aquatique envahissante de plus en plus problématique au Québec. Ce petit poisson, originaire de la région Ponto-Caspienne, a été introduit accidentellement au début des années 1990 dans les Grands Lacs probablement par l'eau de ballast des navires commerciaux. Il engendre actuellement de nombreux risques pour les écosystèmes aquatiques du Québec, dont celui du lac Saint-Pierre. Ce dernier représente l'un des milieux naturels les plus importants retrouvés le long du fleuve Saint-Laurent pour ses nombreuses caractéristiques physico-chimiques, biologiques et socio-économiques.

Une revue de la littérature scientifique a permis d'identifier que l'éradication et le confinement sont des alternatives impossibles à mettre en place dans la situation actuelle, que l'atténuation pourrait engendrer des impacts beaucoup plus graves que ce qui est déjà observé et donc que le contrôle et la participation du public sont les seules solutions envisageables. En utilisant l'analyse multicritères pour étudier ces méthodes, il en est ressorti que les trois meilleures méthodes à mettre en place sont l'utilisation de pièges acoustiques, de pièges à base de phéromones ou d'hormones ainsi que la participation accrue du public basée sur la sensibilisation, l'information et la prévention. De plus, il semble essentiel que le gouvernement provincial et fédéral investisse davantage dans les efforts liés au contrôle de ce poisson par une plus grande contribution financière annuelle; que la population soit plus sensibilisée et éduquée sur les enjeux environnementaux du lac Saint-Pierre, surtout en ce qui concerne les EEE; que les recherches sur les impacts et l'écologie du gobie à taches noires soient poursuivies et qu'un plan d'action soit mis en place pour prévenir toute propagation future du poisson envahissant aux autres plans d'eau.

Encore beaucoup de recherches biologiques, techniques et socio-économiques sont nécessaires pour comprendre davantage la situation des EEE au Québec. Les responsables de ce domaine devront prendre des décisions importantes dans les années à venir. D'une part, ils pourront décider de lutter sérieusement contre ces espèces, ou du moins envisager un certain contrôle. D'autre part, ils pourront décider de laisser aller la situation en prônant l'atténuation ou en remettant cette responsabilité entre les mains de la population. La question est maintenant de savoir s'il faut agir ou non.

## RÉFÉRENCES

- AFC-LSP (2009). *Aire faunique communautaire du Lac Saint-Pierre, rapport annuel 2008-2009*. 14 p. (Collection Corporation de gestion et de développement de la pêche sportive au Lac Saint-Pierre).
- Balážová-L'avrinčíková, M., Kováč, V. (2007). Epigenetic context in the life history traits of the round goby, *neogobius melanostomus*. In Gherardi, F., *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats* (p. 275-287). Dordrecht, Springer.
- Barbault, R., Atramentowick, M. (2010). *Les invasions biologiques, une question de natures et de sociétés*. Versailles, Éditions Quae, 179 p.
- Blondin, S (2011). *Les espèces marines envahissantes aux îles-de-la-Madeleine : Analyse des méthodes de gestion du crabe vert et du tunicier*. Essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 102 p.
- Boudjelas, S. (2009). Public participation in invasive species management. In Clout, N. M., Williams, A. P, *Invasive species management, a handbook of principles and techniques* (p. 93). New York, Oxford University Press.
- Bourget, E. (1997). *Les animaux littoraux du Saint-Laurent, Guide d'identification*. Québec, Les Presses de l'Université Laval, 268 p.
- Brisson, D. J., Gauthier, I., Banville, D., Desrosiers, N., Tardif, J. (2009). Une nouvelle Liste de la faune vertébrée du Québec. *La Société Provancher d'Histoire Naturelle du Canada*, vol. 133, n° 1, p. 48-52.
- Brodeur, P., Reyjol, Y., Mingelbier, M., Rivière, T., Dumont, P. (2011). Prédation du gobie à taches noires □ par les poissons du Saint-Laurent : □ contrôle potentiel d'une espèce exotique ? *le Naturaliste Canadien*, vol. 135, n° 2, p. 4.
- Brodeur, P. (2012). État des stocks de perchaudes du Saint-Laurent, Bilan du plan d'action sur la perchaude du lac Saint-Pierre 2008-2013 et recommandations. Communication orale. *Journée interactive sur les enjeux prioritaires au lac Saint-Pierre*, 31 mars 2012, Yamachiche
- Brunel, P., Bossé, L., Lamarche, G. (1998). *Catalogue des Invertébrés marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. Les Presses scientifiques du CRNC édition, Ottawa, 405 p. (spéc. can. sci. halieut. aquat. 126.).
- Brusca, C. R., Brusca, J. G. (2003). *Invertebrates*. 2e édition, Sunderland, Sinauer Associates, Inc. Publishers, 936 p.
- Burton, J. (1991). *Le Lac Saint-Pierre, Zone d'intérêt prioritaire # 11*. Québec, Environnement Canada, 98 p. (Collection Centre Saint-Laurent).

- Canadian Register of Marine Species (CaRMS) (2012). CaRMS photogallery. In VLIZ. *CaRMS*, [En ligne]. <http://www.marinespecies.org/carms/photogallery.php?album=1491&pic=37765> (Page consultée le 02/15 2012).
- Carmela Mancini, B (2010). *Behavioural discrimination of conspecific call types and its potential use in control strategies of the invasive round goby (Neogobius melanostomus)*. Thèse de maîtrise, University of Windsor, Windsor, Ontario, 90 p.
- CDB (s.d.). Liste des Parties. In ONU. *CDB*, [En ligne]. <http://www.cbd.int/convention/parties/list/> (Page consultée le 10 février 2012).
- CEDD (2008). *Le Point, Rapport du commissaire à l'environnement et au développement durable à la Chambre des communes, Chapitre 6 : Le contrôle des espèces aquatiques envahissantes*. Ottawa, 38 p. (Collection Bureau du vérificateur général du Canada).
- CEDD (2002). *Rapport de la commissaire à l'environnement et au développement durable à la chambre des communes, Chapitre 4 : Les espèces envahissantes*. Ottawa, 42 p. (Collection Bureau du vérificateur général du Canada).
- Charlebois, M. P., Corkum, D. L., Jude, J. D., Knight, C. (2001). The Round Goby (*Neogobius melanostomus*) Invasion: Current Research and Future Needs. *Journal of Great Lakes Research*, vol. 27, n° 3, p. 263-266.
- Clout, N. M., Williams, A. P (2009). *Invasive species management, a handbook of principles and techniques*. New York, Oxford University Press, 308 p. (Collection Oxford Biology).
- Cordeiro, J. (2003). Freshwater Mussel Identification Handbook. In Center for Biodiversity and Conservation at the American Museum of Natural History. *New York Metropolitan Region and New Jersey*, [En ligne]. <http://cbc.amnh.org/mussel/extralimitalframeset.html> (Page consultée le 15 février 2012).
- Dimond, P. E., Mandrak, N. E., Brownson, B. (2010). *Summary of the Rapid Response to Round Goby (Neogobius melanostomus) in Pefferlaw Brook with an Evaluation of the National Rapid Response Framework based on the Pefferlaw Brook Experience*. Georgetown, Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique, 39 p.
- Dodds, K.W. (2002). *Freshwater Ecology, Concepts and Environmental Applications*. California, Academic Press, 569 p.
- Environnement Canada (2011). Espèces exotiques envahissantes au Canada. In Gouvernement du Canada. *Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/eee-ias/Default.asp?lang=Fr&n=C4637128-1> (Page consultée le 12 janvier 2012).



- Environnement Canada (2011a). Stratégie nationale sur les espèces exotiques envahissantes. In Gouvernement du Canada. *Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/eee-ias/default.asp?lang=Fr&n=1A81B051-1> (Page consultée le 12 janvier 2012).
- Environnement Canada (2011b). Programme de partenariat sur les espèces exotiques envahissantes. In Gouvernement du Canada. *Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/eee-ias/default.asp?lang=Fr&n=A49893BC-1> (Page consultée le 12 janvier 2012).
- Environnement Canada (2011c). Histoires de réussite. In Gouvernement du Canada. *Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/eee-ias/default.asp?lang=Fr&n=C04B4437-1> (Page consultée le 12 janvier 2012).
- Environnement Canada (2011d). Septembre-décembre 2009. In Gouvernement du Canada. *Environnement Canada*, [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/scitech/default.asp?lang=Fr&n=1890C965-1&xsl=privateArticles2,viewfull&po=5670875A> (Page consultée le 15 février 2012).
- Environnement Canada (2010). Hydrographie du Saint-Laurent. In Gouvernement du Canada. *Environnement Canada*, [En ligne]. <http://ec.gc.ca/stl/default.asp?lang=Fr&n=59C4915D-1> (Page consultée le 24 janvier 2012).
- Environnement Canada (2010a). Les lacs fluviaux du Saint-Laurent. In Gouvernement du Canada. *Environnement Canada*, [En ligne]. <http://ec.gc.ca/stl/default.asp?lang=Fr&n=09C5A944-1> (Page consultée le 24 janvier 2012).
- Fédération des Pêcheurs et Chasseurs de l'Ontario (2012). Projet d'élimination des gobies à taches noires du ruisseau de Pefferlaw. In *Invading Species.com*, [En ligne]. <http://www.invadingspecies.com/Programsfr.cfm?A=Page&PID=30> (Page consultée le 5 avril 2012).
- Francoeur, L.-G. (2012). Modifications à la loi fédérale - Protéger la productivité des pêches. *Le Devoir*, 25 avril, p.1
- Gangbazo, G. (2004). *Élaboration d'un plan directeur de l'eau : guide à l'intention des organismes de bassins versants*. Québec, Gouvernement du Québec, 82 p. (Collection MDDEP).
- Gariépy, N., Gagné, L., Gignac, H. (2000). *Réserve de biosphère du Lac Saint-Pierre, Formulaire de proposition de réserve de biosphère*. Sainte-Anne-de-Sorel, Société d'initiative et de conservation du Bas-Richelieu, 75 p. (Collection UNESCO - Programme sur L'homme et la biosphère).

- Gherardi, F. (2007). Biological invasions in inland waters: an overview. *In* Gherardi, F., *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats* (p. 3-25). Dordrecht, Springer.
- Gouvernement du Canada (2010). Stratégie canadienne de la biodiversité. *In* Gouvernement du Canada. [biodivcanada.ca](http://www.biodivcanada.ca), [En ligne]. <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=fr&n=560ED58E-1> (Page consultée le 22 janvier 2012).
- Gouvernement du Canada (2004). *Stratégie nationale sur les espèces exotiques envahissantes*. Gouvernement du Canada, Ottawa, 52 p.
- Gouvernement du Québec (2002). *L'eau. La vie. L'avenir., Politique nationale de l'eau*. Québec, Bibliothèque du Québec, 103 p.
- Gozlan, R.E., Britton, J.R., Cowx, I., Copps, G.H. (2010). Current knowledge on non-native freshwater fish introductions. *Journal of Fish Biology*, vol. 76, p. 751-786.
- Grice, T. (2009). Principles of containment and control of invasive species. *In* Clout, N. M., Williams, A. P, *Invasive species management, a handbook of principles and techniques* (p. 61). New York, Oxford University Press.
- Groupe de travail sur les espèces aquatiques envahissantes (2004). *Plan d'action canadien de lutte contre les espèces aquatiques envahissantes*. Conseil canadien des ministres des pêches et de l'aquaculture édition, Ottawa, 28 p.
- IUCN (2011). Why is biodiversity in crisis? *In* IUCN. [En ligne]. [http://www.iucn.org/what/tpas/biodiversity/about/biodiversity\\_crisis/](http://www.iucn.org/what/tpas/biodiversity/about/biodiversity_crisis/) (Page consultée le 24 janvier 2012).
- Jakubas, D., (2004). The response of the Grey Heron to a rapid increase of the Round Goby. *Waterbirds : The International Journal of Waterbird Biology*, vol. 27, n° 3, p. 304-307.
- Jude, J. D., Reider, H. R., Smith, R. G. (1992). Establishment of Gobiidae in the Great Lakes Basin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 49, n° 1, p. 416-421.
- King, R. B., Ray, J. M., Stanford, K. M. (2006). Gorging on gobies: beneficial effects of alien prey on a threatened vertebrate. *Canadian Journal of Zoology*, vol. 84, p. 108-115.
- Kipp, R., Ricciardi, A. (2012). Impacts of the Eurasian round goby (*Neogobius melanostomus*) on benthic communities in the upper St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 69, p. 1-18.
- La Violette, N. (2004). Les lacs fluviaux du Saint-Laurent : Hydrologie et modifications humaines. *le Naturaliste Canadien*, vol. 128, n° 1, p. 98-104.

- La Violette, N., Fournier, D., Dumont, P., Mailhot, Y. (2003). *Caractérisation des communautés de poissons et développement d'un indice d'intégrité biotique pour le fleuve Saint-Laurent, 1995-1997*. Direction de la recherche sur la faune, 237 p. (Collection Société de la faune et des parcs du Québec).
- Langlois, C., Lapiere, L., Léveillé, M., Turgeon, P., Ménard, C. (1992). *Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du Lac Saint-Pierre, Rapport technique Zone d'intérêt prioritaire # 11*. Québec, Environnement Canada, 236 p. (Collection Centre Saint-Laurent).
- Ling, N. (2009). Management of invasive fish. In Clout, N. M., Williams, A. P., *Invasive species management, a handbook of principles and techniques* (p. 185). New York, Oxford University Press.
- Marentette, R. J., Gooderham, L. K., McMaster, E. M., Ng, T., Parott, L. J., Wilson, Y. J., Wood, M. C., Balshine, S. (2010). Signatures of contamination in invasive round gobies (*Neogobius melanostomus*): A double strike for ecosystem health ? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 73, p. 1755-1764.
- Marsden, E. J., Charlebois, P., Wolfe, K. (1996). *The Round Goby (Neogobius melanostomus) : A Review of European and North American Literature, with notes from the Round Goby Conference, Chicago, 1996*. Illinois, Illinois Natural History Survey, 74 p. (Collection Aquatic Ecology Technical Report).
- Massé, G., Mongeau, J.-R. (1974). *Répartition géographique des poissons, leur abondance relative et bathymétrie de la région du Lac Saint-Pierre*. Ministère du tourisme, de la chasse et de la pêche, Service de l'aménagement de la faune édition, Québec, Gouvernement du Québec, 59 p. (Collection Rapport technique, Service de l'aménagement de la faune).
- MDDEP (2002). L'eau au Québec : une ressource à protéger. In Gouvernement du Québec. *MDDEP*, [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/inter.htm> (Page consultée le 17 janvier 2012).
- MDDEP (2002a). Rivières (bassins versants) : Les régions hydrographiques. In Gouvernement du Québec. *MDDEP*, [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/regionshydro/index.htm> (Page consultée le 17 janvier 2012).
- MDDEP (2002b). Le Saint-Laurent. In Gouvernement du Québec. *MDDEP*, [En ligne]. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/fleuve.htm> (Page consultée le 17 janvier 2012).
- Mingelbier, M., Reyjol, Y., Dumont, P., Mailhot, Y., Brodeur, P., Deschamps, D., Côté, C. (2008). *Les communautés de poissons d'eau douce dans le Saint-Laurent*. 2e édition, Québec, Suivi de l'état du Saint-Laurent, 8 p.

- Moisan, J. (2007). *Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds*. Québec, MDDEP, 82 p.
- Moore, J. (2006). *An introduction to the Invertebrates*. 2e édition, New Hall, Cambridge University Press, 319 p.
- MRNF (2006). Liste de la faune vertébrée du Québec. In Gouvernement du Québec. *Faune vertébrée du Québec*, [En ligne]. <http://www3.mrnf.gouv.qc.ca/faune/vertebree/#sourcesFR> (Page consultée le 19 janvier 2012).
- MRNF (2007). *Guide d'identification pour le Réseau de détection des espèces aquatiques exotiques envahissantes du Saint-Laurent*. Québec, Gouvernement du Québec, 27 p.
- MRNF (2012). Les espèces exotiques envahissantes au Québec. In Gouvernement du Québec. *MRNF*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/faune/especes/envahissantes/index.jsp> (Page consultée le 12 janvier 2012).
- MRNF (2012a). Le gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*). In Gouvernement du Québec. *MRNF*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/faune/especes/envahissantes/gobie.jsp> (Page consultée le janvier/12 2012).
- MRNF (2012b). Faune Québec. In Gouvernement du Québec. *MRNF*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/ministere/mission/mission-faune-qc.jsp> (Page consultée le 24 janvier 2012).
- MRNF (2012c). Petite crevette d'eau douce (*Echinogammarus ischnus*). In Gouvernement du Québec. *MRNF*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/faune/especes/envahissantes/petite-crevette.jsp> (Page consultée le 15 février 2012).
- MRNF (2011). Méthodes de prévention et de contrôle. In Gouvernement du Québec. *MRNF*, [En ligne]. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/faune/especes/envahissantes/methodes-prevention-controlle.jsp> (Page consultée le 23 novembre 2011).
- Municonsult (2002). *Réserve de la biosphère du Lac Saint-Pierre, Habitats, ressources fauniques et exploitation*. Montréal, 35 p. (Collection Dossier 21112).
- Murphy, T. S., Evans, C. H. (2009). Biological control of invasive species. In Clout, N. M., Williams, A. P, *Invasive species management, a handbook of principles and techniques* (p. 77). New York, Oxford University Press.

- Musée canadien de la nature (2010). Les envahisseurs. In Gouvernement du Canada. *Musée canadien de la nature*, [En ligne]. [http://nature.ca/education/cls/lp/lpinvsw\\_f.cfm](http://nature.ca/education/cls/lp/lpinvsw_f.cfm) (Page consultée le 15 février 2012).
- ONU (1992). *Convention sur la diversité biologique*. 32p.
- Paradis, Y. (2011). Impact du gobie à taches noires sur les communautés de poisson du fleuve Saint-Laurent. Communication orale. *Premier forum sur l'état de l'écosystème du lac Saint-Pierre*, Berthierville.
- Parcs Canada (2012). Glossaire. In Gouvernement du Canada. *Parcs Canada*, [En ligne]. <http://www.pc.gc.ca/fra/nature/eep-sar/itm6.aspx> (Page consultée le 24 janvier 2012).
- Parkes, P. J., Dane Panetta, F. (2009). Eradication of invasive species: progress and emerging issues in the 21st century. In Clout, N. M., Williams, A. P, *Invasive species management, a handbook of principles and techniques* (p. 47). New York, Oxford University Press.
- Pêches et Océans Canada (2010). Le crabe chinois à mitaine (*Eriocheir sinensis*). In Gouvernement du Canada. *Les envahisseurs aquatiques*, [En ligne]. <http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/publications/envahissant-invasive/crabe-chinois-a-mitaine-chinese-mitten-crab-fra.asp> (Page consultée le 15 février 2012).
- Pêches et Océans Canada (2011). Centre d'expertise pour analyse des risques aquatiques (CEARA). In Gouvernement du Canada. *Pêches et Océans Canada*, [En ligne]. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/coe-cde/ceara/index-fra.htm#er> (Page consultée le 24 janvier 2012).
- Pelletier, A. (2010). *Réseau de détection précoce d'espèces aquatiques exotiques envahissantes du Saint-Laurent, Rapport d'activité 2007-2009*. MRNF, 31 p. (Collection Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire du Bas-Saint-Laurent).
- Pimentel, D., Westra, L., Noss, F. R. (2000). *Ecological Integrity, Integrating environment, Conservation, and Health*. California, Island Press, 428 p.
- Poos, M., Dextrase, J. A., Schwalb, N. A., Ackerman, D. J. (2010). Secondary invasion of the round goby into high diversity Great Lakes tributaries and species at risk hotspots: potential new concerns for endangered freshwater species. *Biological Invasions*, vol. 12, p. 1269-1284.
- Québec Pêche (2011). Êtes-vous écoeuré des gobies à taches noires ?. In Québec Pêche. *Le parler*, [En ligne]. <http://www.quebecpeche.com/forums/index.php?/topic/93575-etes-vous-ecoeure-des-gobies-a-taches-noires/> (Page consultée le 5 avril 2012).
- Ricciardi, A., Palmer, E. M., Yan, D. N. (2011). Should Biological Invasions Be Managed as Natural Disasters?. *BioScience*, vol. 61, n° 61, p. 312-317.

- Ricciardi, A., Simberloff, D. (2008). Assisted colonization is not a viable conservation strategy. *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 24, n° 5, p. 248-253.
- Savino, F. J., Jude, J. D., Kostich, J. M. (2001). Use of Electrical Barriers to Deter Movement of Round Goby. *American Fisheries Society*, paper 225, p. 171-182
- Schreier, T. M., Dawson, V. K., Larson, W. (2008). Effectiveness of Piscicides for Controlling Round Gobies (*Neogobius melanostomus*). *Journal of Great Lakes Research*, vol. 34, p. 253-264.
- Simard, A. (28 novembre 2011). *Projet d'essai sur le gobie à taches noires*. Courrier électronique à Olivier Benoit, adresse destinataire : [olivier.benoit@usherbrooke.ca](mailto:olivier.benoit@usherbrooke.ca)
- Transports Canada (2010). Définition de ballast. In Gouvernement du Canada. *Transports Canada*, [En ligne]. <http://www.tc.gc.ca/fra/securitemaritime/epe-environnement-ballast-definition-249.htm> (Page consultée le 26 janvier 2012).
- USGS (2009). Nonindigenous Aquatic Species. In Take Pride in America. *USGS; Science for a changing world*, [En ligne]. <http://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=652> (Page consultée le 15 février 2012).
- Wittenberg, R., Cock, J.W.M. (2001). *Les espèces envahissantes exotiques : un manuel pour une meilleure prévention et de meilleures pratiques de gestion*. Wallingford, CABI International, 255 p. (Collection Le Programme Mondial sur les espèces envahissantes).
- Wittenberg, R., Cock, J.W.M. (2005). Best practices for the prevention and management of invasive alien species. In Mooney, A. H., Mack, N. R., McNeely, A. J., Neville, E. L., Johan Schei, P., Waage, K. J., *Invasive alien species, a new synthesis* (p. 209). Washington, Island press.
- Zielinski, B., Arbuckle, W., Belanger, A., Corkum, D. L., Li, W., Scott, P. A. (2003). Evidence for the release of sex pheromones by male round gobies (*Neogobius melanostomus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, vol. 28, p. 237-239.

**ANNEXE 1 - LISTES DES POISSONS INDIGÈNES (DULCICOLES ET MARINS)  
DU QUÉBEC**

(Brisson *et al.*, 2009; MRNF, 2007; MRNF, 2007)

1. Poissons (Ostéognathostomates)		
#	Nom commun	Nom latin
1	achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>
2	achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>
3	agone atlantique	<i>Leptagonus decagonus</i>
4	aiglefin	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>
5	alose savoureuse	<i>Alosa sapidissima</i>
6	alose tyran	<i>Brevoortia tyrannus</i>
7	anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>
8	bar blanc	<i>Morone chrysops</i>
9	bar rayé, pop. du Sud du golfe du Saint-Laurent	<i>Morone saxatilis</i>
10	barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>
11	barbotte jaune	<i>Ameiurus natalis</i>
12	barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>
13	baudroie d'Amérique	<i>Lophius americanus</i>
14	bec-de-lièvre	<i>Exoglossum maxillingua</i>
15	brochet d'Amérique	<i>Esox americanus americanus</i>
16	brochet maillé	<i>Esox niger</i>
17	brochet vermiculé	<i>Esox americanus vermiculatus</i>
18	brosme	<i>Brosme brosme</i>
19	capelan	<i>Mallotus villosus</i>
20	capucette	<i>Menidia menidia</i>
21	chaboisseau à dix-huit épines	<i>Myoxocephalus octodecemspinosus</i>
22	chaboisseau à épines courtes	<i>Myoxocephalus scorpius</i>
23	chaboisseau à quatre cornes	<i>Trigloopsis quadricornis</i>
24	chaboisseau arctique	<i>Myoxocephalus scorpioides</i>
25	chaboisseau bronzé	<i>Myoxocephalus aeneus</i>
26	chabot à tête plate	<i>Cottus ricei</i>
27	chabot de profondeur	<i>Myoxocephalus thompsonii</i>
28	chabot tacheté	<i>Cottus bairdii</i>
29	chabot visqueux	<i>Cottus cognatus</i>
30	chat-fou brun	<i>Noturus gyrinus</i>
31	chat-fou des rapides	<i>Noturus flavus</i>
32	chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>
33	chevalier cuivré	<i>Moxostoma hubbsi</i>
34	chevalier de rivière	<i>Moxostoma carinatum</i>

35	chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>
36	chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>
37	choquemort	<i>Fundulus heteroclitus</i>
38	cisco de lac, pop. du printemps	<i>Coregonus artedi</i>
39	cisco de lac	<i>Coregonus artedi</i>
40	cotte polaire	<i>Cottunculus microps</i>
41	couette	<i>Carpiodes cyprinus</i>
42	crapet à longues oreilles	<i>Lepomis megalotis</i>
43	crapet arlequin	<i>Lepomis macrochirus</i>
44	crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>
45	crapet soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>
46	crayon-d'argent	<i>Labidesthes sicculus</i>
47	cyclothone à petites dents	<i>Cyclothone microdon</i>
48	dard à ventre jaune	<i>Etheostoma exile</i>
49	dard arc-en-ciel	<i>Etheostoma caeruleum</i>
50	dard barré	<i>Etheostoma flabellare</i>
51	dard de sable	<i>Ammocrypta pellucida</i>
52	doré jaune	<i>Sander vitreus</i>
53	doré noir	<i>Sander canadensis</i>
54	éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>
55	éperlan arc-en-ciel, pop. du Sud de l'estuaire du Saint-Laurent	<i>Osmerus mordax</i>
56	épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>
57	épinoche à neuf épines	<i>Pungitius pungitius</i>
58	épinoche tachetée	<i>Gasterosteus wheatlandi</i>
59	esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>
60	esturgeon noir	<i>Acipenser oxyrinchus</i>
61	faux-trigle armé	<i>Triglops murrayi</i>
62	flétan atlantique	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>
63	flétan du Groenland	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>
64	fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>
65	fouille-roche gris	<i>Percina copelandi</i>
66	fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>
67	goberge	<i>Pollachius virens</i>
68	grand brochet	<i>Esox lucius</i>
69	grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>
70	grenadier du Grand Banc	<i>Nezumia bairdii</i>
71	grosse poule de mer	<i>Cyclopterus lumpus</i>
72	hameçon atlantique	<i>Artediellus atlanticus</i>
73	hameçon neigeux	<i>Artediellus uncinatus</i>
74	hareng atlantique	<i>Clupea harengus</i>
75	hémitriptère atlantique	<i>Hemitripterus americanus</i>



76	icèle spatulée	<i>Icelus spatula</i>
77	lampe-voilière du Nord	<i>Notoscopelus krøeyeri</i>
78	lançon d'Amérique	<i>Ammodytes americanus</i>
79	laquaiche argentée	<i>Hiodon tergisus</i>
80	laquaiche aux yeux d'or	<i>Hiodon alosoides</i>
81	lépisosté osseux	<i>Lepisosteus osseus</i>
82	limace à longues nageoires	<i>Careproctus longipinnis</i>
83	limace à museau noir	<i>Paraliparis copei</i>
84	limace ardente	<i>Paraliparis calidus</i>
85	limace atlantique	<i>Liparis atlanticus</i>
86	limace de Cohen	<i>Liparis coheni</i>
87	limace des laminaires	<i>Liparis tunicatus</i>
88	limace des pétoncles	<i>Liparis inquilinus</i>
89	limace gélatineuse	<i>Liparis fabricii</i>
90	limace marbrée	<i>Liparis gibbus</i>
91	limace pote	<i>Paraliparis garmani</i>
92	limande à queue jaune	<i>Limanda ferruginea</i>
93	lompénie élancée	<i>Lumpenus fabricii</i>
94	lompénie tachetée	<i>Leptoclinus maculatus</i>
95	lompénie-serpent	<i>Lumpenus lumpretaeformis</i>
96	loquette d'Amérique	<i>Macrozoarces americanus</i>
97	lotte	<i>Lota lota</i>
98	loup à tête large	<i>Anarhichas denticulatus</i>
99	loup atlantique	<i>Anarhichas lupus</i>
100	loup tacheté	<i>Anarhichas minor</i>
101	lycode à carreaux	<i>Lycodes vahlii</i>
102	lycode arctique	<i>Lycodes reticulatus</i>
103	lycode atlantique	<i>Lycodes terraenovae</i>
104	lycode d'Esmark	<i>Lycodes esmarkii</i>
105	lycode du Labrador	<i>Lycodes lavalei</i>
106	lycode pâle	<i>Lycodes pallidus</i>
107	lycode polaire	<i>Lycodes polaris</i>
108	malachigan	<i>Aplodinotus grunniens</i>
109	maquereau blanc	<i>Scomber colias</i>
110	maquereau bleu	<i>Scomber scombrus</i>
111	marigane noire	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>
112	maskinongé	<i>Esox masquinongy</i>
113	méné à grosse tête	<i>Pimephales promelas</i>
114	méné à menton noir	<i>Notropis heterodon</i>
115	méné à museau arrondi	<i>Pimephales notatus</i>
116	méné à museau noir	<i>Notropis heterolepis</i>

117	méné à nageoires rouges	<i>Luxilus cornutus</i>
118	méné à tache noire	<i>Notropis hudsonius</i>
119	méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>
120	méné d'argent	<i>Hybognathus regius</i>
121	méné d'herbe	<i>Notropis bifrenatus</i>
122	méné émeraude	<i>Notropis atherinoides</i>
123	méné jaune	<i>Notemigonus crysoleucas</i>
124	méné laiton	<i>Hybognathus hankinsoni</i>
125	méné paille	<i>Notropis stramineus</i>
126	méné pâle	<i>Notropis volucellus</i>
127	méné ventre citron	<i>Phoxinus neogaeus</i>
128	méné ventre rouge	<i>Phoxinus eos</i>
129	ménomini rond	<i>Prosopium cylindraceum</i>
130	merlu argenté	<i>Merluccius bilinearis</i>
131	merluche blanche	<i>Urophycis tenuis</i>
132	merluche-écureuil	<i>Urophycis chuss</i>
133	meunier noir	<i>Catostomus commersonii</i>
134	meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>
135	môle	<i>Mola mola</i>
136	mollasse atlantique	<i>Melanostigma atlanticum</i>
137	morue franche, pop. des Martimes	<i>Gadus morhua</i>
138	morue franche	<i>Gadus morhua</i>
139	morue franche, pop. nord-laurentienne	<i>Gadus morhua</i>
140	motelle à quatre barbillons	<i>Enchelyopus cimbrius</i>
141	mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>
142	mulet de lac	<i>Couesius plumbeus</i>
143	mulet perlé	<i>Margariscus margarita</i>
144	naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>
145	naseux noir de l'Est	<i>Rhinichthys atratulus</i>
146	ogac	<i>Gadus ogac</i>
147	omble chevalier	<i>Salvelinus alpinus</i>
148	omble chevalier oquassa	<i>Salvelinus alpinus oquassa</i>
149	omble de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>
150	omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>
151	ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>
152	pêcheur à trèfle	<i>Cryptopsaras couesii</i>
153	perchaude	<i>Perca flavescens</i>
154	petite limace de mer	<i>Careproctus reinhardtii</i>
155	petite limace écossaise	<i>Careproctus ranula</i>
156	petite poule de mer atlantique	<i>Eumicrotremus spinosus</i>
157	plie canadienne	<i>Hippoglossoides platessoides</i>

158	plie grise	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>
159	plie lisse	<i>Liopsetta putnami</i>
160	plie rouge	<i>Pseudopleuronectes americanus</i>
161	poisson-alligator arctique	<i>Ulcina olrikii</i>
162	poisson-alligator atlantique	<i>Aspidophoroides monopterygius</i>
163	poisson-castor	<i>Amia calva</i>
164	poulamon atlantique	<i>Microgadus tomcod</i>
165	quatre-lignes atlantique	<i>Eumesogrammus praecisus</i>
166	raseux-de-terre gris	<i>Etheostoma olmstedii</i>
167	raseux-de-terre noir	<i>Etheostoma nigrum</i>
168	saïda franc	<i>Boreogadus saida</i>
169	saumon atlantique, ouananiche	<i>Salmo salar</i>
170	saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>
171	sébaste acadien	<i>Sebastes fasciatus</i>
172	sébaste atlantique	<i>Sebastes mentella</i>
173	sébaste orangé	<i>Sebastes norvegicus</i>
174	sigouine de roche	<i>Pholis gunnellus</i>
175	stichée arctique	<i>Stichaeus punctatus</i>
176	stromatée à fossettes	<i>Peprilus triacanthus</i>
177	tanche-tautogue	<i>Tautogolabrus adspersus</i>
178	terrassier tacheté	<i>Cryptacanthodes maculatus</i>
179	tête rose	<i>Notropis rubellus</i>
180	thon rouge	<i>Thunnus thynnus</i>
181	touladi	<i>Salvelinus namaycush</i>
182	toupet marbré	<i>Chirolophis ascanii</i>
183	tricorne arctique	<i>Gymnocanthus tricuspis</i>
184	turbot de sable	<i>Scophthalmus aquosus</i>
185	ulvaire deux-lignes	<i>Ulvaria subbifurcata</i>
186	ombre de vase	<i>Umbra limi</i>
187	unernak caméléon	<i>Gymnelus viridis</i>
2. Poissons (Chondrichtyes)		
#	Nom commun	Nom latin
1	aiguillat commun	<i>Squalus acanthias</i>
2	aiguillat noir	<i>Centroscyllium fabricii</i>
3	grande raie	<i>Dipturus laevis</i>
4	maraiêche	<i>Lamna nasus</i>
5	pèlerin	<i>Cetorhinus maximus</i>
6	raie à queue de velours	<i>Malacoraja senta</i>
7	raie épineuse	<i>Amblyraja radiata</i>
8	raie tachetée	<i>Leucoraja ocellata</i>
9	raie-hérisson	<i>Leucoraja erinacea</i>

10	requin bleu	<i>Prionace glauca</i>
11	requin du Groenland	<i>Somniosus microcephalus</i>
3. Poissons (Myxines)		
#	Nom commun	Nom latin
1	myxine	<i>Myxine glutinosa</i>
4. Poissons (Pétromyzontides)		
#	Nom commun	Nom latin
1	lamproie argentée	<i>Ichthyomyzon unicuspis</i>
2	lamproie brune	<i>Ichthyomyzon castaneus</i>
3	lamproie de l'Est	<i>Lampetra appendix</i>
4	lamproie du Nord	<i>Ichthyomyzon fossor</i>

**ANNEXE 2 - LISTES DES PRINCIPALES ESPÈCES BENTHIQUES  
LITTORALES D'INVERTÉBRÉS DU FLEUVE SAINT-LAURENT  
(Bourget, 1997)**

1. Crustacés		
1.1. Ostracodes		
#	Nom commun	Nom latin
1	-	<i>Philomedes.sp</i>
1.2. Cirripèdes		
#	Nom commun	Nom latin
1	-	<i>Semibalanus balanoides</i>
2	-	<i>Balanus balanus</i>
3	balane crénelée	<i>Balanus crenatus</i>
4	balane imprévue	<i>Balanus improvisus</i>
5	anatife	<i>Lepas anatifera</i>
1.3. Décapodes		
#	Nom commun	Nom latin
1	crabe de roche	<i>Cancer irroratus</i>
2	crabe araignée/crabe arctique	<i>Hyas sp.</i>
1.4. Isopodes		
#	Nom commun	Nom latin
1	-	<i>Idotea phosphorea</i>
2	-	<i>Joera marina</i>
1.5. Amphipodes		
#	Nom commun	Nom latin
1	-	<i>Aeginina longicornis</i>
2	-	<i>Calliopius loeviusculus</i>
3	-	<i>Caprella linearis</i>
4	-	<i>Caprella septentrionalis</i>
5	-	<i>Gammarellus angulosus</i>
6	-	<i>Gammarellus homari</i>
7	-	<i>Gammarus oceanicus</i>
8	-	<i>Gammarus setosus</i>
9	-	<i>Gammarus tigrinus</i>
10	-	<i>Hyale nilssoni</i>
11	-	<i>Ischyrocerus anguipes</i>
12	-	<i>Jassa falcata</i>
13	-	<i>Metopa sp.</i>
14	-	<i>Pontogeneia inermis</i>

2. Mollusques		
2.1. Bivalves		
#	Nom commun	Nom latin
1	-	<i>Anomia aculeata</i>
2	-	<i>Hiatella arctica</i>
3	-	<i>Mesodesma arctatum</i>
4	steamers	<i>Mya arenaria</i>
5	moule bleue	<i>Mytilus edulis</i>
2.2. Gastéropodes		
#	Nom commun	Nom latin
1	-	<i>Acmoea testudinalis</i>
2	-	<i>Calliostoma occidentale</i>
3	-	<i>Dendronotus frondosus</i>
4	-	<i>Doto coronata</i>
5	-	<i>Eubbranchus</i>
6	-	<i>Ferrissia rivularis</i>
7	hydrobies	<i>Hydrobia minuta</i>
8	-	<i>Lacuna pallidula</i>
9	-	<i>Lacuna vincta</i>
10	bigorneau	<i>Littorina littorea</i>
11	-	<i>Littorina obtusata</i>
12	littorine des rochers	<i>Littorina saxatillis</i>
13	-	<i>Margarites helycinus</i>
14	-	<i>Mitrella rosacea</i>
15	-	<i>Nucella (Thais) lapinus</i>
16	-	<i>Skenea planorbis</i>

**ANNEXE 3 : LISTE DES ESPÈCES AQUATIQUES ENVAHISSANTES  
(POISSONS, CRUSTACÉS, MOLLUSQUES) RETROUVÉES AUX QUÉBEC  
(MRNF, 2006; MRNF, 2007; MRNF, 2012)**

1. Groupe des Poissons (Classes des Ostéognathostomates)				
#	Nom commun	Nom latin	Statut de l'invasion	Situation géographique
1	Alevin	<i>Gambusia affinis</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
2	Alose à gésier	<i>Dorosoma cepedianum</i>	Préoccupante	Au Québec
3	Alose d'été	<i>Alosa aestivalis</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
5	Athérine	<i>Aphanius boyeri</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
6	Carassin/poisson rouge	<i>Carassius auratus</i>	Préoccupante	Au Québec
7	Carpe à grosse tête	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	Préoccupante	Aux portes du Québec
8	Carpe argentée	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Préoccupante	Aux portes du Québec
9	Carpe noire	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	Préoccupante	Aux portes du Québec
10	Carpe de roseau	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Préoccupante	Aux portes du Québec
11	Carpe à grandes écailles	<i>Hypophthalmichthys harmandi</i>	Préoccupante	Aux portes du Québec
12	Crapet à oreilles rouges	<i>Lepomis microlophus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
13	Crapet à points bleus	<i>Enneacanthus gloriosus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
14	Crapet menu	<i>Lepomis humilis</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
15	Gobie à nez tubulaire	<i>Proteorhinus semilunaris</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
16	Gobie à taches noires	<i>Neogobius melanostomus</i>	Préoccupante	Au Québec
17	Gobie étoilé	<i>Benthophilus stellatus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
18	Gobie fluviatile	<i>Neogobius fluviatilis</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
19	Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
20	Ide	<i>Leuciscus idus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
21	Lépisostée à museau plat	<i>Lepisosteus platostomus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
22	Loche d'étang	<i>Misgurnus fossilis</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
23	Loche orientale	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
24	Méné fantôme	<i>Notropis buchanani</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
25	Méné suceur	<i>Phenacobius mirabilis</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec

26	Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
27	Pirapatinga	<i>Piaractus brachyomus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
28	Poisson à tête de serpent	<i>Channa argus</i>	Préoccupante	Aux portes du Québec
29	Rotengle/gardon rouge	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Préoccupante	Au Québec
30	Silure grenouille	<i>Clarias batrachus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
31	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	Préoccupante	Au Québec
32	Tyulka	<i>Clupeonella caspia</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
33	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec

2. Sous-embanchement des Crustacés				
#	Nom commun	Nom latin	Statut de l'envahissement	Situation géographique
1	Cladocère épineux	<i>Bythotrephes longimanus</i>	Préoccupante	Aux portes du Québec
2	Crabe chinois à mitaines	<i>Eriocheir sinensis</i>	Préoccupante	Au Québec
3	Crevette rouge sang	<i>Hemimysis anomala</i>	Préoccupante	Au Québec
4	Crabe sanguin	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	Potentiellement envahissante	Aux portes du Québec
5	Crabe vert	<i>Carcinus maenas</i>	Préoccupant,	Au Québec
6	Écrevisse à taches rouges	<i>Orconectes rusticus</i>	Préoccupante,	Aux portes du Québec
7	Petite crevette d'eau douce	<i>Echinogammarus ischnus</i>	Préoccupante	Au Québec
8	Puce d'eau en hameçon	<i>Cercopagis pengoi</i>	Préoccupante	Aux portes du Québec

3. Embanchement des Mollusques				
#	Nom commun	Nom latin	Statut de l'envahissement	Situation géographique
1	Moule quagga	<i>Dreissena bugensis</i>	Préoccupante	Au Québec
2	Moule zébrée	<i>Dreissena polymorpha</i>	Préoccupante	Au Québec
3	Nasse de Nouvelle-Zélande	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>		Aux portes du Québec



**ANNEXE 4 : PHOTOGRAPHIES DES ESPÈCES AQUATIQUES  
PRÉOCCUPANTES AU QUÉBEC**



1. Alose à gésier (*Dorosoma cepedianum*) (MRNF, 2006)



2. Poisson rouge (*Carassius auratus*) (MRNF, 2006)



3. Gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) (Musée canadien de la nature, 2010)



4. Rotengle/gardon rouge (*Scardinius erythrophthalmus*) (MRNF, 2006)



5. Tanche (*Tinca tinca*) (USGS, 2009)



6. Crabe chinois à mitaines (*Eriocheir sinensis*) (Pêches et océans Canada 2010)



7. Crevette rouge sang (*Hemimysis anomala*) (Environnement Canada, 2011d)



8. Crabe vert(*Carcinus maenas*) (Musée canadien de la nature, 2010)



9. Petite crevette d'eau douce (*Echinogammarus ischnus*) (MRNF, 2012c)



10. Moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) (CaRMS, 2012)



11. Moule quagga (*Dreissena bugensis*) (Cordeiro, 2003)